

Hochschule für Technik Stuttgart

Studiengang Bauphysik

Verladegeräusche in Speditionen

Bachelorarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Engineering

vorgelegt von **Selin Karagöz**

Matrikelnummer 610260

Eingereicht am 30.06.2023

Erstgutachter Prof. Dr. Karl Georg Degen

Zweitgutachter Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler

externer Betreuer Dipl.-Ing (FH) Bauphysik Thomas Heine
Heine und Jud, Forststraße 9, 70174 Stuttgart

Kurzfassung

Die Logistik spielt eine entscheidende Rolle in der globalen Wirtschaft, doch sie geht auch mit einer unvermeidlichen Lärmbelastung einher. Diese Arbeit konzentriert sich auf die Analyse und Bewertung von Verladetätigkeiten in Speditionen mit verschiedenen Flurfördergeräten und Anhängern. Ziel ist es, Emissionsdatenblätter für Verladetätigkeiten mit bestimmten Flurfördergeräten und Anhängern zu erstellen, die als Grundlage für Schallimmissionsprognosen dienen können. Weiterhin werden mögliche Lärmminierungsmaßnahmen aufgezeigt.

Im Rahmen der Untersuchung wurde der Schalldruck im Fernfeld gemessen, wobei das Hüllflächen-Verfahren zur Ermittlung der Schallleistung angewendet wurde. Zusätzlich wurde die Richtcharakteristik entlang einer Kreisbahn im Nahfeld analysiert. Es wurde zudem eine Vergleichsanalyse der simulierten Messergebnisse mit den tatsächlichen Messungen durchgeführt, um die Genauigkeit der berechneten Kenngrößen zu überprüfen und Abweichungen zu interpretieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Beladung mit einem Gabelstapler und einem Gabelhubwagen ähnliche Schallleistungspegel aufweisen. Allerdings gibt es Unterschiede in der Impulshaftigkeit der Geräuschentwicklung. Der Gabelhubwagen erzeugt mehr impulsartige Schallereignisse, während der Gabelstapler eine kontinuierlichere Geräuschabstrahlung aufweist. Es gibt gewisse Variationen der Schallleistungspegel je nach Flurfördergerät und Anhängertyp, jedoch zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Beladevorgängen der Flurfördergeräte in den verschiedenen Anhängern, was auf eine gewisse Ähnlichkeit hinweist (siehe Tabelle 1). Die Schallabstrahlung der Flurfördergeräte erfolgt weitestgehend in alle Richtungen, ohne eine ausgeprägte Richtcharakteristik aufzuweisen.

Flurfördergerät	Anzahl Einzelereignisse [-]	Max-Pegel LAFmax [dB(A)]	Schallleistungspegel				
			LWA,5s [dB(A)]	LWAmix [dB(A)]	LWA,1h [dB(A)]	KI [dB(A)]	LWAT,1h [dB(A)]
Gabelstapler STABW [dB]	297	69,3 6,5	100,7 4,9	108,8 6,5	72,1 4,9	5,7 2,9	77,8 -
Gabelhubwagen STABW [dB]	99	68,6 6,4	100,7 5,1	108,1 6,4	72,1 5,1	6,2 2,7	79,5 -

Flurfördergerät	Anhängertyp	Anzahl Einzelereignisse [-]	Max-Pegel LAFmax [dB(A)]	Schallleistungspegel				
				LWA,5s [dB(A)]	LWAmax [dB(A)]	LWA,1h [dB(A)]	KI [dB(A)]	LWAT,1h [dB(A)]
Gabelstapler	Tautliner STABW [dB]	36	73,1 7,1	103,1 4,8	112,5 7,1	74,6 4,8	6,9 2,9	81,5 -
	Koffer STABW [dB]	256	68,3 6,1	100,1 4,8	107,9 6,1	71,6 4,8	5,4 2,8	77,0 -
	Wechselbrücke STABW [dB]	5	71,6 4,9	102,0 4	111,0 4,9	73,4 4	8,1 1,6	81,5 -
Gabelhubwagen	Koffer STABW [dB]	73	69,4 6	101,5 4,9	108,9 6	72,9 4,9	6,7 2,7	79,6 -
	Wechselbrücke STABW [dB]	26	64,4 5,6	97,2 4,3	103,8 5,6	68,6 4,3	5,0 2,1	73,6 -

Tabelle 1: Ergebnisse der Verladegeräusche

Mit: L_{AFmax} : Maximal-Pegel [dB(A)], $L_{WA,5s}$: Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)],

L_{WAmax} : maximale Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)], $L_{WA,1h}$: stündliche Schallleistungspegel [dB(A)], K_i : Impulszuschlag [dB(A)], $L_{WAT,1h}$: impulsbehaftete stündliche Schallleistungspegel [dB(A)], STABW: Standardabweichung [dB]

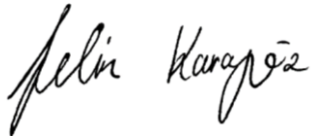
Es stehen verschiedene Möglichkeiten zur Lärminderung zur Verfügung, wie die Verwendung von weichen Oberflächen auf Überladebrücken, Dröhnfolien an der Unterseite der Überladebrücken, speziell angepasste Stoßdämpfer in den Anhängern sowie Maßnahmen auf dem Gelände und das richtige Verhalten des Personals.

Zukünftige Untersuchungen könnten weitere spezifische Messungen und Untersuchungen für bestimmte Situationen von Flurfördergeräten umfassen, um eine detailliertere Bewertung vorzunehmen. Die Erkenntnisse können dazu beitragen, Standards und Richtlinien für den Einsatz von Flurfördergeräten zu verbessern und die Lärmbelastung in Speditionen und während des Verladeprozesses insgesamt zu reduzieren. Es wurden Emissionsdatenblätter erstellt, um die Arbeit zu erleichtern. Je nach bekanntem Anhängertyp können die entsprechenden Vorlagen verwendet werden, um präzisere Ergebnisse zu erzielen. Ein Entladevorgang kann ähnlich wie ein Beladevorgang betrachtet werden.

Die vorliegende Arbeit liefert somit wichtige Erkenntnisse über Verladegeräusche in verschiedenen Anhängertypen und bietet eine Grundlage für zukünftige Untersuchungen und Maßnahmen zur Lärminderung in der Logistikbranche.

Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Verwendung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe. Ich habe sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäß den gängigen wissenschaftlichen Regeln zitiert. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

A handwritten signature in black ink, reading 'Felix Karagöz'. The signature is written in a cursive style with a large 'F' and a long, sweeping 'K'.

Kirchheim unter Teck, 30.06.2023

Danksagung

Ich möchte mich von ganzem Herzen bei allen Personen bedanken, die mich während meiner Bachelorarbeit unterstützt haben, ohne die wäre diese Thesis nicht möglich gewesen.

Ein besonderer Dank gebührt meinem externen Betreuer Thomas Heine von dem Ingenieurbüro Heine+Jud in Stuttgart der mich tatkräftig unterstützt hat und mit wertvollen Hinweisen bzw. Anregungen erfolgreich unterstützt hat. Ich bedanke mich herzlichst für die Zeit die man für mich genommen hat, um meine Thesis zu lesen und zu kommentieren. Ebenfalls dank ich meinem Betreuer Prof. Dr. Karl Georg Degen von der Hochschule der Technik in Stuttgart, der mich ebenfalls unterstützt hat und mir Hinweise und Anregungen gab. Die konstruktive Kritik und Hilfestellungen haben mir geholfen, meine Arbeit und mein Repertoire zu erweitern und zu verbessern.

Ein weiterer großer Dank geht an alle meine Arbeitskollegen von Heine+Jud und meinem zweiten Chef Axel Jud, die mich während dieser herausfordernden Zeit motiviert und ermutigt haben. Ich bedanke mich zudem besonders an meine Messgehilfen Tobias Gassner, Christian Reutter, Sebastian Gerner und Lena Robert, die mich bei meinen Messungen tatkräftig unterstützt haben.

Ebenfalls geht auch ein Dank raus an meine Familie und meinem Freund, die mir moralischen Halt gegeben haben und mich immer motiviert haben, meine beste Leistung vorzulegen und nie aufzugeben. Hervorgehoben bedanke ich mich bei meinen Eltern die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und fortwährend ein offenes Ohr für mich hatten.

Schließlich möchte ich mich auch bei meinen Kommilitonen und Mitstudierenden bedanken, die mich während meines Studiums inspiriert und unterstützt haben. Ich bin dankbar für die wunderbaren Erinnerungen und Freundschaften, die ich während dieser Zeit geknüpft habe.

Noch einmal vielen herzlichen Dank an alle, die mir geholfen haben, mein Bachelorstudium abzuschließen. Eure Unterstützung und Ermutigung haben mir sehr geholfen, diese Arbeit erfolgreich und ohne Einbuße abzuschließen.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Eidesstattliche Versicherung	III
Danksagung	IV
Inhaltsverzeichnis	1
1 Einleitung	3
2 Grundlagen	6
2.1 Logistik	6
2.2 Ermittlung der akustischen Kenngrößen	9
2.3 Statistik	21
3 Aktuelle Prognosegrundlage	24
3.1 Schallimmissionsprognosen für Gewerbe – Technischer Bericht des HLUG	24
3.2 Be- und Entladevorgängen mit Palettenhubwagen und beladener Palette bei Lkw in Logistikzentren.....	27
3.3 Geräuschemissionen durch Ladevorgänge in Ladezonen von Discountern	28
3.4 Fazit.....	30
4 Beschreibung des Betriebs und Untersuchungsobjekte	31
4.1 Beschreibung des Betriebs	31
4.2 Beschreibung der Untersuchungsobjekte	33
5 Beschreibung der Untersuchungsmethodik	38
5.1 Prozessablauf der untersuchten Verladetätigkeit	38
5.2 Messequipment und Messaufbau	39
5.3 Vorgehensweise bei der Messwerterfassung.....	41
5.4 Messpositionen.....	44
6 Messauswertung und Statistik	46
6.1 Verladegeräusche	46
6.2 Statistik	48
6.3 Modellierung der Messsituation	50
6.4 Richtcharakteristik	51
6.5 Validierung.....	55

7	Ergebnisse und Interpretation.....	56
7.1	Verladegeräusche	56
7.2	Statistik	60
7.3	Richtcharakteristik	66
7.4	Validierung.....	68
7.5	Mögliche Minderungsmaßnahmen	70
7.6	Fehlerdiskussion	72
8	Abschließende Bewertung und Ausblick.....	75
9	Literatur	I
	Formelverzeichnis.....	VIII
	Abbildungsverzeichnis	IX
	Tabellenverzeichnis	X
	Diagrammverzeichnis.....	XI
	Anhänge.....	XII
	Anhang 1: Emissionsdatenblätter	XII
	Anhang 2: Lagepläne.....	XIX
	Anhang 3: Messprotokolle	XXII
	Anhang 4: Messergebnisse der Beladevorgänge	XXIV
	Anhang 5: Rechenmodell SoundPlan 9.0 – Gabelhubwagen 27.04.23.....	XLIII
	Anhang 6: Rechenmodell SoundPlan 9.0 – Gabelstapler 03.05.2023.....	XLVI

1 Einleitung

Laute Klänge und Töne, wie etwa lautes Geschrei oder ein donnerndes Geräusch, werden von uns als störend oder bedrohlich wahrgenommen und werden auch als Lärm bezeichnet. Diese können sich negativ auf unser körperliches, seelisches und unser soziales Wohlbefinden auswirken. [1] Durch die ermittelte Lärmbelastung können Schlussfolgerungen über die Belästigung gezogen und somit Menschen vor schädlichem und störendem Lärm geschützt werden. Lärm kann an verschiedenen Orten auftreten und daher unterscheidet man in der Gesetzgebung nach Straßen-, Schienen-, Flug-, Gewerbe-, Bau-, Freizeit- und Sportlärm. Hinter jeder dieser Verursacher steht eine spezifische Gesetzgebung mit beigeordneten Regelungen und Zuständigkeiten. Um einen präventiven Schallschutz zu gewährleisten und ein angenehmes akustisches Stadtklima zu erreichen, ist der Schallimmissionsschutz von großer Bedeutung. Ziel ist es, alle störenden Geräusche zu reduzieren, besonders in Bereichen mit zunehmender Mobilität und Warenverkehr. [2] Der stetig wachsende Wohnraummangel zwingt die Wohnbebauung näher an Straßen- und Schienenwege, sowie näher an das Gewerbe. [3] Dadurch wächst das Potential von dem daraus entstehenden Lärm belästigt zu werden. Gemäß einer Umfrage aus dem Jahr 2020 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, empfinden 51 % der Bevölkerung in Deutschland eine Belästigung durch Lärm aus Industrie-/Gewerbelärm (siehe Abbildung 1). [4]

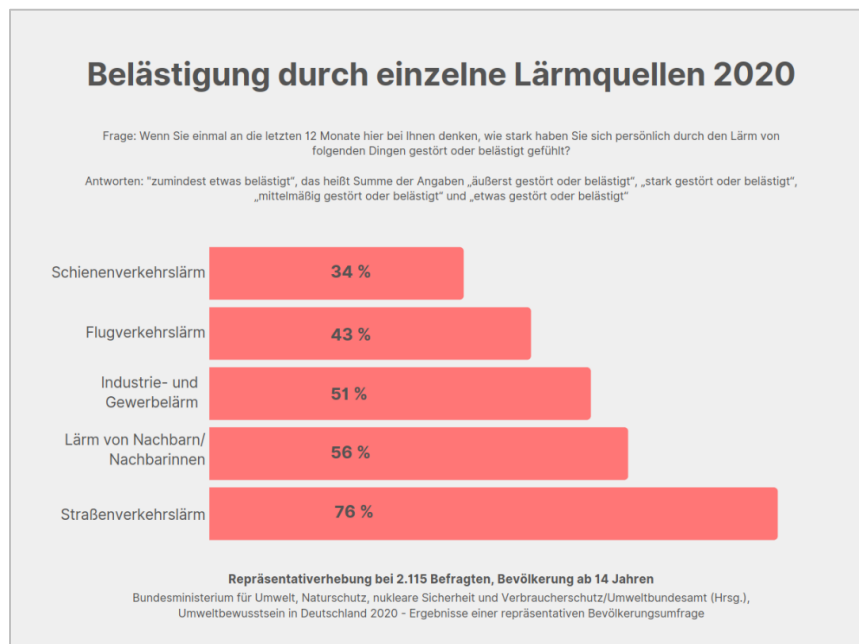


Abbildung 1: Ausmaß der Lärmbelastigung der Bevölkerung in Deutschland 2020 [4]

Der immerwährende Austausch von Gütern führt zu einer Lärmquelle, die genau betrachtet werden muss, um eine zukünftige Lärmbelastung vorherzusagen. Verantwortlich für diesen Güterfluss sind Logistikunternehmen oder auch Speditionen genannt. Eine zentrale Schnittstelle sind die Verladestationen, an denen der Umschlag der Güter stattfindet und geeignete Flurfördergeräte zum Einsatz kommen, um den Wechsel der Transportmittel zu ermöglichen. Durch diesen Prozess von Be- und Entladung der Anhänger entsteht eine vielfältige Lärmbelastung durch unterschiedliche Faktoren. [5]

Mit Hilfe einer Schallimmissionsprognose lassen sich Schallimmissionen von Industrie- und Gewerbelärm, dergleichen für alle anderen Verursachern, prognostizieren. Richtwerte für Gewerbe gibt die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) vor, die laut der TA Lärm zum „Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche“ [6] dient. Für eine Schallimmissionsprognose werden schalltechnische Eingangsdaten benötigt und sind erforderlich, um eine Simulation durchführen zu können. Für Be- und Entladevorgänge an einem Umschlagspunkt stehen Veröffentlichungen zur Verfügung, die auf messtechnisch ermittelten Schalldruckpegeln basieren. Für Verladetätigkeiten werden zu derzeitigem Stand beispielgebend der der Technische Bericht [7, 8] von der hessischen Landesanstalt für Umwelt verwendet. Die bisherigen Veröffentlichungen und Untersuchungen in diesem Bereich sind konzentrieren sich hauptsächlich auf Verbrauchermärkte und Verladungen mit Handhubwagen, was nur einen kleinen Teil der tatsächlich möglichen Verladetätigkeiten abdeckt.

Ziel dieser Thesis

Um eine umfassendere und praxisnähere Schallimmissionsprognose durchführen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen. Das Ziel dieser Thesis besteht darin, detailliert die Verladetätigkeiten in Speditionen zu analysieren und zu bewerten. Die messtechnisch ermittelten Daten werden ausgewertet und durch eine geeignete Simulation verifiziert. Die notwendigen Rechengrundlagen werden dazu erläutert, die zur Analyse und Bewertung von Verladegeräusche benötigt werden. Aus dem gewonnenen Wissen werden Emissionsansätze ausgearbeitet, die als Prognosegrundlage für weiterführende Schallimmissionsprognosen zur Verfügung steht. Zusätzlich wird die 2D-Richtcharakteristik der Verladegeräusche durch eine Untersuchung entlang einer Kreisbahn im Nah-

feld ermittelt. Die Thesis stellt eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von geeigneten Maßnahmen zur Reduktion der Lärmbelastung in Speditionen dar, weshalb mögliche Minderungsmaßnahmen aufgezeigt werden, um die Lärmbelastung zu reduzieren. Die Thesis bietet somit eine umfassende Einführung in die Grundlagen und Rechengrundlagen der Lärmemissionsmessung und -bewertung.

2 Grundlagen

Das folgende Kapitel dient zur Einführung in die Thesis und bildet somit das Grundgerüst. Es werden die allgemeinen Grundlagen der Logistik und Grundlagen zur Ermittlung der notwendigen akustischen Kenngrößen aufgezeigt. Ziel dieses Kapitels ist es ein grundlegendes Wissen darzubieten, um ein vollständiges Verständnis der Thesis zu vermitteln.

2.1 Logistik

Einer der wichtigsten Komponenten der globalen Wirtschaft ist die Logistik. Sie verbindet die Gesellschaft durch den Handel und Verbrauch von Gütern. Als Grundgerüst der Logistik, steht der Güteraustausch zwischen Unternehmen oder dem privaten Haushalt. Im täglichen Leben machen wir permanent Gebrauch von Logistik, sei es für den Transport von Personen oder von Gütern. Vernetzt werden die Unternehmen über die Liefer- und Logistikkette, welche den Austausch von Gütern ermöglichen. Die Kette beginnt mit der Güterbereitstellung, der Güterverwendung und der Güterverteilung. Unternehmen stellen Güter über die Produktionskette her, die dann bereitgestellt werden. Diese bereitgestellten Güter werden entweder als Sachgüter wie Smartphones verwendet oder als Konsumgüter wie Nahrungsmittel verbraucht. Damit Unternehmen die Güter an den Kunden verteilen können wird die Logistik benötigt. Die Logistik stellt das Bindeglied zwischen Bereitstellung und Verwendung der Güter dar. Ein sogenannter Güterfluss ist entstanden [5].

Die Logistikkette

Die raumzeitliche Transformation der Güter ist einer der Hauptarbeitsprozesse der Logistik. Dies betrifft die Überbrückung der Zeit zwischen Fertigstellung und dem Verbrauch. Um die Zeit zu überbrücken, bis die Güter verbraucht werden, ist es erforderlich, diese zwischenzulagern. Diese Zwischenlagerung betrifft den Transport, den Umschlag und die Lagerung der Güter. Unter Umschlag wird der Vorgang bezeichnet, indem die Güter das Transportmittel durch Flurfördergeräte wechseln. [9]

Logistikunternehmen, auch bekannt als Speditionen, tragen die Verantwortung für den Güterfluss sowie die damit verbundenen Prozesse. Ihre Aufgabe besteht darin, die

Menge, Art und Handhabungseigenschaften der Güter zu berücksichtigen und den gesamten Prozess der Planung, Steuerung und Kontrolle zu gewährleisten. Die Menge und Art der Güter ergeben sich aus der Zusammenstellung der Güter für eine Bestellung im Lager. Die Güterhandhabungseigenschaft wird durch die Verpackung geändert. Die Güter werden auf sogenannten Ladungsträger, zu Ladeeinheiten gebildet. Die Ladeträger sind spezielle und genormte Lade- oder Transporthilfsmittel wie beispielsweise Schachteln, Behälter oder Paletten. Eine Logistikkette entsteht aus den einzelnen logistischen Prozessanteilen, die den Lauf einer Ladeeinheit darstellt. Zu Beginn steht das einzelne Packstück, welches zu einer Ladeeinheit, durch die Lagerung auf beispielsweise einer Normpalette, gebildet wird. Die Ladeeinheit wird im Lager zwischengelagert, bis der Auftrag zur Auslieferung erteilt wird. Am Tag der Auslieferung wird die Ladeeinheit in das Transportfahrzeug umgeschlagen und zu dem jeweiligen Auslieferungsort transportiert. Dort angekommen wird die Ladeeinheit in das Auslieferungslager umgeschlagen und wieder zwischengelagert. [5]

Fördern und Transportieren

Für den Umschlag der Ladeeinheiten sind Transportmittel notwendig und realisieren somit die logistischen Funktionen das Transportieren, Umschlagens, Stapeln, Lagern und Kommissionierens. Die Hauptfunktion eines Transportmittels besteht darin, Güter entlang der verschiedenen Produktions- und Vertriebsprozesse zu transportieren. Transport bedeutet, dass ein Gegenstand von einem Ausgangsort abgeholt und zu einem Bestimmungsort gebracht wird, wo er benötigt wird. Der Transport kann entweder von Menschen oder automatisiert durchgeführt werden. In der Praxis werden bevorzugt von Menschen gesteuerte Techniken, wie Flurfördergeräte, für den Umschlag in ein Transportmittel verwendet. Beispiele für Flurfördergeräte sind Handgabelhubwagen, Gabelstapler und andere. Es gibt verschiedene Kriterien, die bei der Auswahl eines geeigneten Flurfördergeräts eine Rolle spielen, wie die Anzahl der zu transportierenden Einheiten und die Art der Transportgüter. Je nach Gewicht und Größe der Güter wird das passende Flurfördergerät ausgewählt. Durch die Verwendung von Normpaletten als Transporteinheiten können verschiedene Flurfördergeräte eingesetzt werden. Flurfördergeräte können je nach Antriebsart (z.B. Elektro), Bedienungsart (z.B. Automatik) und Bauart (z.B. Schmalgangstapler) unterschieden werden. Flurfördergeräte können je nach Antriebsart (z.B. Elektro), Bedienungsart (z.B. Automatik) und Bauart (z.B. Schmalgangstapler) unterschieden werden. [10, 3, 5]

Verladezone

Der Umschlagspunkt in der Logistik ist der zentrale Bereich einer Spedition, wo die Güter von den Kunden ankommen, gelagert und für den Weitertransport vorbereitet werden. Eine geeignete Verladestation ist entscheidend für eine sichere und effiziente Verladung. Die Gestaltung einer Verladestation variiert je nach Unternehmensgröße und -art, aber es gibt grundlegende Merkmale, die in den meisten Verladezonen zu finden sind. Es ist wichtig, die unterschiedlichen Abmessungen der Anhänger bei der Gestaltung zu berücksichtigen. Die Fahrbahndecken in den Verladezonen bestehen in der Regel aus Beton, Asphalt, Betonplatten oder Klinkerpflaster. [11]

Eine Verladestation besteht aus diversen Komponenten. Aus der vertieften Verladestation, Überladebrücke und der Torrandabdichtung. Die vertiefte Verladestation dient zum Höhenausgleich zwischen dem Lagerboden und der Anhänger-Ladefläche. [11]

Eine Überladebrücke wird benötigt, um Anhänger zu Be- und Entladen und wird üblicherweise an die Verladeschleusen angebaut. Überladebrücken sind in unterschiedlichen Ausführungen und Materialien erhältlich. In der Regel werden Überladebrücken in elektrohydraulischen und manuellen Verladerampen unterteilt, welche beispielsweise aus Stahl oder Aluminium bestehen. Der Anhebe- bzw. der Absenkvorgang funktioniert vollautomatisiert. Um die Be- und Entladung mit einem Flurfördergerät zu erleichtern und das Flurfördergerät somit nicht auf den Boden aufsetzt, ist ein Klappkeil mit offenen Scharnieren oder auch Vorschublippen auf die Überladebrücke angebaut. [12]

Da eine Verladestation allen Wetterbedingungen ausgesetzt ist, werden sogenannte Torrandabdichtungen an das Tor angebracht, die die Lücken zwischen Anhänger und Gebäude umschließt. Torrandabdichtungen werden in drei Arten unterschieden. In aufblasbare Torranddichtungen, Planentorabdichtungen und Kissentorabdichtungen. Aufblasbare Torrandabdichtungen bestehen aus mit Luft gefüllten Kissen, die gegen das Dach und die Seiten des Anhängers drücken, um die Lücken abzudichten. Bei Planentorabdichtungen werden die Lücken mit Hilfe von Planen geschlossen, die die Seiten und das Dach des Anhängers umschließen. [11]

Ablauf einer Be- und Entladung

Der Beladevorgang kann je nach Art und Umfang der zu transportierenden Güter sehr unterschiedlich sein aber kann grundsätzlich in folgenden Arbeitsschritten erfolgen. Zu

Beginn einer Be- und Entladung steht das einzelne Packstück. Das Packstück wird zu einer Ladeeinheit gebildet und auf einem geeigneten Ladungsträger wie einer Normpalette abgelegt. Die Ladeeinheit wird im Lager zwischengelagert, bis der Auftrag zur Auslieferung an Kunden erteilt wird. Der Anhänger dockt an eine zugewiesene Verladestation an, wo der Fahrer der Zugmaschine und das Verladepersonal den Beladevorgang abstimmen. Der Fahrer öffnet die Laderaumtüren respektive die Abdeckung des Anhängers, während das Verladepersonal die Güter kontrolliert und den Transport vorbereitet. Anschließend wird die Überladebrücke angehoben und eventuell eine Verladebrücke zwischen dem Anhänger und der Rampe platziert. [13]

Nun beginnt die eigentliche Beladung. Die Ladeeinheit wird mithilfe eines passenden Flurfördergeräts angehoben und zum entsprechenden Anhänger transportiert. Dabei ist es wichtig, das Gewicht gleichmäßig zu verteilen. Der Anhänger sollte lückenlos und sicher beladen werden, um eine formschlüssige und/oder kraftschlüssige Verbindung herzustellen. Bei einer formschlüssigen Beladung, werden die Ladeeinheiten direkt an die Bordwände lückenlos verladen. Bei einer Kraftschlüssigen Verladung werden die Ladeeinheiten mithilfe von Zurrmitteln, beispielsweise mit Zurrgurten, gesichert. [14, 15]

Ist der Anhänger beladen und kontrolliert, kann die Auslieferung an den Kunden durch die Zugmaschine beginnen. Bei einem Entladevorgang werden die Ladeeinheiten aus dem Anhänger entnommen und auf vorhergesehene Lagerplätze zwischengelagert. Dies erfolgt in der Regel ähnlich wie beim Verladevorgang.

2.2 Ermittlung der akustischen Kenngrößen

Der folgende Abschnitt behandelt die Ermittlung der akustischen Kenngrößen, die für den Kontext wichtig sind. Im Rahmen dessen werden verschiedene Ansätze und Verfahren vorgestellt, um den entstehenden Lärm zu bewerten und zu quantifizieren. Die genaue Erfassung und Analyse der akustischen Eigenschaften spielt eine große Rolle bei der Beurteilung der Lärmbelastung der Verladetätigkeiten.

Zunächst werden die grundlegenden Begriffe und Parameter erklärt, die zur Beschreibung des Schalls und der Lärmemissionen verwendet werden. Dazu gehören unter anderem der Schalldruckpegel, die Schallleistung und die Schallemission. Die genaue Kenntnis dieser Begriffe ist wichtig, um die Messergebnisse korrekt zu interpretieren und vergleichbar zu machen.

Zur Beurteilung von Schallimmissionen

Die Beurteilung von Lärmimmissionen hat das Ziel, das Ausmaß und die Stärke der Lärmwirkung zu erfassen und zu bewerten. Die sogenannten Mittelungspegel eignen sich hervorragend im Schallimmissionsschutz zur quantitativen Erfassung und Charakterisierung von zeitlich schwankenden Geräuschen. Hierbei wird ein sogenannter Beurteilungspegel (siehe Formel 1) verwendet, welcher eine Größenordnung darstellt für die durchschnittliche Geräuschimmission während einer bestimmten Beurteilungszeit T_r . Die Norm legt Verfahren zur Beurteilung von Schallimmissionen fest und bietet eine standardisierte Methode zur Bestimmung des Beurteilungspegels. Der Beurteilungspegel kann auch mithilfe einer Messung gemäß der Norm DIN 45645-1 [16] ermittelt werden. Die ermittelten Beurteilungspegel werden mit den derzeit geltenden Immissionsgrenz- oder Richtwerten der jeweiligen Regelwerke verglichen. Die jeweiligen Regelwerke legen die wesentlichen Rahmenbedingungen und Schutzziele fest. Wird ein vorgegebener Immissionsgrenz- oder Richtwert überschritten, zeigt dies, dass ein Schutzziel nicht erreicht wurde und entsprechende Schallschutzmaßnahmen ergriffen werden müssen. [17]

$$L_r = 10 * \lg \left(\frac{1}{T_r} \sum_{i=1}^N T_i * 10^{0,1(L_{Aeq,i} - C_{met} + K_{I,i} + K_T + K_{R,i})} \right)$$

$$L_{r,aus \text{ Messung nach DIN 45645-1}} = L_{eq} + K_I + K_T + K_R + K_S$$

Formel 1: Beurteilungspegel [dB(A)]

$$T_r = \sum_{i=1}^N T_j = 16 \text{ h tags oder } 8 \text{ h nachts}$$

Mit $L_{Aeq,T}$: Mittelungspegel während Teilzeit T_i [dB(A)], N : Anzahl der gewählten Teilzeiten [-], T_i : Teilzeiten i , C_{met} : meteorologische Korrektur [dB(A)] nach DIN EN ISO 9613-2 [18], $K_{T,i}$: Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit in der Teilzeit T_i [dB(A)], $K_{I,i}$: Zuschlag für Impulshaltigkeit in der Teilzeit T_i [dB(A)], $K_{R,i}$: Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit in der Teilzeit T_i [dB(A)], K_S : Zu- oder der Abschlag für bestimmte Geräusche und Situationen [dB(A)]

In den Beurteilungspegel fließen eine Anzahl von Störeinflüsse mit ein, die mithilfe von Zu- bzw. Abschläge berücksichtigt werden. Für Räume, die besonderen Schutz bedürfen, wird ein Zuschlag von 6 dB(A) vergeben. Wenn während der Messung Einzeltöne her-

vortreten oder das Geräusch informationshaltig ist, kann dies zu einer erhöhten Lärmbelastung führen. In diesem Fall wird ein Ton- und Informationszuschlag K_T von 3 oder 6 dB vergeben. Wenn das Geräusch nicht ton- oder informationshaltig ist, wird kein Zuschlag vergeben. Der Ton- und Informationszuschlag kann nach der DIN 415681 [19] ermittelt werden. Wenn das Geräusch während bestimmter Teilzeiten Impulse aufweist, wird ein Impulzzuschlag T_i für diese Zeiten vergeben (siehe Formel 2). Bei nicht Impulshaltigen Geräuschen kein Zuschlag zu vergeben. [17]

$$K_{I,i} = L_{AFTeq,i} - L_{Aeq,i}$$

Formel 2: Impulzzuschlag [dB(A)]

Mit $L_{AFTeq,i}$: Taktmaximalpegel in der Teilzeit T_i [dB(A)], $L_{Aeq,i}$: Mittelungspegel in der Teilzeit T_i [dB(A)]

Der Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTeq} beschreibt den Maximalwert des Schalldruckpegels L_{AF} über die zugehörige Taktzeit T von 5 Sekunden und wird mithilfe der Formel 3 nach der DIN 45641 [20] berechnet.

$$\bar{L}_{AFTeq} = 10 * \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 * L_{AFTeq,i}} \right)$$

Formel 3: Taktmaximal-Mittelungspegel [dB(A)]

Mit L_{AFeq} : Taktmaximalpegel [dB(A)], N : Anzahl der gemessenen Taktmaximalpegel [-]

Der Taktmaximal-Mittelungspegel ist eine Größe, die in der Beurteilung von impulshaltigen Geräuschen verwendet wird und kann als Annäherung für den Impulsschallpegel verwendet werden. In der technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) [6], wird der zeitliche Schalldruckpegelverlauf in gleichlange Zeitintervalle, sogenannte Takte zerlegt. Der Taktmaximal-Mittelungspegel wird in einem 5-Sekunden-Takt bei beispielsweise Nachbarschaftslärm und in einem 3-Sekunden-Takt bei Arbeitsplatzlärm ermittelt. [21, 17]

Bei der Bestimmung des Beurteilungspegels L_r für die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse, ist die meteorologische Korrektur C_{met} nach EN ISO 9613-2 [18] zu beachten. Die meteorologische Korrektur C_{met} berücksichtigt verschiedene Faktoren, wie die geometrische Ausbreitung, die Luftabsorption, den Bodeneffekt, die Reflexion an Flächen und die Abschirmung durch Hindernisse. Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, ist es von Bedeutung, dass die Faktoren bei der Messung und Auswertung der Schallemissionen

nen korrekt berücksichtigt werden. Für den Fall einer Punktschallquelle, gilt eine spezifische Voraussetzung (siehe Formel 4). Bei einer Punktschallquelle breitet sich der ausgesendete Schall gleichmäßig, ungestört und verlustfrei in die Umgebung aus. Die Schallleistung ist hierbei konstant über den Zeitverlauf. [22, 17]

$$C_{met} = 0, \text{ wenn } d_p \leq 10(h_s + h_r)$$

$$C_{met} = C_0 \left[1 - 10 \left(\frac{10(h_s + h_r)}{d_p} \right) \right], \text{ wenn } d_p \geq 10(h_s + h_r)$$

Formel 4: meteorologische Korrektur [dB(A)]

Mit h_s : Quellhöhen [m], h_r : Aufpunkthöhen [m], d_p : Abstand zwischen Quelle und Aufpunkt, projiziert auf die horizontale Bodenebene [m]

Je geringer der Abstand d_p zwischen der Schallquelle und dem Aufpunkt und je größer die Höhenunterschiede zwischen Schallquelle und Aufpunkt sind, desto stärker sind die meteorologischen Auswirkungen zu berücksichtigen. [17]

Charakterisierung der Geräuschemissionen

Um die Emissionen einer Quelle unabhängig von Umgebungseinflüssen, Entfernung und Fremdgeräuschen zu definieren, wird der Schallleistungspegel L_{WA} benötigt. Dieser beschreibt die Schallenergie, die von einer Quelle pro Zeiteinheit in die gesamte Luft gleichförmig abgestrahlt wird. Der Schallleistungspegel gibt somit Aufschluss über die Ursache einer Geräuschquelle. Hingegen beschreibt der Schalldruckpegel die Schallenergie, die an einem bestimmten Ort in der Umgebung übertragen wird. Der Schalldruckpegel gibt somit Aufschluss über die Wirkung einer Geräuschquelle. [23, 24]

Die DIN 3740 [25] gibt Auskunft über verschiedene Verfahren zur Bestimmung von Schalleistungspegel für unterschiedliche Maschinen, Geräte und Produkte. Sie stellt Richtlinien vor, um festzulegen, welche Verfahren unter bestimmten Bedingungen und Anforderungen an die Genauigkeit geeignet sind. Um den Schallleistungspegel zu bestimmen, werden in der Regel unterschiedliche Verfahren angewendet: Die Messungen von Schalldruck, Schallintensität und Schwingschnelle. Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Grundnormen für die Verfahren zur Bestimmung des Luftschallleistungspegel, entweder A-bewertet oder in Frequenzbändern beschrieben. Dort enthalten sind

für Schalldruckpegelmessungen die ISO 3741 bis ISO 3747 [26–31], Schallintensitätsmessungen die ISO 9614-1 bis ISO 9614-3 [32–34] und für Schwingungsmessungen die ISO/TS 7849-1 und ISO/TS 7849-2 [35, 36].

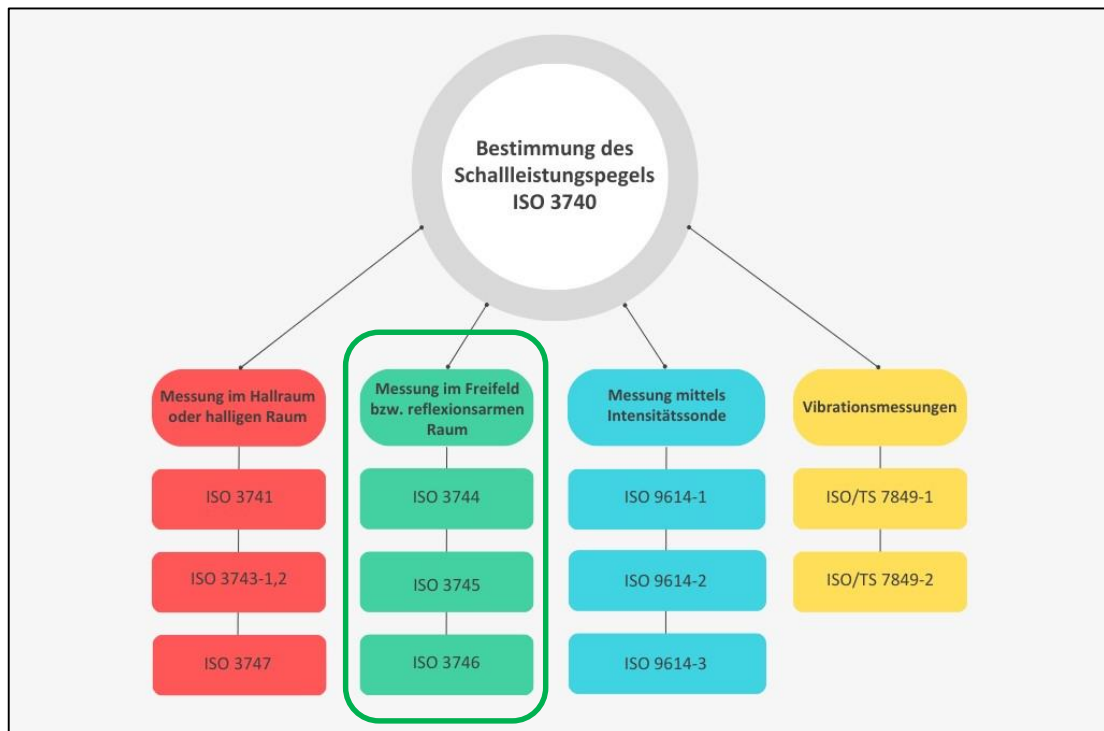


Abbildung 2: Überblick über die Grundnormen zur Bestimmung des Schallleistungspegels

In dieser Thesis wird der Schallleistungspegel aus der Messung des Schalldruckpegels (siehe Abbildung 2 **grüner** Kasten) ermittelt. Um den Schalldruckpegel zu bestimmen gibt es zwei Methoden zur Messung: die direkte und die indirekte Methode. Die direkte Methode findet Anwendung in einer Freifeld-Umgebung oder in einem diffusen Schallfeld. Hierbei wird die gesuchte Messgröße, der Schallleistungspegel, durch den Vergleich mit einem Bezugswert mithilfe einer anderen Messgröße, dem Schalldruckpegel, ermittelt. Hingegen wird die Indirekte Methode nur im diffusen Schallfeld eingesetzt und die gesuchte Messgröße aus einer anderen Messgröße ermittelt. [37, 23] Ein diffuses Schallfeld enthält Schall aus allen Richtungen und entsteht oft in halligen Räumen, in denen der Direktschall zusätzlich Reflexionen an den Wänden erfährt. In einem Freifeld erfährt der Schall keine zusätzlichen Reflexionen. Die Schallleistung wird in Anlehnung an das Hüllflächen-Verfahren indirekt aus dem Schalldruck p , der Schallschnelle $\bar{v}$ und der Messfläche S berechnet, welche in der Normreihe DIN EN ISO 3740 bis 3747 [25, 38, 27, 28, 39–41] (siehe Abbildung 2 **roter** und **grüner** Kasten) beschrieben wird. Dabei wird der Schalldruckpegel von Messpunkten berechnet, die auf einer gedachten Hüllfläche

angeordneten sind, auf die die abgestrahlte Schallleistung der Quelle trifft. [42] Die Messfläche ist so zu dimensionieren, dass alle Messpunkte im Fernfeld liegen, folglich zwischen Schalldruck und Schallschnelle kein Phasenunterschied besteht. Im Fernfeld ist die Schallpegelverteilung gleichbleibend auf der gesamten Messfläche. Die Hüllfläche wird in n -Teilflächen S_i zerlegt, auf denen ein Schalldruck-Effektivwert gemessen wird. [21, 43] Der Schalldruckpegel beschreibt die Druckschwankungen des Schalls in einem Medium wie Luft. Er hängt mit dem physikalischen Schalldruck zusammen und wird als Verhältnis von Kraft zu Fläche definiert, auf die die Kraft senkrecht wirkt (siehe Formel 5). [44]

$$p = \frac{I}{v}$$

Formel 5: Schalldruck [Pa = N/m²]

Mit I : Schallintensität [W/m²], v : Schallschnelle [m/s]

Die Schallschnelle beschreibt die Geschwindigkeit, mit der sich ein Teilchen wie z.B. ein Luftteilchen in einem Schallfeld um seine Ruhelage bewegt. Sie entspricht der Momentangeschwindigkeit des schwingenden Teilchens. Die Schallschnelle berechnet sich aus der zeitlichen Ableitung der Auslenkung ξ des Teilchens (siehe Formel 6). [45–49]

$$\bar{v} = \frac{\partial \xi}{\partial t} = \dot{\xi}$$

Formel 6: Schallschnelle [m/s]

Mit ξ : Auslenkung [m], t : Zeit [s]

Aus den Größen des Schalldruckes p , der Schallgeschwindigkeit der Luft c und der Messfläche S kann die abgestrahlte Schallleistung P definiert werden, wobei ρ die Dichte der Luft bei Normalbedingungen darstellt (siehe Formel 7).

$$P = p * v * S = \frac{p^2}{\rho * c} * S$$

Formel 7: Schallleistung [W]

Mit ρ : Luftdichte [kg/m³], v : Luft-Schallgeschwindigkeit [m/s], p : Schalldruck [Pa = N/m²]

Die abgestrahlte Leistung auf die einzelnen Messflächen S_i ist die Summe aller Schallleistungen auf den einzelnen Teilflächen (siehe Formel 8). [21]

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^N \frac{p_{eff,i}^2}{\rho * c} * S_i$$

Formel 8: Schallleistung der einzelnen Teilflächen [W]

Mit ρ : Luftdichte [kg/m³], v : Luft-Schallgeschwindigkeit [m/s], p_{eff} : effektiver Schalldruck [Pa = N/m²],

S_i : Teilflächen [m²]

Unter Einbeziehung der Bezugsgrößen (siehe Formel 9), ergibt sich die Gleichung wie folgt: [46, 49]

$$P_0 = p_0^2 * \frac{1m^2}{\rho * c}$$

Formel 9: Bezugsgröße

$$\frac{\bar{P}}{P_0} = \frac{S/1m^2}{N} \sum_{i=1}^N \frac{p_{eff,i}^2}{p_0^2}$$

Formel 10: Schallleistung der einzelnen Teilflächen [W]

Mit ρ : Luftdichte [kg/m³], v : Luft-Schallgeschwindigkeit [m/s], p_{eff} : effektiver Schalldruck [Pa = N/m²],

S_i : Teilflächen [m²], N : Anzahl der Teilflächen [-]

Durch Bildung des logarithmischen Verhältnisses des Schallleistungspegels zur Bezugsgröße, ergibt sich der zeitbezogene Schallleistungspegel L_{WA} (siehe Formel 11) und entsprechend der maximale Schalleistungspegel L_{WAmax} (siehe Formel 12). [50, 49, 21] Der zeitbezogene Schallleistungspegel L_{WA} bezieht sich für 1 Ereignis pro Einwirkzeit T , wobei die durchschnittliche Einwirkzeit 5 Sekunden betrug.

$$L_{WA} = 10 * \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{Aeq,i} * 0,1} \right) + 10 * \lg \left(\frac{S}{S_0} \right)$$

$$L_{WA,5s} = L_{Aeq} + 10 * \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) = L_{Aeq} + 10 * \lg \left(\frac{2\pi r^2}{S_0} \right)$$

Formel 11: Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)]

$$L_{WAmax} = \bar{L}_{AFmax} + 10 * \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) = \bar{L}_{AFmax} + 10 * \lg \left(\frac{2\pi r^2}{S_0} \right)$$

Formel 12: maximale Schallleistungspegel [dB(A)]

Mit L_{Aeq} : äquivalente Dauerschallpegel [dB(A)], S : Hüllfläche, hier Flächeninhalt einer Halbkugel mit

Radius r [m²], S_0 : Bezugsfläche = 1 m², L_{AFmax} : maximale Schalldruckpegel [dB(A)]

Dabei stellt der erste Term den äquivalenten Dauerschallpegel nach DIN EN ISO 3744 ff [29] dar. Er gibt an welcher konstante Schallpegel über die gesamte Messzeit notwendig wäre, um die gleiche Energie abzustrahlen wie das gemessene zeitlich veränderliche Geräusch. Eine weitere wichtige akustische Größe ist der Maximale Schalldruckpegel $L_{A\text{Fmax}}$, welcher zur Beurteilung von Geräuschspitzen gemäß der technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) [6] benötigt wird. Dieser gibt den höchsten vorkommenden Schalldruckpegel eines Einzelereignisses innerhalb der gemessenen Zeit an, der von einer sehr kurzen Einwirkzeit geprägt ist. [51]

Um aussagekräftige Emissionsansätze darbieten zu können, wird der stündliche Schallleistungspegel (siehe Formel 13) je Vorgang gebildet. Um die Impulshaltigkeit des Geräusches einzubeziehen, wird der impulsbehaftete Schallleistungspegel bezogen auf 1 Stunde gebildet (siehe Formel 14).

$$L_{WA,1h} = 10 * \lg \left(\left(\frac{T}{3600 \text{ s}} \right) * 10^{(0,1 * L_{WA,5s})} \right)$$

Formel 13: stündlicher Schallleistungspegel [dB(A)]

$$L_{WAT,1h} = 10 * \lg \left(\left(\frac{T}{3600 \text{ s}} \right) * 10^{(0,1 * L_{WA,5s})} \right) + K_I$$

Formel 14: impulsbehafteter stündlicher Schallleistungspegel [dB(A)]

Mit: T: Zeit [s], L_{WA} : Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)]

Um den äquivalenten Dauerschallpegel zu erfassen, müssen verschiedene Einflüsse berücksichtigt werden. Dazu wird der Schalldruckpegel in Anlehnung nach DIN EN ISO 3744 bis 3746 [29, 52, 30] gemessen. Das Verfahren zur Messung wird in Kapitel 5, aufgezeigt. Dabei wird Summe des direkten Schalls und dessen Beiträge gemessen. Die Beiträge des Schalls beinhalten alle Reflektionen an der Decke, des Bodens, der Wände und weiteren möglichen Hindernissen. Es können bei der Messung externe unerwünschte Geräusche auftreten, sprich Geräusche die nicht von der zu betrachtenden Quelle ausgehen und zu einem erhöhten Schalldruckpegel führen. Ist die Differenz zwischen Fremdgeräusche und den gemessenen Schalldruckpegel größer als 10 dB wird nach DIN EN ISO 3746 [30] keine Fremdgeräuschkorrektur vorgenommen. Liegt die Differenz des Fremdgeräusches und dem gemessenen Schalldruckpegel zwischen 3 dB und 10 dB, so ist es ratsam eine Fremdgeräuschkorrektur nach Formel 15 durchzuführen. [25] Um vorherrschende Fremdgeräusche zu prüfen, ist der 95-Perzentilpegel einzusetzen. Der 95-Perzentilpegel beinhaltet alle Pegelwerte, die 95 % der Messzeit überschritten wurde. [53] Um jene

Einflüsse zu berücksichtigen, sind Korrekturen an den gemessenen Schalldruckpegeln erforderlich. Zum einen wird eine Fremdgeräuschkorrektur K_1 (siehe Formel 15) nach den Verfahren der Normreihe DIN EN ISO 3746 ff [30] und eine Umgebungskorrektur K_2 im Freien (siehe Formel 16) nach den Verfahren der Normreihe DIN EN ISO 3744 ff [29] vorgenommen. Bei Messungen im Freien kann in der Regel die Umgebungskorrektur K_2 vernachlässigt werden, wenn der Boden aus eben und aus einem harten Material besteht und keine Gegenstände in der Nähe sind, wodurch die Emissionen reflektiert werden können. Außerdem muss die Emissionsquelle mindestens das Dreifache des größten Abstands betragen.

$$K_1 = -10 \lg(1 - 10^{-0,1 \cdot \Delta L_A}) = 10 \lg(1 - 10^{-0,1 \cdot (\bar{L}_{Aeq} - \bar{L}_{AF95})})$$

Formel 15: Fremdgeräuschkorrektur [dB(A)]

Mit $\bar{L}_{Aeq}$: gemessene mittlere Schalldruckpegel [dB(A)], $\bar{L}_{AF95}$: 95-Perzentilpegel [dB(A)]

$$K_2 = L_{WA*} - L_{WAr}$$

Formel 16: Umgebungskorrektur [dB(A)]

Mit: L_{WA*} : Schallleistungspegel der Vergleichsschallquelle ohne Umgebungskorrektur [dB]

d.h. $K_2 = 0$ [dB(A)], L_{WA*} : kalibrierte Schallleistungspegel der Vergleichsschallquelle bezogen auf $1 \text{ pW} = 10^{-12} \text{ W}$ [dB(A)]

Der Messflächen-Schalldruckpegel nach DIN EN ISO 3744 ff [29] berücksichtigt somit die notwendigen Korrekturen, um die Einflüsse von Fremdgeräuschen und der Messumgebung zu berücksichtigen (siehe Formel 17).

$$\bar{L}_{pf} = \bar{L}_{Aeq} - K_1 - K_2$$

Formel 17: zeitlich gemittelte Messflächen-Schalldruckpegel [dB(A)]

Mit $\bar{L}_{Aeq}$: äquivalenter Dauerschallpegel [dB(A)] K_1 : Fremdgeräuschkorrektur nach Formel 15, K_2 : Umgebungskorrektur nach Formel 16 [dB(A)]

Der äquivalente Dauerschallpegel wird nach der Lärmfibel [54] als A-bewerteten Schalldruckpegel definiert, der konstant über eine Einwirkzeit die gleiche Schallenergie aussendet wie der Schallpegel mit einer schwankenden Intensität. [54]

Der äquivalente Dauerschallpegel ergibt sich aus dem gebildeten Mittelwert des gemessenen Schalldruckpegel L_{Aeq} (siehe Formel 18) aller Mikrofonpositionen auf der Hüllfläche. Dies wird in Anlehnung an die Normreihe DIN EN ISO 3744 ff [29] durchgeführt und

unter Berücksichtigung der notwendigen Korrekturen wie der Fremdgeräuschkorrektur K_1 und der Umgebungskorrektur K_2 .

$$\bar{L}_{Aeq} = 10 * \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 * L_{AFeq,i}} \right)$$

Formel 18: äquivalenter Dauerschallpegel [dB(A)]

Mit $\bar{L}_{Aeq}$: äquivalenter Dauerschallpegel [dB(A)], N : Anzahl der gemessenen Schalldruckpegel [-]

Nach der Betrachtung der Grundlagen des Schallleistungspegels und der Schallmessung, ist es nun sinnvoll, auch die Richtcharakteristik von Schallquellen zu betrachten. In dieser Thesis wird die 2D-Richtcharakteristik von mehreren Positionen entlang eines Kreises um die Schallquelle herum bestimmt und basiert auf Grundlage der einzelnen Schallmessungen an jedem einzelnen Mikrofon. Es werden somit die Messdaten von mehreren Mikrofonpositionen, die in einer Kreisbahn um die Schallquelle herum platziert sind, verwendet, um die Richtwerte für verschiedene Winkel zu berechnen. Die gesammelten Messwerte der verschiedenen Positionen werden im Anschluss analysiert, um die Richtcharakteristik zu bestimmen. Dazu werden statistische Verfahren oder mathematische Modelle verwendet, um die Beziehung zwischen den Schallpegeln und den Winkeln zu bestimmen. Durch die Verwendung mehrerer Mikrofonpositionen können Informationen über die Schallausbreitung in verschiedene Richtungen gewonnen werden.

Im Allgemeinen beschreibt die Richtcharakteristik, wie Schall in Abhängigkeit von der Richtung ausgestrahlt wird und ist damit eine wichtige Eigenschaft von Schallquellen. Bei gleichmäßiger Abstrahlung ergibt sich für die jeweilig gewählte Hüllfläche ein geschlossener Kreis oder Rechteck. Im Mittelpunkt des geschlossenen Kreises, befindet sich die Schallquelle, die sich im Ursprung des Koordinatensystems befindet. Der Messpunkt liegt auf einer Kugeloberfläche, mit dem Abstand r , um die Schallquelle herum. Um nun die Richtcharakteristik der Quelle zu bestimmen, wird der Schallpegel an diesem Messpunkt gemessen. Der komplexe Richtungsfaktor $\underline{\Gamma}$ beschreibt "das Verhältnis des komplexen Schalldruckes in einer bestimmten Richtung zum komplexen Schalldruck in der Bezugsrichtung" [55]

Der Richtungsfaktor beschreibt somit, wie sich der Schalldruck in einer bestimmten Richtung im Vergleich zur Bezugsrichtung verändert. Dabei ist der Schalldruck abhängig von dessen Entfernung r , der Richtung durch den azimutalen Winkel φ und den polar Winkel θ zwischen der Quelle und dem Messpunkt. [55–57]

$$\underline{\Gamma} = \frac{\underline{p}(r, \varphi, \theta)}{\underline{p}_0(r, \varphi_0, \theta_0)}$$

Formel 19: komplexe Richtungsfaktor [-]

Mit $\underline{p}(r, \varphi, \theta)$: Schalldruck im Messpunkt [dB], $\underline{p}_0(r, \varphi_0, \theta_0)$: Schalldruck im Ursprung [dB]

Da die Bezugsrichtung meist eine geometrische Symmetrieachse des Strahlers ist, berechnet sich der Richtungsfaktor nach Formel 20. Dies bedeutet, dass die Achse des Strahlers so gerichtet ist, dass entlang derer die Eigenschaften des Strahlers spiegelsymmetrisch sind. [55]

$$\Gamma = \frac{\tilde{p}(r, \varphi, \theta)}{\tilde{p}_0(r, \varphi_0, \theta_0)}$$

Formel 20: Richtungsfaktor [-]

Mit $\underline{p}(r, \varphi, \theta)$: Schalldruck im Messpunkt [dB(A)], $\underline{p}_0(r, \varphi_0, \theta_0)$: Schalldruck im Ursprung [dB(A)]

Eine gerichtete Schallabstrahlung lässt sich daran erkennen, dass es starke Unterschiede im gemessenen Schalldruckpegel gibt. Um die Richtwirkung einer Schallquelle definieren zu können, wird das Richtmaß D_I eingeführt, welche das Maß für die gerichtete Schallabstrahlung einer Schallquelle im Vergleich einer Kugelwelle (siehe Formel 21) beschreibt. Ergibt sich ein positiver Wert des Richtmaßes, deutet dies auf eine gerichtete Schallquelle hin und ein höherer Schalldruckpegel auf der Achse der Schallquelle gemessen wird, als auf einer Kugel. Hingegen negative Werte auf eine ungerichtete Schallabstrahlung hindeuten, bei welchen der Schalldruckpegel auf der Achse der Schallquelle niedriger ist als auf einer Kugel. [42, 55]

$$D_I = 20 \lg(\Gamma) = 20 \lg\left(\frac{\tilde{p}(r, \varphi, \theta)}{\tilde{p}_0(r, \varphi_0, \theta_0)}\right) = L_p(r, \varphi, \theta) - L_p(r, \varphi_0, \theta_0)$$

Formel 21: Richtmaß [dB(A)]

Mit: $L_p(r, \varphi, \theta)$: Schalldruckpegel im Messpunkt [dB(A)], $L_p(r, \varphi_0, \theta_0)$: Schalldruckpegel im Ursprung [dB(A)]

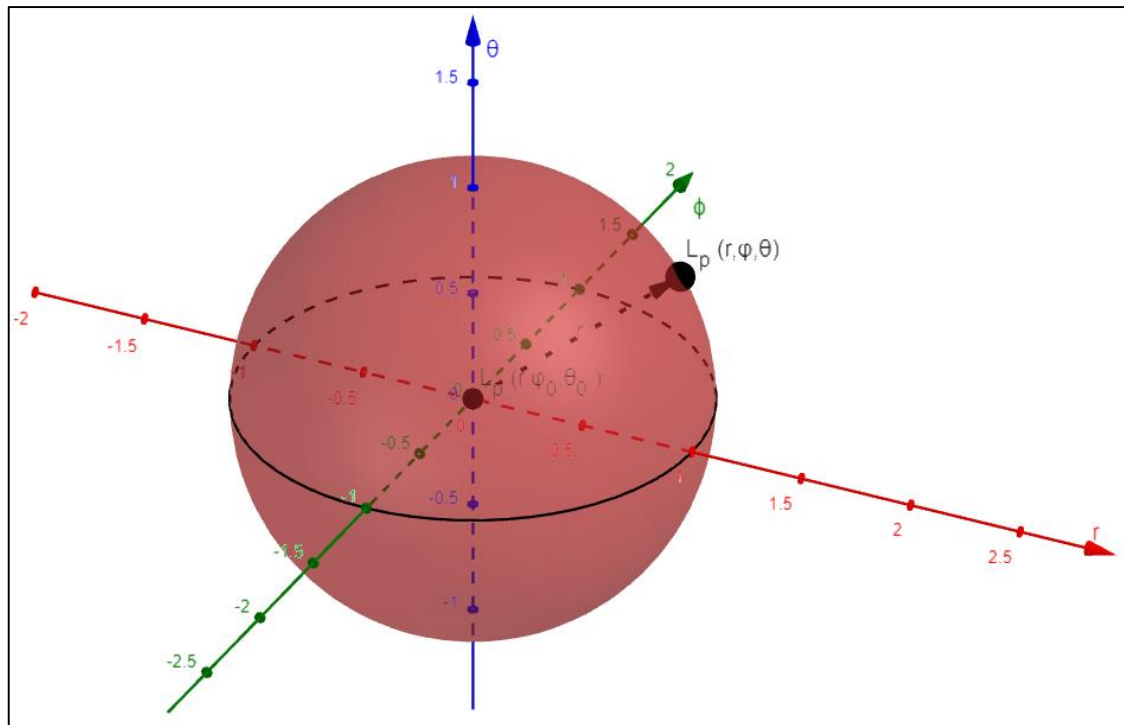


Abbildung 3: Geometrische Darstellung der Richtcharakteristik

(Quelle: in Anlehnung an [55] – GeoGebra 3D)

Um die Richtcharakteristik zu visualisieren, werden die berechneten Richtwerte in einem Polarkoordinatendiagramm dargestellt. Dies bedeutet, dass die kartesischen Koordinaten in Abhängigkeit vom Winkel angegeben werden. Die Konturen, die sich aus dem Polarkoordinatendiagramm ergeben, beschreiben die horizontale, beziehungsweise vertikale, Richtcharakteristik (siehe Formel 22).

$$\theta = \theta_0 = 0^\circ \cap 0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ \text{ beziehungsweise } \varphi = \varphi_0 = \text{const.} \cap 0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$$

Formel 22: Konturen des Polarkoordinatendiagramms

Mit: φ : azimuthalen Winkel = $\arctan(y/x)$ [°], θ : polar Winkel [°]

Die Messpunkte MP in der Ebene, wird durch die Angabe von zwei Koordinaten im kartesischen Koordinatensystem $[x; y]$ beschrieben. Von der Quelle Q aus geht ein Vektor mit dem Abstand r zum Messpunkt mit einem Winkel φ mit $0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$ aus. [58]

2.3 Statistik

Die Statistik bezogen auf Messwerte dient dazu, die gesammelten Informationen systematisch zu analysieren und interpretieren zu können. Durch statistische Methoden können Muster, Trends, Zusammenhänge und Unsicherheiten in den Messwerten identifiziert werden. Dies ermöglicht eine zuverlässige und fundierte Aussage über die gemessenen Verladetätigkeiten. Im Folgenden werden somit verschiedene statistische Analysemethoden vorgestellt, die in der Auswertung von Verladegeräuschen eingesetzt werden können. [59]

Um statistische Aussagen treffen zu können sind statistische Parameter notwendig, die Aufschluss über die Verteilung der Variablen liefern. Bevor überhaupt eine statistische Aussage gemacht werden kann, ist eine Gewinnung notwendig, die die eigentliche Datenerhebung und eine dahinterliegende Planung umfasst. Bei den erhobenen Daten handelt es sich um eine Primärerhebung, welche immer objektiv, valide und reliabel sind. Objektiv bedeutet, dass die Messung unabhängig von persönlichen Meinungen oder subjektiven Einschätzungen durchgeführt wurde. Die objektive Schallleistungsmessung basiert auf den anerkannten Regeln der Technik, sowie festgesetzten Verfahren, um eine genaue und verlässliche Bestimmung der Schallleistung zu ermöglichen. Valid bedeutet, dass die Erhebungsmethode den beabsichtigten Sachverhalt genau und präzise misst. Reliabel bedeutet, dass die Messungen unter konstanten Bedingungen wiederholbar sind. Diese Eigenschaften der Datenerhebung sorgen dafür, dass die Daten vertrauenswürdig und aussagekräftig sind. [60]

Die statistische Einheit ist der Beladevorgang, der untersucht und gemessen wird. Die akustischen Kenngrößen werden für jeden Beladevorgang separat ermittelt und analysiert. Die einzelnen Messdaten einer akustischen Kenngröße, repräsentieren die Merkmale der statistischen Einheit. Ein Merkmal ist der Schalldruckpegel, Schallleistungspegel oder eine andere akustische Messgröße. Um die Verteilung der Messwerte zu visualisieren, wird eine Häufigkeitsverteilung erstellt. Diese zeigt, wie oft ein bestimmter Wert in der Messreihe auftritt. Die Häufigkeitsverteilung ermöglicht es, wichtige Informationen zu erlangen, um die Messergebnisse besser interpretieren zu können. [60]

Hierbei werden die Messwerte x_i und deren Häufigkeit n_i beziehungsweise h_i in eine Häufigkeitstabelle gegenübergestellt und anschließend in einem Säulendiagramm visualisiert.

lisiert. Die absolute Häufigkeit n_i stellt die konkreten Werte dar, wobei die relative Häufigkeit die Anteile an der gesamten Anzahl der Messwerte widerspiegelt (siehe Formel 23). [61]

$$h_i = \frac{n_i}{n}$$

Formel 23: relative Häufigkeit [-]

Mit: n_i : absolute Häufigkeit [-], n : gesamte Anzahl der Messwerte [-]

Der Mittelwert, oder auch Median genannt, wird aus den Einzelwerten berechnet und stellt die mittlere Größenordnung dar. [60] Bei den Messwerten handelt es sich um Schallpegelgrößen, die energetisch gemittelt werden müssen, da es sich hierbei um logarithmische Verhältnisse handelt (siehe Formel 24). [62]

$$\bar{L}_{mittel} = 10 * \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 * L_i} \right)$$

Formel 24: Mittelungspegel [dB(A)]

Mit: L_i : der i -te Schallpegel [dB(A)], N : Anzahl der gemessenen Schalldruckpegel [-]

Eine weitere wichtige Kenngröße stellt das Streuungsmaß dar, welche die Abweichung der einzelnen Messwerte vom Mittelwert darstellt. In der Regel werden folgende Unterscheidungen gemacht: Spannweite, Varianz, Standardabweichung und Quartilsabstand. Die Spannweite stellt „die Differenz zwischen dem größten (Maximum) und dem kleinsten Wert (Minimum)“ [59] dar. Der Quartilsabstand gibt an wo sich die Werte im mittleren 50%-Bereich der Messreihe befinden. Die Varianz (siehe Formel 25) umfasst alle Werte einer Verteilung und gibt die mittlere quadrierte Abweichung vom Mittelwert an. Hierbei wird die quadrierte Abweichung aller einzelnen Messwerte zu einem Mittelwert aufsummiert. Eine große Varianz deutet auf eine größere Streuung um den Mittelwert hin. Folglich deutet eine kleine Varianz eine geringe Streuung um den Mittelwert hin. Um die Kenngröße interpretierbar zu machen, wird die Quadratwurzel der Varianz, die sogenannte Standardabweichung (siehe Formel 26), berechnet, die die positive Wurzel der Varianz darstellt. Die Standardabweichung gibt ähnlich wie die Varianz, die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert an. [59, 60]

$$\sigma = s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n}$$

Formel 25: Varianz der Schalldruckpegel [dB(A)]

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n}}$$

Formel 26: Standardabweichung der Schalldruckpegel [dB(A)]

Mit: L_i : der i -te Schallpegel [dB(A)], $\bar{L}$: Mittelungspegel [dB(A)]; n : Anzahl der Messwerte [-]

Die Messdaten, die einer natürlichen Variation unterliegen, werden auf einem Diagramm entsprechend ihrer Häufigkeitsverteilung dargestellt. Wenn eine bestimmte Regelmäßigkeit in der Verteilung der Daten vermutet wird, kann eine Funktion angepasst werden, wie zum Beispiel eine Gaußsche Glockenkurve oder auch Normalverteilung genannt. Dabei werden die Daten analysiert und eine Funktion verwendet, die am besten zu der beobachteten Verteilung passt. [63] Mithilfe dieser Normalverteilung können Aussagen über die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen oder das Verhalten der Messwerte getroffen werden (siehe Formel 27). Hierbei benötigt man den Mittelwert, den Erfahrungswert μ und die Varianz σ . Mithilfe einer normalverteilten Zufallsgröße x , kann eine glockenförmige Häufigkeitsverteilung gebildet werden. [64] Innerhalb des Intervalls $\mu \pm \sigma$ der Funktion befinden sich 68,27 % der gemessenen Werte. [63]

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Formel 27: Dichtefunktion der Normalverteilung

Mit: x : Zufallsgröße, μ : Erfahrungswert, σ : Varianz

3 Aktuelle Prognosegrundlage

Die Untersuchungen der Emissionen von Verladegeräusche sind Gegenstand einzelner Untersuchungen und Grundlage von zahlreichen Schallimmissionsprognosen für Gewerbebetriebe. Im folgenden Kapitel ist der derzeitige Stand der aktuellen Prognosegrundlage zur betrachteten Thematik aufgezeigt. Ziel dieses Abschnittes ist es einen konkreten Überblick über die derzeitige Prognosegrundlage zu bekommen.

3.1 Schallimmissionsprognosen für Gewerbe – Technischer Bericht des HLUG

Im Rahmen von Schallimmissionsprognosen für Gewerbe Genehmigungsverfahren, werden bei der Überprüfung der immissionsschutztechnischen Grenzwerte, vor allem die Lkw- und Verladegeräusche bei der Belieferung der Güter betrachtet. Hierbei werden in der Praxis erfahrungsgemäß die Verladegeräusche des Technischen Berichts des Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie von 1995 [7] und 2005 [8] herangezogen.

Im Jahr 1991 und 1995 führte Dipl.-Ing. Ekkehard Knothe von TÜV NORD, damals RWTÜV, im Auftrag des HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) eine schalltechnische Untersuchung durch, um Kennwerte und Emissionsdatenkataloge zur Prognose und Beurteilung von Lkw- und Verladegeräusche auf Betriebsgeländen anzufertigen. Im Jahre 2005 wurde eine erneute Beauftragung der HLUG zur Aktualisierung und Erweiterung erteilt. Die erzielten Ergebnisse sind zu heutigem Stand Grundlage für zahlreiche Schallimmissionsprognosen bei Verladevorgängen.

Im Jahr 1995 wurden Geräuschemissionen bei üblichen Verladegeräusche genauer untersucht und Emissionsansätze entwickelt. Hierbei wurden die Emissionen einzelner Be- und Entladevorgänge eines Palettenhubwagens über eine Überladebrücke, Hubstapler (Elektro- und Verbrennungsmotor), Autolader-Systeme und Überladesysteme mit und ohne Torrandabdichtungen ermittelt. Im Jahr 2005 wurden die Untersuchungen erweitert und es entstanden erneuerte Emissionsansätze. Hierbei wurden beispielsweise die Emissionen von Handhubwagen bei Bewegungsvorgängen und unterschiedlichen Ladeeinheiten (Leerfahrt, Glas- und PET-Flaschen) ermittelt. Die Untersuchung fand zudem

auf unterschiedlichen Fahrbahnoberflächen (Asphalt eben, Asphalt uneben und Pflastersteinen) statt. Aus den erlangten Kenngrößen, wurden Mittel- und Maximalwerte gebildet, um einen stündlichen Schallleistungspegel zu berechnen. [8] Die der Erfassung der Verladegeräusche von Fahrzeugen fand bei der Untersuchung 1995 in Speditionen und Lebensmittelzentren ermittelt. Bei der Ermittlung der Emissionen wurde zwischen der Verladung an Innen- und Außenrampen und verschiedenen Hilfsmitteln unterschieden. Der Emissionsort wurde so gewählt, dass beispielsweise eine benachbarte Verlade-tätigkeit die Messergebnisse nicht beeinträchtigen. Die Messwerterfassung erfolgte mit einem Pegelschreiber „RION LR 04“ oder einem Magnetbandgerät „Sony TCD-D 10“. [7] Eine Übersicht zur Erhebung und Ergebnisse der Schallpegelmessungen sind folgend auf-gezeigt. Hierbei wurde der Schallleistungspegel innerhalb von einer Einwirkzeit von fünf Sekunden auf einer Stunde umgerechnet (siehe Tabelle 2).

Vorgang	L _{WA,1h} bei der Be- und Entladung [dB(A)]	
	Außenrampe	Innenrampe
Palettenhubwagen über Überladebrücke	85,0	80,0
Palettenhubwagen über fahrzeugeigene Ladeboardwand	88,0	-
Rollcontainer über Überladebrücke	-	64,0
Rollcontainer über fahrzeugeigene Ladebrordwand	78,0	-
Kleinstapler über Überladebrücke	75,0	70,0
Rollgeräusche, Wageboden	75,0	75,0

Tabelle 2: Übersicht über den Schallleistungspegel verschiedener Vorgänge [7]

Hier: L_{WA,1h}: stündlich mittlerer Schalleistungspegel [dB(A)]

Nach dem Technischen Bericht 1995 können Verladegeräusche eines Gabelstaplers meist aus den Datenblättern der Firmen entnommen werden. Bei der Messung der Geräuschemissionen von Gabelstaplern wurden Gabelstapler der Klasse eine Tonne bis drei Tonnen ermittelt. Der mittlere stündliche Schallleistungspegel betrug 110 dB(A) mit einer Standardabweichung von 3,1 dB. Ähnlich wie bei der Emissionsansatz Ermittlung von Lkw-Geräuschen, wurde der Emissionsansatz der Verladegeräusche gewählt (siehe Formel 28 und Formel 29). [7, 8]

$$L_{WAr} = L_{WAT,1h} + 10 * \lg \left(n - \left(\frac{T_E}{1h} \right) \right)$$

Formel 28: Schallleistungspegel nach dem Technischen Bericht 1995 [7] [dB(A)]

$$L_{WAT,1h} = L_{WAT} + 10 * \lg \left(\frac{T_E}{3600 s} \right) - 10 * \lg \left(\frac{S}{S_0} \right)$$

Formel 29: Schallleistungspegel nach dem Technischen Bericht 2005 [8] [dB(A)]

Mit: $L_{WAT,1h}$: stündlich gemittelter Schallleistungspegel [dB(A)], n : Anzahl der Ereignisse in der Beurteilungszeit T_E , L_{WAT} : Schallleistungspegel inklusive Impulszuschlag K_i , S : Größe der Fläche ($S_0 = 1 \text{ m}^2$)

Nach Rückfrage beim TÜV Nord bezüglich des aktuellen Forschungsstandes teilte Dipl.-Ing. Knut Lenkewitz mit, dass derzeit weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Er informierte zudem, dass die Untersuchungen von 2019 bis 2021 gezeigt haben, dass im Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Jahr 1995 der ermittelte Schallleistungspegel aufgrund des fortschrittlichen Technologiestandes niedriger angesetzt werden kann. Darüber hinaus wurden aktuelle Datenblätter bereitgestellt, die den aktuellen Stand der Technik widerspiegeln. In Tabelle 3 sind die aktuellen Datenblätter zusammengefasst.

Gesamter Vorgang	$L_{WAT,1h}$ bei der Be- und Entladung [dB(A)]
Paletten an einer Außenrampe über eine Mini-Überladebrücke, Klappkeil-Überladebrücke oder schwenkbare Überladebrücke mit Elektro-Flurförderfahrzeug	79,9
Paletten an einer Außenrampe über die fahrzeugeigene Ladebordwand des Lkw mit Elektro-Flurförderfahrzeug	82,0
Rollwagen an einer Außenrampe über eine Mini-Überladebrücke; Klappkeil-Überladebrücke oder schwenkbare Überladebrücke	73,8
Rollwagen an einer Außenrampe über die fahrzeugeigene Ladebordwand des Lkw	74,5
Paletten an Vorsatzrampen mit Planen-Torrandabdichtung und integrierter Vorschub-überladebrücke mit Elektro-Flurförderfahrzeug	Typ A: Brückenplateau und Klappkeil, rutschfeste und profilierte Metalloberfläche Typ B: Brückenplateau – rutschfeste und geräuschgedämmte und entdöhrnte Korund-Beschichtung auf PU-Basis 75,5
	70,5

Tabelle 3: Übersicht über die aktuellen Untersuchungsergebnisse

Hier: $L_{WAT,1h}$: stündlich mittlerer Schalleistungspegel [dB(A)]

3.2 Be- und Entladevorgängen mit Palettenhubwagen und beladener

Palette bei Lkw in Logistikzentren

Im Zuge einer Bachelor Thesis an der TH Bingen im Studiengang Umweltschutz, hat sich Martin Heroldt im Jahr 2016 das Ziel gesetzt, einzelne Verladegeräusche aus dem Technischen Bericht des Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie von 1995 [7] zu überprüfen und zu bestätigen beziehungsweise zu aktualisieren.

In der Thesis wurde der Schalldruckpegel bei Verladetätigkeiten, anhand von drei verschiedenen Varianten, jeweils eine Be- und Entladung einer beladenen Normpalette gemessen. Der erste Typ „TYP 1“ bestand aus einer Überladerampe mit schwenkbarer Überladebrücke auf eine Lkw eigene Ladebordwand, welche außerhalb der Werkshalle lag. Der zweite Typ „TYP 2“ und der dritte Typ „TYP 3“ bestand aus innen liegenden Überladebrücken, welche sich im Wesentlichen durch die Länge und das Oberflächenmaterial charakterisieren lassen. Die Messung erfolgte mit einer standardisierten beladenen Euro-Palette, welche mit 16 Wasserkästen, mit einem Gewicht pro Kasten von 13,2 kg, beladen war. Um eine Vergleichbarkeit mit dem technischen Bericht 1995 [7] zu erzielen, wurde dasselbe Messverfahren (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) angewendet, mit dem Unterschied, dass die Vorgänge zusammen gemessen wurden, um praxisnähere Ergebnisse zu erzielen und nicht nur isolierte Teilschritte.

Alle Messungen fanden unter gleichen Rahmenbedingungen statt. Es wurden ortsfeste Emissionsorte in einem Abstand von 3 m und einer Mikrofonhöhe von 1,5 m links und rechts des Lkws angeordnet. Ein Beladevorgang bestand jeweils aus der Einfahrt eines Handhubwagens mit geladener Palette über die Überladebrücke, das Festsetzen der Palette in den Lkw und die Ausfahrt des leeren Handhubwagens aus dem Lkw über die Überladebrücke. Ein Entladevorgang bestand jeweils aus der Einfahrt des leeren Handhubwagens über die Überladebrücke, die Aufnahme einer Palette in den Lkw und die Ausfahrt des Handhubwagens mit Palette aus dem Lkw über die Überladebrücke. In den Ergebnissen wurden deutlich niedrigere Schallleistungspegel gemessen als bei dem technischen Bericht der HLUG aus dem Jahr 1995. Die Ergebnisse des Schallleistungspegels $L_{WAT,1h}$ weichen bis zu 8 dB(A) voneinander und bei Geräuschspitzen bis zu 11 dB(A) voneinander ab (siehe Tabelle 4). [65]

Lkw-Ausführung		$L_{WAT,1h}$ [dB(A)]	$L_{WA,max}$ [dB(A)]
TYP 1	Beladung	84,0	110,0
	Entladung	82,2	108,0
TYP 2	Beladung	80,0	106,6
	Entladung	79,1	105,8
TYP 3	Beladung	78,6	104,5
	Entladung	75,7	101,9

Tabelle 4: Übersicht über die Schallleistungspegel verschiedener Fahrzeugtypen [65]

Hier: $L_{WAT,1h}$: impulsbehafteter stündlicher Schallleistungspegel [dB(A)], $L_{WA,max}$: Geräuschspitzen [dB(A)]

Die Erkenntnis war, dass eine Überprüfung der alten Ergebnisse des HLUG ratsam ist. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Kombination aus einer innenliegenden, in die Werkshalle integrierten Vorschubüberladebrücke mit Tränenblech und Teleskoplippe sowie einer Torrandabdichtung die effizienteste Verladevariante darstellt, während außenliegende Laderampen aufgrund hoher Schallpegel vermieden werden sollten. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass die Arbeit aufgrund des umfangreichen Umfangs der Messungen und Auswertungen ausschließlich auf die Be- und Entladungen mit dem Palettenhubwagen fokussiert war. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass weitere Untersuchungen erforderlich sind, um einen umfassenden Überblick über alle in der Praxis stattfindenden Be- und Entladungen zu erhalten.

3.3 Geräuschemissionen durch Ladevorgänge in Ladezonen von

Discountern

Im Zuge einer Diplomarbeit an der Fachhochschule Lübeck im Studiengang Umweltingenieurwesen, hat sich Bianca Berghofer im Jahr 2009 zum Ziel gemacht, Geräuschemissionen von Ladevorgängen innerhalb von Ladezonen in Discountern zu untersuchen und folglich Geräuschemissionsansätze für schalltechnische Immissionsprognose zu entwickeln.

Es wurden an Discountern die Emissionen während des Beladens mithilfe von 15 Messungen an drei verschiedenen Standorten erfasst. Die ermittelten Emissionen wurden demgemäß durch eine Kalibrierungsrechnung für jeden Standort und die unterschiedlichen Fahrzeugausführungen überprüft und im Anschluss ein Emissionssatz für die Immissionsprognose ausgearbeitet. Die Messungen wurden mit einem discountereigenen Lkw der Marke Mercedes-Benz – Actros, zu dem ein auf dem Lkw liegendes Kühlaggregat gehört, durchgeführt. Der Umschlag fand mithilfe eines Handhubwagens statt. Die Lastkraftwagen waren in verschiedenen Ausführungen erhältlich, entweder mit einer Länge von 15 oder 18 Metern und optional mit einem Anhänger. Aus den ermittelten akustischen Größen wurde für jeden Standort die Schallleistung, je nach Fahrzeugausführung, ermittelt. Um eine Vergleichbarkeit zu erzielen, wurden die Daten der aktuellen Richtlinien und Studien, der im Jahr 2007 veröffentlichte „Parkplatzlärmstudie“ [66] und des im Jahr 1995 publizierte Technischen Bericht des Hlwg [7] ausgewertet und dargestellt. Hierfür wurden feste Emissionsorte ausgewählt und Mikrofone auf einer Seite des Lkw in einer Höhe von 4,2 m platziert. Anhand der Untersuchungsergebnisse können folgende Schallleistungspegel $L_{WA,1h}$ für die weitere Prognose von Geräuschimmissionen von Ladevorgängen in Ladezonen von Discountern mit unterschiedlichen Fahrzeugtypen $L_{WA,1h}$ (siehe Tabelle 5) angesetzt werden. [67]

Lkw-Ausführung	$L_{WAeq,1h}$ [dB(A)]	K_I [dB(A)]
Lkw mit 15 m Länge	84,6	9,5
Lkw mit 18 m Länge	88,5	10,6

Tabelle 5: Übersicht über die Schallleistungspegel verschiedener Fahrzeugtypen [67]

Hier: $L_{WAeq,1h}$: stündlich mittlerer Schalleistungspegel [dB(A)], K_I : Impulszuschlag [dB(A)]

Als Erkenntnis wurde gezogen, dass bei einer Lkw-Länge von 15 m ein signifikanter Unterschied zwischen der Verwendung der Ladebordwand des Lkws und der innenliegenden Überladebrücke besteht. Durch die Verwendung der Überladebrücke kann der Lkw näher an die Verladestation heranfahren, wodurch die Seitenwand der Einhausung die entstehenden Emissionen abschirmt und somit den Pegel mindert. Zudem erzeugen kürzere Überladebrücken weniger Geräuschbelastung als längere. Bei einer Lkw-Länge von 18 m ist kein deutlicher Unterschied zwischen der Verwendung der Ladebordwand des Lkws und der innenliegenden Überladebrücke erkennbar, obwohl ein höherer Schallleistungspegel gemessen wurde. [67]

3.4 Fazit

Für eine Schallimmissionsprognose werden schalltechnische Eingangsdaten benötigt und sind erforderlich, um eine Simulation durchführen zu können. Für Be- und Entladevorgänge an einem Umschlagspunkt stehen Veröffentlichungen zur Verfügung, die auf messtechnisch ermittelten Schalldruckpegeln basieren.

Für Verladetätigkeiten werden zu derzeitigem Stand beispielgebend der Technische Bericht [7, 8] von der hessischen Landesanstalt für Umwelt verwendet. Die bisherigen Veröffentlichungen und Untersuchungen in diesem Bereich konzentrieren sich hauptsächlich auf Verbrauchermärkte und Verladungen mit Handhubwagen, was nur einen kleinen Teil der tatsächlich möglichen Verladetätigkeiten abdeckt.

Daher wurde in dieser Arbeit der Fokus auf die Analyse von Verladegeräuschen bei industriellen Verladevorgängen gelegt, um eine umfassendere Perspektive zu erhalten. Die gewählte Vorgehensweise ermöglicht eine genaue Untersuchung der Schallemissionen und Richtcharakteristik in einem größeren Anwendungsbereich, für die Verladung mit einem Gabelstapler und einem Gabelhubwagen. Die gewonnenen Erkenntnisse tragen dazu bei, ein umfassenderes Verständnis der Lärmbelastung bei verschiedenen Verladetätigkeiten zu gewinnen.

4 Beschreibung des Betriebs und Untersuchungsobjekte

In diesem Abschnitt erfolgt eine Beschreibung des Betriebs sowie der Untersuchungsobjekte, die Gegenstand dieser Thesis sind. Eine genaue Beschreibung der Umgebung trägt zu einem vollständigen Verständnis bei und hilft die Ergebnisse der Untersuchung zu kontextualisieren. Das Ziel dieses Kapitels ist es, ein Verständnis des Untersuchungskontexts zu vermitteln und somit ein umfassendes Verständnis der Forschungsfragen zu erlangen.

4.1 Beschreibung des Betriebs

Im folgenden Abschnitt wird der Betrieb, in dem die Untersuchungen stattfanden, genauer beschrieben. Dabei werden relevante Informationen über den Betrieb, die Arbeitsabläufe und andere wesentliche Aspekte des Betriebs dargelegt. Um die Geräuschemissionen der verschiedenen Verladevorgänge zu ermitteln, wurde die Messung in der Zweigniederlassung des internationalen Transport- und Logistikunternehmens „Gebrüder Weiss GmbH“ in der 90 Zeppelinstraße, 73730 Esslingen am Neckar durchgeführt.

Die Ursprünge des Unternehmens reichen weit zurück, denn „Gebrüder Weiss“ ist das älteste Transport- und Logistikunternehmen in Österreich mit Hauptsitz in Lauterach, Österreich. [68] Die Anfänge (1474 bis 1918) nahmen in Fussach am Bodensee ihren Lauf, wo einst im Jahr 1471 die Familie Spehler und Vis (Weiss) im Auftrag der Stadt, Mailänder Bote an einer der wichtigsten Transithafen für den Nord- und Südhandel betrieben haben. Im Jahr 1823 ging die Faktorei über in den alleinigen Besitz von Josef Weiss, der mit seinen Halbbrüdern Leonhard und Johann Alois Karl Weiss das Geschäft unter bis heute bekannten Namen „Spedition Gebrüder Weiss“ weiterführte. Von dort aus wuchs das Unternehmen stetig weiter, bis hin zur globalen Expansion im Jahr 1997 bis 2020. [69] Die Hauptgeschäftsbereiche umfasst die Landverkehre, Paketdienste, Luft- und Seefracht, sowie Logistik- und Speziallösungen. [70] In dem Unternehmen ar-

beiten Stand 2023 rund um 8400 Beschäftigte an 191 firmeneigene Niederlassungen, Betriebsstätten und Standorte in 43¹ Ländern. Es wurden bereits 15,5 Millionen Sendungen im Landverkehr in 2022 mit Gebrüder Weiss bereits verwickelt. [71]

Der Standort in Esslingen am Neckar gehört zu einer der Zweigniederlassungen und beschäftigt sich hauptsächlich mit dem Landverkehr. Am Standort befinden sich vier Umschlaghallen mit insgesamt 153 Verladestationen. Die Messung fand in der Umschlaghalle drei, dem Exportbereich statt. Hierbei wurden spezifisch die Verladevorgänge der 8 Verladestationen an der Süd-West Fassade untersucht, bei welchen hauptsächlich Beladungsvorgänge durchgeführt werden. Die genauere Beschreibung und Begründung der Wahl des Messortes ist in Kapitel 5.3 aufgezeigt. Die Verladestationen (siehe Abbildung 4) bestehen aus einer vertieften Verladestation, einer innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe und einer Planen-Torrandabdichtung.

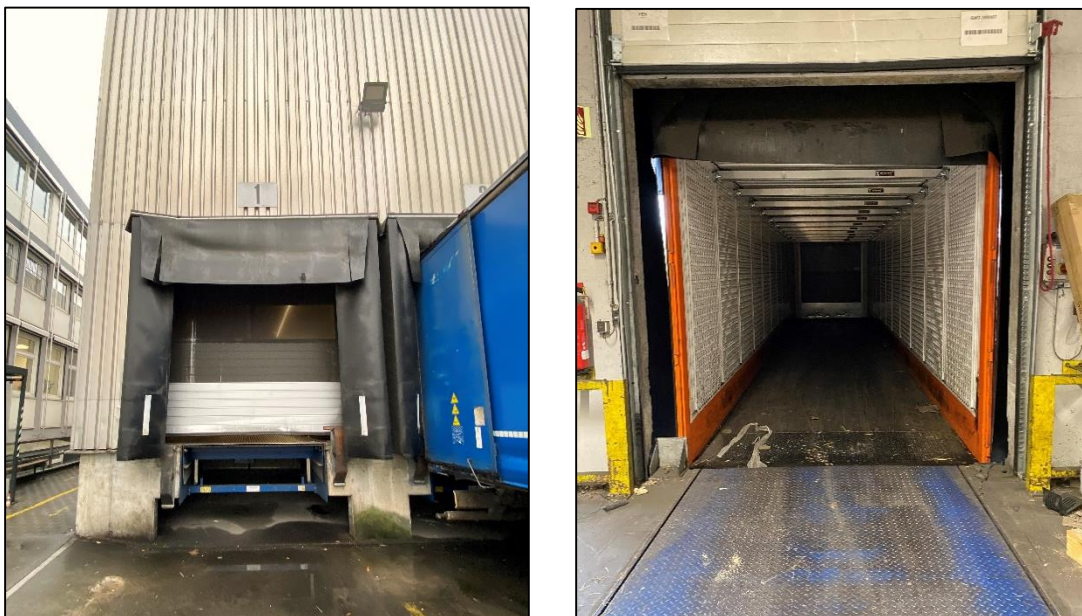


Abbildung 4: Verladezone von innen und außen

Die innenliegende hydraulische Überladebrücke ist eine wichtige Komponente in Speditionen, da sie den schnellen und sicheren Transport von Gütern zwischen Anhänger und

¹ in Österreich, Deutschland, der Schweiz, Armenien, Australien, Bosnien-Herzegowina, Bulgarien, China, Georgien, Hongkong, Japan, Kanada, Kasachstan, Kroatien, Malaysia, Mazedonien, Montenegro, Neuseeland, Polen, Rumänien, Russische Föderation, Serbien, Singapur, Slowakei, Slowenien, Südkorea, Tschechien, Türkei, Ukraine, Ungarn, Usbekistan, Taiwan, USA und Vietnam [71]

Lagerhalle ermöglicht. Die vorhandene Überladebrücke besteht aus Stahl mit einer geriffelten Oberfläche, um ein sicheres Begehen und Befahren zu ermöglichen (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Oberfläche der innenliegenden Überladebrücke

Während der Betriebszeiten ist das Betriebsgrundstück geprägt durch ein hohes Verkehrsaufkommen, dass von dem pendeln der Zugmaschinen bis hin zum Umschlag der Wechselbrücken reicht.

4.2 Beschreibung der Untersuchungsobjekte

In diesem Abschnitt werden die untersuchten Untersuchungsobjekte detailliert dargestellt. Dabei handelt es sich um verschiedene Anhängertypen sowie Flurfördergeräte, die im Rahmen dieser Arbeit genauer betrachtet werden. Die Beschreibung der einzelnen Objekte liefert einen Überblick über ihre spezifischen Merkmale und Eigenschaften, die für die weiteren Untersuchungen von Bedeutung sind.

Die Anhänger

Bei der schalltechnischen Untersuchung fanden die Verladevorgänge in verschiedene Anhänger statt, zum einen in Aufliegern, auch Sattelaufleger genannt und zum anderen in Wechselbrücken.

Ein Auflieger verfügt über mehrere Hinterachsen, aber keine Vorderachse, da der Auflieger auf der Zugmaschine vorne mit einer Sattelplatte und dem Königszapfen aufliegt. Auflieger gibt es in verschiedensten Ausführungen. [72, 73] In dieser schalltechnischen Untersuchung kamen Ausführungen als Tautliner und als Koffer-Auflieger vor. Ein Tautliner ist ein Sattelaufleger, der über keine festen Ladeboardwände verfügt, sondern Planen als Ladeboardwände hat (siehe Abbildung 6). [74] Ein Koffer-Auflieger verfügt im Gegensatz zu einem Tautliner über feste Ladeboardwände (siehe Abbildung 7).

Des Weiteren fanden Verladungen in sogenannte Wechselbrücken, oder auch Wechselbehälter genannt, statt (siehe Abbildung 8). Dies sind austauschbare Ladungsträger die

einer Zugmaschine angehängt werden können. Wechselbrücken sollen den Frachtalltag erleichtern, da diese dabei helfen, Ladegut schnell und effizient umzuschlagen. Wechselbrücken gibt es in verschiedenen Ausführungen, zum Beispiel mit Planen, mit Rolltoren oder mit Flügeltoren. [75] Bei der Analyse der Lärmemissionen der Beladevorgänge ist es wichtig, die unterschiedlichen Merkmale der Anhänger zu berücksichtigen, um ein umfassendes Verständnis zu erlangen.



Abbildung 6: Tautliner



Abbildung 7: Koffer Auflieger - blau



Abbildung 8: Wechselbrücke

Die Auflieger, die in der Thesis untersucht worden sind, weisen bestimmte Abmessungen auf. Auflieger haben in der Regel eine Länge von circa 13,70 m, eine Breite von circa 2,50 m und eine Höhe von circa 2,60 m. Die Abmessungen ermöglichen die Aufnahme von 34 Paletten, wobei jeder Auflieger eine Kapazität von 24 t, oder 88 m³, aufweist. Wechselbrücken haben in der Regel eine Länge von circa 7,45 m, eine Breite von circa 2,50 m und eine Höhe von 2,50 m auf. Die Abmessungen bei einer Wechselbrücke ermöglichen eine Aufnahme von 18 Paletten, wobei jede Wechselbrücke eine Kapazität von circa 46 m³ besitzt. [76]

Die Flurfördergeräte

Das Unternehmen (siehe Kapitel 4.1) setzt für den Umschlag der Güter in die Anhänger Flurfördergeräte ein, zum einem Gabelhubwagen und zum anderen Gabelstapler. Diese Flurfördergeräte ermöglichen eine schnelle und sichere Verladung der Güter. Die Gabelhubwagen werden in der Regel für kleinere Lasten verwendet. Die Gabelstapler sind hingegen für den Transport für schweren Gütern, können aber auch auf unebenen Geländen eingesetzt werden und haben zudem den Vorteil, dass Sie wendiger sind.

Die Gabelhubwagen, die das Unternehmen einsetzt, stammen von der Firma Crown und gehören zur Serie WT 3040. Sie sind mit einem Bedienerstand und einem Heckeinstieg ausgestattet, was eine komfortable Bedienung ermöglicht. In Tabelle 6 sind weitere Details aufgeführt, um eine detaillierte Übersicht über deren technische Spezifikationen zu geben. [77]

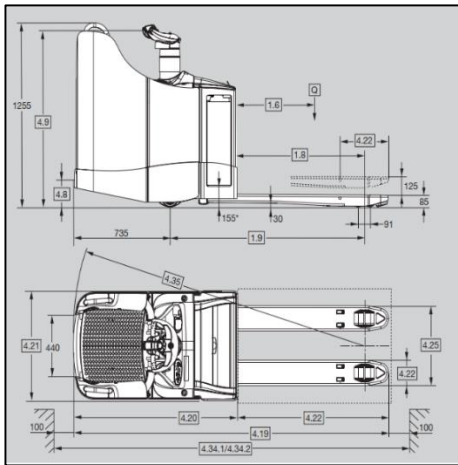
Hersteller + Typzeichen	Crown Equipment Corporation WT 3040-2.0 (el.)
Eigengewicht ohne Batterie	724 bis 801 kg
Gesamtlänge (ohne Gabel)/ Gabellänge	4200 mm/ 4220 mm
Fahrgeschwindigkeit mit/ ohne Last	10,0 / 12,5 km/h
	

Tabelle 6: Gabelhubwagen [77]

Die Gabelstapler sind in der Regel die bevorzugten Flurfördergeräte für die Verladung, da sie aufgrund ihrer höheren Tragkraft und Hubhöhe eine effizientere Arbeitsweise ermöglichen. Die Gabelstapler stammen ebenfalls von der Firma Crown und gehören zur Serie SCF 6200. Um eine genaue und präzise Fortbewegung zu ermöglichen, sind die Gabelstapler mit einem Elektroantrieb ausgestattet. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist

ihre Wendigkeit, die es den Gabelstaplern ermöglicht, auch in engen Bereichen zu arbeiten. Weitere Details zu den technischen Spezifikationen sind in Tabelle 7 aufgeführt.

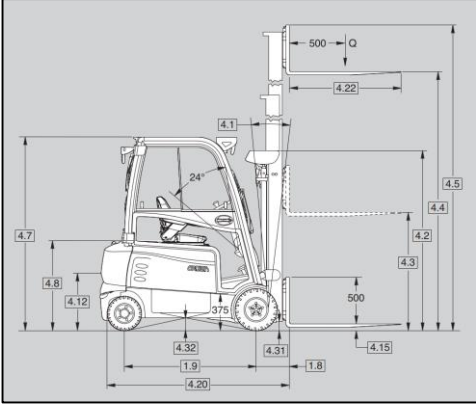
Hersteller + Typzeichen	Crown Equipment Corporation SCF 6200 (el.)
Eigengewicht ohne Batterie	2570 bis 2767 kg
Gesamtlänge (ohne Gabel) / Gabellänge	2413 bis 3663 mm/ 4150 mm
Fahrgeschwindigkeit mit/ ohne Last	16,0 / 16,0 km/h
	

Tabelle 7: Elektro-Gegengewichtsstapler [78]

5 Beschreibung der Untersuchungsmethodik

Um das Ziel der Thesis zu erreichen ist eine bestimmende Komponente die Methodik, die in diesem Kapitel beschrieben wird. Die beschriebene Methodik beschreibt die Vorgehensweise, die bei der Durchführung der Untersuchung angewendet wird, um die erhaltenen Daten auszuwerten. Darüber hinaus werden die Vor- und Nachteile der gewählten Methodik diskutiert und Alternativen vorgestellt. Ziel dieses Abschnitts ist es, ein vollständiges Verständnis der Methodik zu vermitteln und die Grundlage für die Interpretation der Ergebnisse zu schaffen.

5.1 Prozessablauf der untersuchten Verladetätigkeit

Der Beladevorgang eines Anhängers kann je nach Art und Umfang der zu transportierenden Güter sehr unterschiedlich sein. Die allgemeine Beschreibung ist in Kapitel 2.1 dargestellt. Das Ziel dieser Thesis besteht darin, detailliert die Verladetätigkeiten in Speditionen mit verschiedenen Flurfördergeräten und anderen Parametern unter die Lupe zu nehmen und Emissionsansätze auszuarbeiten, die als Prognosegrundlage für weiterführende Schallimmissionsprognosen zur Verfügung steht. In der Praxis ist es schwierig alle Aspekte von Verladetätigkeiten in Speditionen aufzunehmen, da dies je nach Unternehmen unterschiedlich ist. Die Untersuchungen fanden, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, im Exportbereich des Unternehmens statt. Hier wurden speziell nur die Beladungen von Anhängern untersucht. Die Gründe für die Wahl der Messpositionen und des Aufbaus sind in 5.3 begründet.

Die Verladetätigkeiten bestehen in dieser Thesis somit aus der Beladung eines Anhängers. Der Ablauf beginnt mit dem Einsatz eines geeigneten Flurfördergeräts, dass die Ladeeinheit mit den Gabeln anhebt und zum jeweiligen Anhänger befördert. Der Beladevorgang beginnt, wenn das Flurfördergerät die Überladebrücke berührt und in den Anhänger eintritt. Anschließend wird die Ladeeinheit lückenlos formschlüssig und/oder kraftschlüssig beladen, um ein Verrutschen während des Transports zu vermeiden. Im letzten Schritt fährt das Flurfördergerät aus dem Anhänger über die Überladebrücke heraus und der Vorgang ist beendet (siehe Abbildung 9).

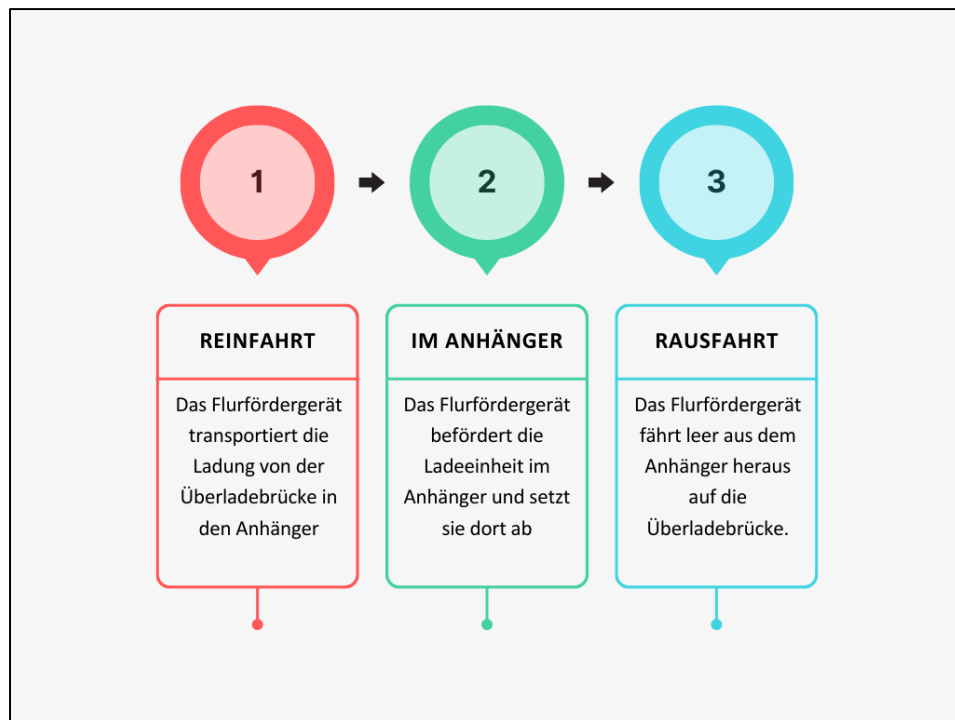


Abbildung 9: Prozessablauf des Beladevorgangs

In diesem Zusammenhang konzentriert sich die Thesis darauf, detailliert die einzelnen Vorgänge eines Beladevorgangs zu beurteilen und insbesondere die Lärmemissionen die dabei entstehen zu untersucht. Hierbei werden die unterschiedlichen Phasen des Beladens, wie beispielsweise die Reinfahrt des Flurfördergeräts über die Überladebrücke, genauer betrachtet und die entstehenden Geräusche analysiert. Ziel ist es ein besseres Verständnis für die Lärmemissionen eines Beladevorgangs zu erlangen und Maßnahmen zu identifizieren, die zur Reduktion der Lärmbelastung beitragen kann.

5.2 Messequipment und Messaufbau

Um die Lärmemissionen eines Beladevorgangs zu beschreiben, ist eine Messung des A-bewerteten Schalldruckpegels unerlässlich, um die notwendigen akustischen Größen bestimmen zu können. Der A-bewertete Schalldruckpegel berücksichtigt die natürliche frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs und bietet somit eine genauere Beurteilung der Lautstärke. [79] Um eine solch eine Messung durchführen zu können, sind bestimmte Messsysteme notwendig. Hierzu gehören Schallpegelmesser, die in der Lage sind, den Schalldruckpegel und den A-bewerteten Schalldruckpegel zu messen. In dieser Thesis wurde der Handschallpegelmesser von der Firma *Norsonic*

Nor140 verwendet. Der *Norsonic Nor140* ist ein zuverlässiges Messgerät, welches speziell für akustische Messungen entwickelt wurde. Es zeichnet sich durch eine hohe Genauigkeit und vielseitigen Einstellungsmöglichkeiten aus, die eine detaillierte Analyse des Abewerteten Schalldruckpegels ermöglichen. [80]

Um eine fehlerfreie Messung zu gewährleisten, ist die Kalibrierung des Handschallpegelmessers notwendig. Hierbei kam, ebenso von der Firma *Norsonic*, der Akustische *Kalibrator Typ 1251 Klasse 1* zur Verwendung. Hierbei sendet der Kalibrator ein sinusförmiges Schallsignal mit 1000 Hz an das Messmikrofon. Das Messgerät muss so eingestellt werden, dass ein Schalldruckpegel von 114 dB bezogen auf 20 μPa angezeigt wird. [81]

Um die Mikrofone in der gewünschten Höhe mit einem Mikrofonhalter zu positionieren, wurden Mikrofonständer verwendet und für die variable Positionierung ein langer Stab. Da die Mikrofone in einer gewissen Höhe liegen, wurde jeweils ein 5 m langes Mikrofonkabel an die Handschallpegelmesser zwischengeschaltet. Damit es zu keinen Störgeräuschen durch Wind kommt, wurde jedes Mikrofon mit einem Windschutz ausgerüstet. Um die Schadensfreiheit der Messgeräte zu gewährleisten und diese auf dem Betriebsgelände sichtbar zu machen, wurde die ortsfeste Mikrofonposition zusätzlich mit Pylonen ausgestattet. Zusammengefasst wurden folgende Geräte verwendet (siehe Tabelle 8):

Schallpegelmessgeräte	Fa. Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht
Verwendete Geräteeinstellung und Konfiguration	Zeitbewertung Fast, A-bewertung
Aufzeichnung des Pegel-Zeit-Verlaufs	(1-Sekunden Mittelungspegel L_{Aeq} , L_{ACeq} , Terzspektrum und Maximalpegel L_{AFmax} mit den internen Speichern der Norsonic-Messgeräte
Kalibrator	Fa. Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 1251 überprüft, erfüllt Klasse IEC Klasse 1
Weitere Geräte: Mikrofonkabel 5 m, Mikrofonständer mit Mikrofonhalterung, Pylonen, Armbanduhr mit Sekundenanzeige, Klemmbrett für den Aufschrieb, Laser-Entfernungsmesser Fa. Bosch GLM 40 Professional und Meterstab	

Tabelle 8: Verwendete Messgeräte und Equipment

Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenfassung über die relevanten Daten zur Eichung/Kalibrierung (Stand 27.07.2021) für die verwendeten Handschallpegelmesser *Norsonic Nor140* mit den jeweiligen Mikrofonen dar (siehe Tabelle 9).

Bezeichnung intern	Serien- nummer	Kalibrator (Eichkette)	Eichung		
			Datum	Gültig bis	Erweiterte Messunsicherheit
140-1	1403303	33706	22.01.2020	31.12.2022	0,5 dB
140-2	1405444	33706	20.02.2019	31.12.2021	0,5 dB
140-3	1406583	19909	22.01.2020	31.12.2022	0,5 dB
Bezeichnung intern	Serien- nummer	Kalibrator (Eichkette)	Kalibrierung DKD/DAkks ²		
			Datum	Gültig bis	Erweiterte Messunsicherheit ≤ 2 kHz / > 2 kHz
140-1	1403303	33706	18.08.2020	18.08.2022	0,35 dB / ≤ 0,65 dB
140-2	1405444	33706	16.07.2021	16.07.2023	0,35 dB / ≤ 0,65 dB
140-3	1406583	19909	21.01.2020	21.01.2022	0,35 dB / ≤ 0,65 dB

Tabelle 9: Handschallpegelmesser Norsonic 140, Stand: 27.07.2021

(Quelle: Datenbank von Heine+Jud)

5.3 Vorgehensweise bei der Messwerterfassung

Bevor die eigentliche Messung beginnt, ist eine Planung erforderlich, die den Standort der Messgeräte, die Messzeitpunkte und die Möglichkeiten auf dem Betriebsgelände festlegt. Somit wurde am 23.03.2023 die örtliche Situation begutachtet und eine Probemessung durchgeführt, um alle Abläufe der Messung zu verinnerlichen und eventuelle Optimierungen vorzunehmen. Am 24.04.2023 fand eine Messung statt die nicht ausgewertet werden konnte, da ein Messgerät nicht richtig aufgezeichnet hat. In Tabelle 10 sind die Messungstage aufgeführt. Die Tabelle 10 gibt einen Überblick über die verschiedenen Datumsangaben, an denen die Messungen durchgeführt wurden.

² DKD/DAkks = Deutscher Kalibrierdienst/ Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH, ist eine Deutsche Akkreditierungsstelle. Die DAkks ist für die Akkreditierung von Konformitätsbewertungen zuständig, die Prüfungen, Kalibrierungen, Inspektionen und Zertifizierungen durchführen. [82]

Datum	Zweck
23.03.2023	Örtliche Begutachtung und Probemessung
17.04.2023	Messung der Verladevorgänge an 8 Verladezonen
24.04.2023	Messung (Defekt)
26.04.2023	Messung der Verladevorgänge an 8 Verladezonen
27.04.2023	Messung der Verladevorgänge an 8 Verladezonen
03.05.2023	Messung der Verladevorgänge an 8 Verladezonen

Tabelle 10: Überblick über die verschiedenen Messungstage

Am Tag der Probemessung wurde ein geeigneter Ort gesucht, der eine nahezu störungsfreie Messung ermöglichte und den Betriebsablauf nicht beeinträchtigte. Zunächst wurde die große Umschlaghalle als erstes Messort in Betracht gezogen. Allerdings traten bei der Positionierung der Mikrofone erste Schwierigkeiten auf, da im normalen Betriebsablauf nahezu alle Verladestationen besetzt waren, wodurch es schwierig war, ein Mikrofon im Nahfeld zu platzieren. Im Fernfeld wiederum waren die Zugmaschinen in Bewegung. Diese Umstände erschwerten die Aufstellung der Mikrofone sowohl im Nah- als auch im Fernfeld. Durch den reichlichen Betrieb war zudem der Einfluss von Fremdgeräuschen enorm groß und konnte nicht ausgeschlossen werden. Nach Absprache mit dem Lagerpersonal wurde die Probemessung im Exportbereich des Unternehmens fortgeführt, wo auf der einen Seite die Beladung und auf der anderen Seite die Entladung stattfanden (siehe Abbildung 10). Da die Entladestationen zu der Seite der großen Umschlaghalle ausgerichtet sind, war die Positionierung der Mikrofone wie oben beschrieben aufgrund des hohen Betriebs nicht möglich. Daher beschränkte sich der Bereich der Messung auf die Beladestationen des Exportbereichs.



Abbildung 10: Exportbereich von außen

Im Folgenden wird nun das eigentliche Messvorgehen detailliert beschrieben. Vor Beginn der Messung müssen die Messgeräte auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden, um eine fehlerfreie Messung zu gewährleisten. Hierbei werden die Einstellungen der Schallpegelmesser kontrolliert, die Uhrzeit mit der Uhr des Protokollierers abgeglichen und die Mikrofone kalibriert. Während der Messung sollten alle relevanten Einflussfaktoren wie Witterung, Windrichtung und Verkehr berücksichtigt werden. Das Ziel der Schallpegelmessung ist es, an jeder Mikrofonposition den A-bewerteten Schalldruckpegel der Verladevorgänge über eine gewählte Messdauer aufzunehmen. Um alle Vorgänge vollständig ohne manuelle Unterbrechung aufzunehmen, wurde eine Dauermessung durchgeführt. Hierbei wurden die Mikrofone parallel betrieben. Nach Start der Messung begab sich der jeweilige Messgehilfe auf die vorab abgesprochene Position und die Messung begann. Um später die Richtcharakteristik der Verladevorgänge zu bestimmen, wurden Schalldruckpegel von Messpositionen entlang einer vorher gewählten Kreisbahn um einen Anhänger gemessen. An jeder Messposition der Kreisbahn wurden nach Ermessen des Messgehilfen mehrere Verladevorgänge aufgenommen. Über die mitaufgezeichnete Tonaufzeichnung, Marker und Sprach- und Textnotizen lassen sich Messungen aussagekräftig dokumentieren. Ein Dauermarker wird vom Messgehilfen gesetzt, wenn ein Fremdgeräuscheignis, beispielsweise eine vorbeifahrende Zugmaschine, auftritt. Um einen Positionswechsel der variablen Messposition anzukündigen und die Abmessungen zu dokumentieren, wird zudem ein Marker und eine Sprachnotiz gesetzt. In der Umschlaghalle des Exportbereichs wurde jeder Zeitpunkt eines einzelnen Arbeitsschrittes einer Beladung protokolliert. Hierbei wurden Kürzel den Verladezonen und Flurfördergeräte zugeordnet, umso die Protokollierung zu vereinfachen.

Während der Messung wurden somit folgende Kenngrößen aufgenommen: der A-bewertete Schalldruckpegel L_{Aeq} , Der maximale Schalldruckpegel L_{AFmax} , der Taktmaximalpegel L_{AFTeq} , und die Abstände der Messpositionen. Um die Genauigkeit der Schalldruckpegelmessung bei der Beladung mit einem Flurförderzeug zu erhöhen, ist es wichtig, dass die Messungen mehrmals wiederholt wird. Durch die Wiederholungen können zufällige Messfehler reduziert werden. Des Weiteren sollten die Messungen an verschiedenen Tagen durchgeführt werden, um die Ergebnisse zu vergleichen und sicherzustellen, dass die Messung repräsentativ für die gesamte Beladungsaktivität ist. Die Ergebnisse der wiederholten Messungen sollten dann gemittelt werden, um einen Durchschnittswert zu erhalten, der repräsentativ für die Messungen ist und die Messgenauigkeit erhöht.

5.4 Messpositionen

Die Beschreibung der Messpositionen ist von entscheidender Bedeutung, um genaue und repräsentative Messergebnisse zu erzielen. Im Folgenden werden die verschiedenen Messpositionen erläutert, um einen umfassenden Überblick über die Platzierung des Messequipments und die Erfassung der Schallwerte zu geben.

Wie im vorherigen Kapitel erläutert, liegt der Fokus der Messungen auf dem Exportbereich des Unternehmens. Um den Betriebsablauf möglichst wenig zu stören, wurden geeignete Messzeiten anhand der täglichen Betriebs- und Stoßzeiten festgelegt. Um präzise Ergebnisse zu erzielen, wurde eine feste Messposition im Fernfeld auf einer Grünfläche des Betriebsgeländes gewählt (Abbildung 11). Diese Position ermöglicht eine zuverlässige Erfassung der Schallwerte, ohne den normalen Betriebsablauf zu beeinträchtigen. Des Weiteren ermöglicht die Fernfeld-Platzierung die Erfassung des Schalls in größerer Entfernung von der Schallquelle, was eine genauere und repräsentativere Messung der Schallausbreitung ermöglicht. Durch den größeren Abstand zur Schallquelle werden mögliche Störungen und Reflexionen reduziert, die in unmittelbarer Nähe auftreten könnten.



Abbildung 11: Ortsfeste Mikrofonposition

Da zur genauen Beschreibung der Richtcharakteristik eines Beladevorgangs mehrere Messpositionen erforderlich sind, wurde auf ortsfeste Messpunkte im Nahfeld verzichtet, da die Belegung der Verladestationen ständig wechselte, wodurch eine feste Positionierung der Mikrofone nicht durchführbar und praktisch war. Um dennoch Messungen

durchführen zu können, wurde ein variables Mikrofon verwendet. Das Mikrofon wurde auf einem langen Stab befestigt, um eine flexible Platzierung zu ermöglichen. In Absprache mit dem Messgehilfen wurden geeignete Messpositionen ausgewählt. Durch diese Vorgehensweise konnte eine möglichst realitätsnahe Abbildung der Schallausbreitung während der Beladevorgänge erreicht werden. Die variablen Messpositionen bieten den Vorteil, dass der Messbereich an die tatsächlichen Gegebenheiten angepasst werden kann. Je nach Belegung der Verladestationen und der spezifischen Beladesituation konnte das Mikrofon an verschiedenen Stellen platziert werden, um die Schallpegel in unterschiedlichen Richtungen und Entfernungen zur Schallquelle zu erfassen (siehe Abbildung 12).



Befestigung am langen Stab



Alternativer Aufbau vom 24.05.2023

Abbildung 12: Variabler Mikrofonaufbau

In der Regel wurden die Mikrofone auf einer einheitlichen Höhe von 3,5 m Höhe positioniert, da dies ungefähr der mittleren Höhe der Güter auf dem Anhänger entspricht. Bei der Messung am 24.05.2023 waren nur kleine Mikrofonständer zur Verfügung, die auf einer Höhe von 2,5 m gestellt worden sind. Die genauen Mikrofonpositionen sind in den Abbildungen im Anhang 2: Lagepläne dargestellt.

6 Messauswertung und Statistik

In diesem Kapitel geht es um die Vorgehensweise bei der Messauswertung und die Statistik der untersuchten Verladegeräusche. Die Messauswertung und Statistik sind ein wichtiger Schritt in der Analyse von Lärmemissionen. Die Auswertung der Messdaten ermöglicht es geeignete Emissionsansätze für die weitere Schallimmissionsprognose zu erarbeiten, um potenzielle Lärmprobleme zu erkennen und gezielte Maßnahmen zur Lärminderung zu ergreifen. In diesem Kontext werden beifolgend statistische Methoden aufgezeigt, um Aussagen über die Verteilung und Charakteristik der Lärmemissionen treffen zu können.

6.1 Verladegeräusche

Die Auswertung der Verladegeräusche ist ein wesentlicher Schritt zur Gewinnung von Kennwerten. In diesem Kontext wurden in Kapitel 2.2 die Rechengrundlagen zur Ermittlung der Verladegeräusche beschrieben. Jedoch handelt es sich bei dem Verladevorgang eines Flurfördergerätes um einen nicht stationären Ablauf, bei dem sich Ort der Quelle stetig ändert. Aus diesem Grund wird in der Auswertung der zeitbezogene Schallleistungspegel berechnet, um den Einfluss der sich ändernden Positionen zu berücksichtigen. Zudem werden die Abstände der Mikrofone auf den Mittelpunkt der Verladezone bezogen, um einen einheitlichen Bezugspunkt für die Entfernungen zu haben. Zur Überprüfung der gemessenen Werte wurde im Anschluss eine Validierungsrechnung mithilfe des Programms *SoundPlan 9.0* durchgeführt, welche in Kapitel 6.3, beschrieben wird.

Nach erfolgreicher Durchführung der Messungen erfolgt nun die Auswertung der Messdaten. Für die Übertragung der Messdaten wurde die Software *NorXfer 6.1* verwendet, die speziell für die Übertragung von Messdateien entwickelt wurde. Zur Auswertung der Daten kam die Software *NorReview 6.2* zum Einsatz. Es handelt es sich hierbei um eine Analyse- und Berichtssoftware speziell für Schallmessungen. Mit der Software können Lärm- und Vibrationsmessungen dargestellt und nachbearbeitet werden. Nach der Firma Norsonic „lassen sich die Messdaten, die nachbearbeiteten Daten sowie Wetterdaten, Audioaufzeichnungen, Sprachnotizen, Word- und Excel-Berichte sowie andere

Dateien erfassen.“ [83] Auf diese Weise wird eine umfassende und effektive Auswertung der Messdaten ermöglicht. Um den Schallleistungspegel zu bestimmen, werden die Messwerte der ortsfesten Mikrofonposition im Fernfeld verwenden. Das Fernfeld ist der Bereich, in dem der Schalldruck und die Schallschnelle phasengleich sind und sich annähernd als Kugelwelle ausbreiten. [84] In diesem Bereich ist die Messung weniger von reflektierenden Flächen oder anderen Schallquellen beeinflusst. Die Mikrofonpositionen, die sich im Nahfeld befinden befinden sich in unmittelbarer Nähe des Anhängers oder in der Nähe anderer Anhänger. Dies kann dazu führen, dass es zu Störungen oder Interferenzen auftreten, die die Messergebnisse verfälschen können. Daher werden diese Messwerte im Nahfeld nicht für die Bestimmung des Schallleistungspegels verwendet.

Jede Messung wurde nach einem einheitlichen Verfahren ausgewertet. Hierbei wurden zunächst die Messdaten mittels der Software *NorXfer 6.1* auf den Computer übertragen und in die Auswertesoftware *NorReview 6.2* eingefügt. Anschließend wurden alle Messdaten in ein $L(t) + L(f)$ -Diagramm, welches den Schalldruckpegel über der Zeit und Frequenz abbildet, dargestellt. Dabei wurden für jeden Pegelverlauf eigene Farben zugewiesen (L_{Aeq} = blau, L_{AFmax} = rot und $L_{AF(TM5)}$ = grün). Zur besseren Übersicht wurden alle Pegelgrößen bis auf den L_{Aeq} -Pegelverlauf ausgeblendet. Mittels der protokollierten Verladetätigkeiten, bei denen die durchschnittliche Einwirkzeit 5 Sekunden betrug, wurden die einzelnen Prozessschritte als Marker mit zugeordneter Farbe in das Diagramm eingefügt. Mithilfe der Funktion "Marker Berechnung" konnten anschließend der A-bewertete Schalldruckpegel L_{Aeq} , der maximale Schalldruckpegel L_{AFmax} und der Taktmaximalpegel L_{AFTeq} für die einzelnen Marker berechnet werden. Die Ergebnisse wurden in einem Excel-Sheet zur weiteren Verarbeitung transferiert. Um Einflüsse aus dem Umfeld zu berücksichtigen, sind Korrekturen an den gemessenen Schalldruckpegeln erforderlich. Zum einen wird eine Fremdgeräuschkorrektur K_1 (siehe Formel 15) nach den Verfahren der Normreihe DIN EN ISO 3746 ff [30] und eine Umgebungskorrektur K_2 im Freien (siehe Formel 16) nach den Verfahren der Normreihe DIN EN ISO 3744 ff [29] vorgenommen. Da die Messungen im Freien stattfanden, kann die Umgebungskorrektur K_2 vernachlässigt werden. Die aufgetretenen Fremdgeräusche, beispielsweise von vorbeifahrenden Zugmaschinen, wurden im Programm *NorReview 6.2* ausgeblendet. Da die protokollierten Verladetätigkeiten in einzelne 5 Sekunden lange Arbeitsschritte unterteilt waren, konnten eventuelle Fremdgeräusche gezielt in diesem Zeitraum anhand des Gehöreindrucks analysiert werden. Falls ein bestimmter Arbeitsschritt aufgrund vorherrschender

Dominanz von Fremdgeräuschen nicht eindeutig identifizierbar war, wurde er bei der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt. Nun können mithilfe der berechneten Daten die gewünschten akustischen Größen für jeden Datensatz berechnet werden (siehe Abbildung 13).

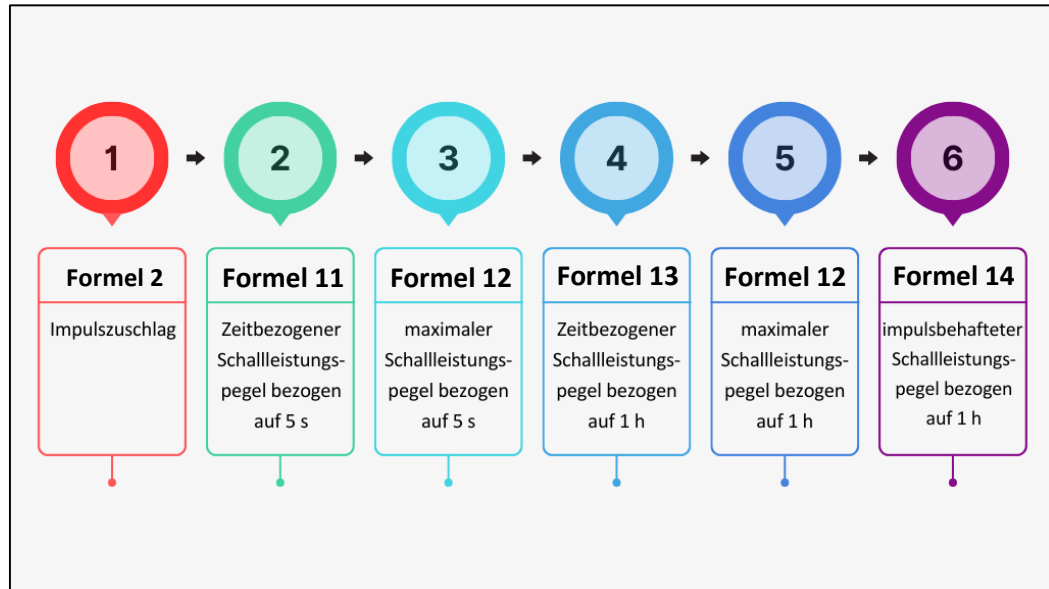


Abbildung 13: Arbeitsschritte für die Berechnung der gewünschten akustischen Kenngrößen

Die Messergebnisse, einschließlich aller relevanten Daten und Diagramme, sind im Anhang 4: Messergebnisse der Beladevorgänge übersichtlich aufgeführt. Dort ist eine umfassende Darstellung der erfassten Werte und deren grafische Visualisierung zu finden. Darüber hinaus werden in Kapitel 7, die berechneten akustischen Größen dargestellt und interpretiert. Hierbei werden relevante Aspekte beleuchtet und Handlungsempfehlungen abgeleitet, um konkrete Maßnahmen zur Reduzierung der Lärmbelastung zu entwickeln.

6.2 Statistik

Die Statistik für Messwerte dient dazu, die gesammelten Informationen systematisch zu analysieren und zu interpretieren. Durch statistische Methoden können Muster, Trends, Zusammenhänge und Unsicherheiten in den Messwerten identifiziert werden. Dies ermöglicht eine zuverlässige und fundierte Aussage über die gemessenen Verladetätigkeiten. [59] In Kapitel 2.3 wurden verschiedene statistische Analysemethoden vorgestellt, die in der Auswertung von Verladegeräuschen eingesetzt werden können.

Nach der Auswertung der Verladegeräusche, welche im vorherigen Kapitel 6.1: Verladegeräusche beschrieben werden die statistischen Kennwerte berechnet. Für jeden akustischen Kennwert wurde mithilfe des Programms *Excel* die Standardabweichung gemäß Formel 26 und der entsprechende energetische Mittelwert gemäß Formel 24 berechnet. Sobald diese Werte bekannt sind, kann zur visuellen Darstellung eine Normalverteilung Formel 27 erstellt werden. Die Standardabweichung kann in einem Intervall angegeben werden, um den Bereich zu verdeutlichen. In Abbildung 14 ist eine visuelle Darstellung des Vorgehens zur Bestimmung der akustischen Kenngrößen zu sehen.

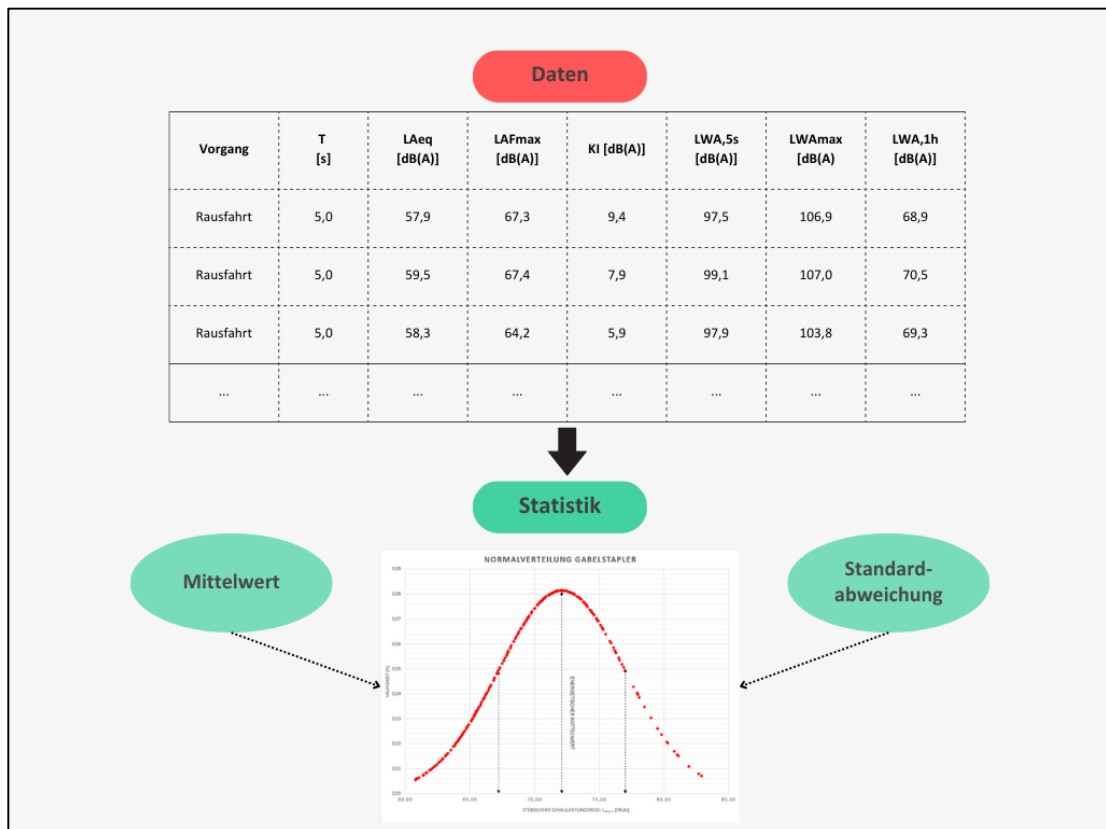


Abbildung 14: Vorgehensweise statistische Kennwerte

Die Ergebnisse, einschließlich aller relevanten Daten und Diagramme, sind Kapitel 7.2 übersichtlich aufgeführt. Dort ist eine umfassende Darstellung der erfassten Werte und deren grafische Visualisierung zu finden und interpretiert.

6.3 Modellierung der Messsituation

Um die Messung virtuell darstellen zu können, wird das gesamte Gelände virtualisiert. Um in *SoundPlan 9.0* modellieren zu können, wird zuerst ein Projekt erstellt.

Im nächsten Schritt erfolgt die Geländemodellierung, bei der die gesamte Messumgebung virtuell nachgebildet wird. Dazu wird ein Geländemodell erstellt, welche die Geländebedingungen repräsentiert. Dies kann durch Import von Höhendaten oder manuelles Erstellen eines Geländemodells erfolgen. Da bereits ein Geländemodell eines alten Projektes für die Firma bestand, wurde das vorhandene Geländemodell in das Projekt importiert.

Als nächstes erfolgt die Objekterstellung, bei der alle relevanten Objekte hinzugefügt werden, wie zum Beispiel die Anhänger, Schallquellen oder Messpunkte. Die Anhänger und die Halle wurden als Objekttyp "Gebäude" modelliert, um ihre Abschirmwirkung zu berücksichtigen. Da die Verladevorgänge nicht stationär sind, wurden sie als Flächenschallquelle modelliert, entsprechend der Höhe und Länge des jeweiligen Anhängers. Wenn der genaue Anhängertyp nicht bekannt ist, empfiehlt es sich, eine durchschnittliche Länge und Höhe zu wählen. Dadurch kann eine allgemeine Darstellung des Beladevorgangs erzielt werden. Die berechneten Kennwerte aus dem Emissionsdatenblatt wurden entsprechend eingetragen. Zusätzlich wurde bei der Modellierung der Flächenschallquelle die Option für den maximalen Pegel "Gesamte Schallleistung in einem Punkt" ausgewählt um die maximale Schallleistung an einem bestimmten Punkt zu erfassen. Um die Beladevorgänge möglichst realitätsgetreu nachzustellen, werden die Tagesabläufe in Ereignisse pro Stunde umgewandelt. Dabei wird der Tagesablauf anhand der gesamten Beladevorgänge an der jeweiligen Verladezone definiert. Der Ton- und Informationszuschlag nach der DIN 415681 [19] entfällt, da keine Einzeltöne, beziehungsweise informationshaltige Geräusche hervorkommen.

Wenn alles korrekt modelliert wurde wird im Rechenkern die Berechnungseinstellungen festgelegt und im Anschluss die Berechnung auf Grundlage der TA Lärm [6] durchgeführt. Die Bodendämpfung wurde nach dem Verfahren, welche in der DIN ISO 9613-2 [85] aufgezeigt ist, berechnet.

Das Modell berücksichtigt somit zusammengefasst:

- die Anteile aus Reflexionen der Schallquellen an Stützmauern, Fassaden oder anderen Flächen, wurde bis zur 3. Reflexion gerechnet
- Pegeländerungen aufgrund des Abstandes und der Luftabsorption
- Pegeländerungen aufgrund der Boden- und Meteorologiedämpfung: es wird für die Messumgebung ein Bodenfaktor von 0,2 (0,0 = schallhart; 1,0 = schallweich) berücksichtigt
- Pegeländerungen durch topographische und bauliche Gegebenheiten (Mehrfachreflexionen und Abschirmungen)
- einen leichten Wind, etwa 3 m/s, zum Immissionsort hin und Temperaturinversion, die beide die Schallausbreitung fördern
- Die Minderung durch die meteorologische Korrektur C_{met} wurde mit 0 dB(A) angesetzt

Die Lage der Lärmquellen und der Messpunkt sind aus dem Anhang 2: Lagepläne zu entnehmen. Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung einer begünstigten Wettersituation, der Mitwindausbreitungssituation. Bei der Berechnung eines Beurteilungspegels ist normalerweise eine meteorologische Korrektur gemäß der TA Lärm [6] erforderlich. In diesem Fall entfällt die meteorologische Korrektur, da der Abstand zwischen der Schallquelle und den Mikrofonen weniger als 200 m beträgt. Daher ist keine Anwendung der Formel 4 der DIN 9613-2 [85] für die meteorologische Korrektur erforderlich.

Nachdem das Programm die Parameter generiert hat, wie beispielsweise den Schalldruckpegel an den angegebenen Messpunkten, können diese Ergebnisse weiter analysiert werden. Die Ergebnisse und dessen Erläuterung ist in Kapitel 7.4 aufzufinden.

6.4 Richtcharakteristik

In Bezug auf die ermittelten Kennwerte der Verladeemissionen, kann nun die Richtcharakteristik der Schallquelle mithilfe des im Kapitel 2.2, beschriebene Verfahren ermittelt werden. Das Verfahren ermöglicht die Beschreibung der Schallquelle bezüglich ihrer Schallabstrahlung in verschiedene Richtungen.

Hierbei werden die Messdaten von mehreren Mikrofonpositionen, die um die Schallquelle in einer kreisförmigen Anordnung platziert sind, verwendet, um Richtwerte für verschiedene Winkel zu berechnen. Dabei werden die Messdaten von den einzelnen

Mikrofonen mit einem Referenzpunkt miteinander verknüpft (siehe Abbildung 15). Die gesammelten Messwerte werden im Anschluss analysiert, um die Richtcharakteristik zu bestimmen. Dazu werden statistische Verfahren oder mathematische Modelle verwendet, um die Beziehung zwischen den Schallpegeln und den Winkeln zu bestimmen.

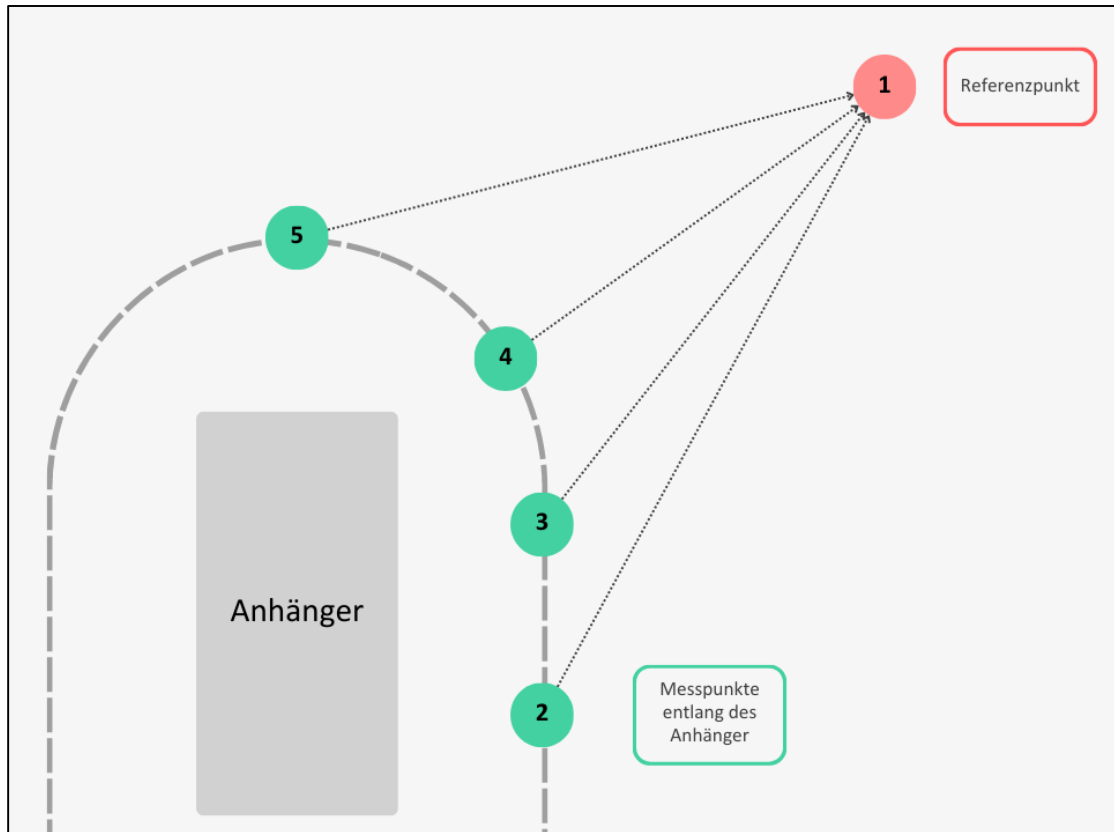


Abbildung 15: Vorgang für die Berechnung der Richtcharakteristik vom 03.05.2023

Die Messpunkte MP, werden durch die Angabe von zwei Koordinaten im kartesischen Koordinatensystem $[x; y]$ beschrieben (siehe Abbildung 16 und Abbildung 17). Von der Schallquelle Q, die sich am Mittelpunkt der kurzen Seite des Anhängers befindet, strahlt ein Schallvektor mit einem Abstand r zum Messpunkt und einem Winkel φ aus, wobei der Winkel φ im Bereich von 0° bis 360° liegt mit $0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$.

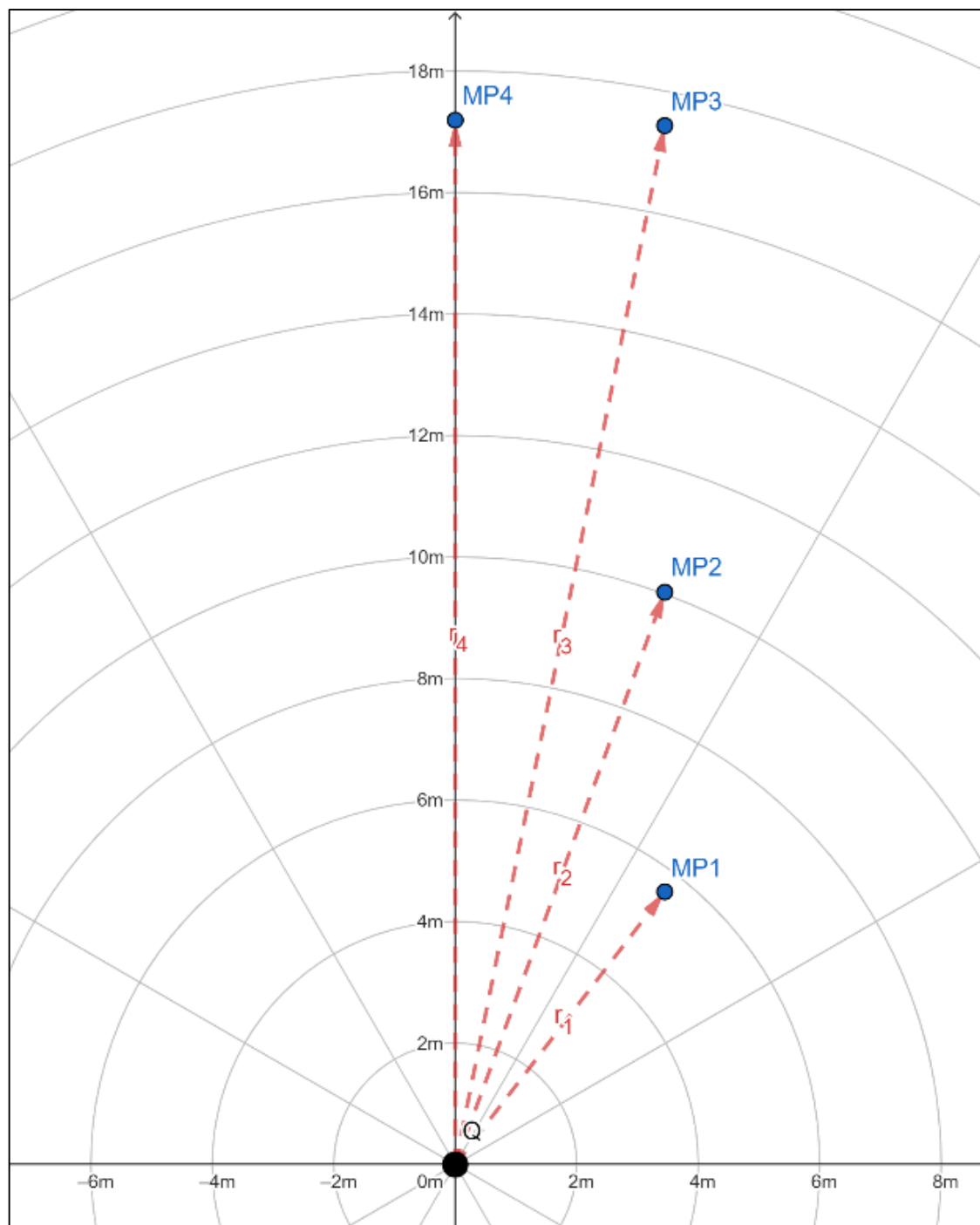


Abbildung 16: Messpunkte im Polarkoordinatensystem vom 03.05.2023

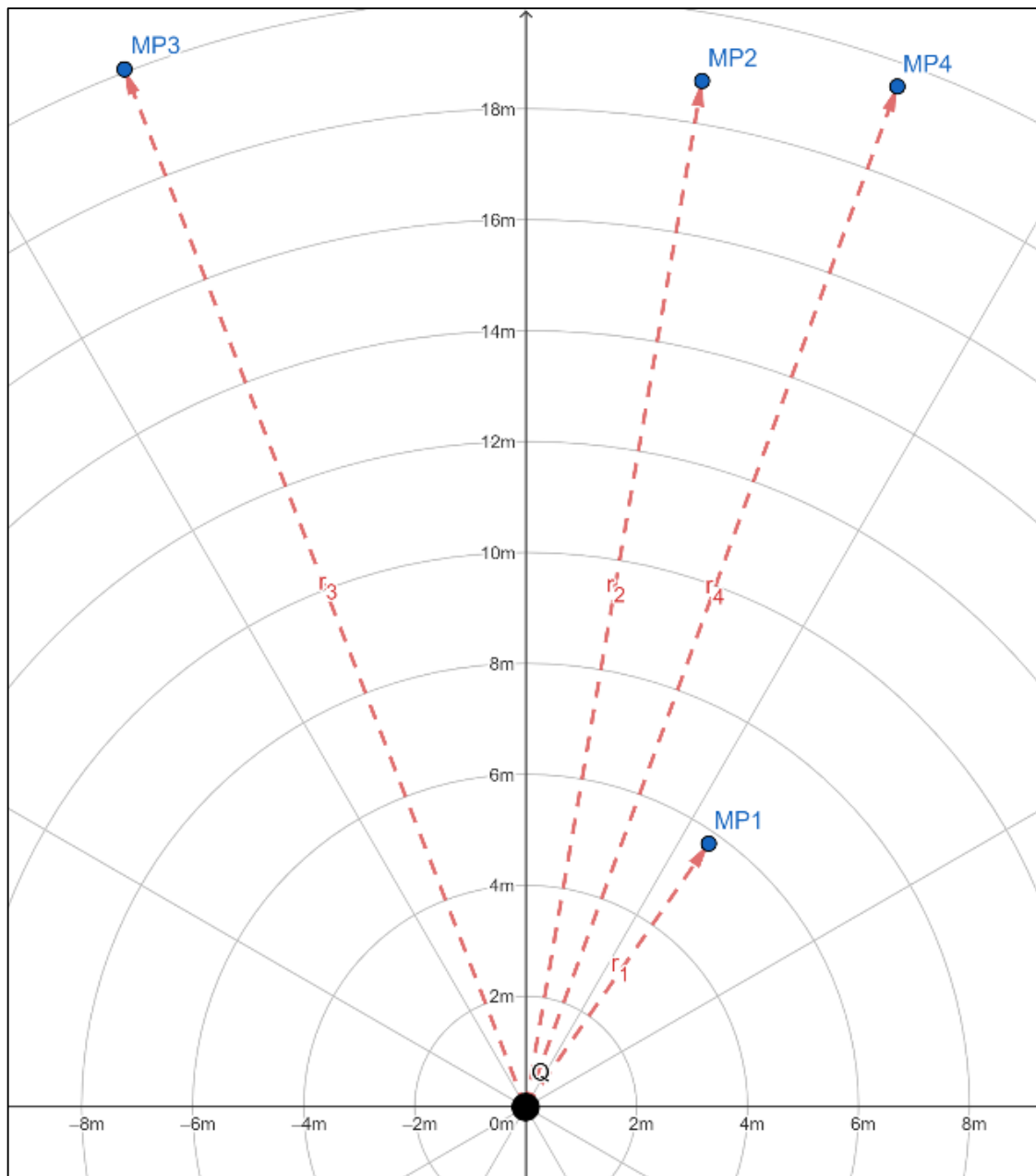


Abbildung 17: Messpunkte im Polarkoordinatensystem vom 27.04.2023

Mithilfe des Programms *SoundPlan 9.0* erstellten virtualisierten Messumgebung die in Kapitel 6.3 beschrieben ist, wurden die Koordinaten der Messpunkte ausgemessen und anschließend der Azimutwinkel φ berechnet. Im Anschluss wurde das Richtmaß D_i nach Formel 21 für jeden Messwert des jeweiligen Messpunktes mit dem dazugehörigen Wert des Referenzpunktes ausgerechnet. Um ein Polardiagramm zu erstellen wurde im Programm *Excel* ein Netzdiagramm erstellt.

Die Ergebnisse, einschließlich aller relevanten Daten, sind im Anhang 4: Messergebnisse der Beladevorgänge dargestellt. Dort ist eine umfassende Darstellung der erfassten Werte und deren grafische Visualisierung zu finden. Darüber hinaus werden, die Ergebnisse der Richtcharakteristik dargestellt und interpretiert.

6.5 Validierung

Zur Validierung der berechneten akustischen Kenngrößen wird eine Simulation der Messung mithilfe der Software *SoundPlan 9.0* auf Grundlage der TA Lärm [6] durchgeführt. Diese Simulation ermöglicht es, die Messsituation nachzustellen und die erwarteten Ergebnisse mit den messtechnisch ermittelten Ergebnissen zu vergleichen. Durch den Vergleich der simulierten Messergebnisse mit den tatsächlichen Messungen kann die Genauigkeit der berechneten Kenngrößen überprüft werden.

Hierbei werden die generierten Beurteilungspegel mit dem gemessenen Beurteilungspegel verglichen. Die Beurteilungspegel werden nach Formel 1 nach der DIN 45645-1 [16] berechnet. Im Rahmen der digitalisierten Messumgebung, die in 6.3 beschrieben ist und mit Hilfe des Programms *SoundPlan 9.0* erstellt wurde, wurden die Messsituationen virtuell nachgestellt und Flächenschallquellen entsprechend den Verladezonen platziert. Um den jeweiligen Messtag präzise zu simulieren, wurden die Anzahl der Einzelereignisse pro Stunde an den Verladezonen berechnet, an denen Verladungen stattfanden. Dabei wurden die spezifischen Emissionsdaten für die einzelnen Anhänger verwendet, um genauere Ergebnisse zu erzielen. Im Anschluss werden die Unterschiede analysiert und mögliche Abweichungen interpretiert, die auf unterschiedliche Berechnungsmethoden, Annahmen oder Randbedingungen zurückzuführen sein könnten. Es erfolgt eine Überprüfung der Plausibilität der Ergebnisse, und gegebenenfalls werden Rückschlüsse auf die Genauigkeit der Messung und Berechnung gezogen. Dies ermöglicht eine umfassende Bewertung der Übereinstimmung zwischen den berechneten und gemessenen Werten und liefert wertvolle Erkenntnisse zur Validierung der Berechnungsergebnisse.

Die Ergebnisse, einschließlich aller relevanten Daten, sind im Anhang 5: Rechenmodell SoundPlan 9.0 – Gabelhubwagen 27.04.23 und Anhang 6: Rechenmodell SoundPlan 9.0 – Gabelstapler 03.05.2023 übersichtlich aufgeführt. Die simulierten Ergebnisse werden nun im Anschluss mit den berechneten Ergebnissen aus der Messung verglichen. Die Vergleichsergebnisse sind in 7.4 dargestellt und erläutert.

7 Ergebnisse und Interpretation

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Auswertung und Validierung der Verladegeräusche präsentiert und interpretiert. Die vorgestellten Ergebnisse dienen als Grundlage für eine Schallimmissionsprognose und dient zur Entwicklung geeigneter Lösungsansätze und Maßnahmen, um den Lärmpegel effektiv in Speditionen zu verringern. Die Auswertung ist ein wesentlicher Schritt zur Gewinnung von Kennwerten. In diesem Kontext wurden in Kapitel 7, die Vorgehensweise zur Auswertung beschrieben.

7.1 Verladegeräusche

Nachdem die Auswertung der Verladegeräusche abgeschlossen ist, können nun die Ergebnisse dargestellt und interpretiert werden. Dabei werden die gemessenen Schallpegel und andere relevante Kenngrößen der Verladegeräusche zusammenfassend dargestellt. Die detaillierten Ergebnisse, einschließlich aller relevanten Daten, sind im Anhang 4: Messergebnisse der Beladevorgänge übersichtlich aufgeführt.

Da die Verladevorgänge nicht stationär sind, wurden sie als Flächenschallquelle modelliert, entsprechend der Höhe und Länge des jeweiligen Anhängers. Wenn der genaue Anhängertyp nicht bekannt ist, empfiehlt es sich, eine durchschnittliche Länge und Höhe zu wählen. Die Ergebnisse des allgemeinen Beladevorgangs für die verschiedenen Flurfördergeräte sind in Tabelle 11 dargestellt. Analog können die Kennwerte eines Beladevorgangs für einen Entladevorgang verwendet werden.

Flurfördergerät	Anzahl Einzelereignisse [-]	Max-Pegel LAFmax [dB(A)]	Schallleistungspegel				
			LWA,5s [dB(A)]	LWAmox [dB(A)]	LWA,1h [dB(A)]	KI [dB(A)]	LWAT,1h [dB(A)]
Gabelstapler	297	69,3	100,7	108,8	72,1	5,7	77,8
STABW [dB]		6,5	4,9	6,5	4,9	2,9	-
Gabelhubwagen	99	68,6	100,7	108,1	72,1	6,2	79,5
STABW [dB]		6,4	5,1	6,4	5,1	2,7	-

Tabelle 11: Emissionsansätze für die verschiedenen Flurfördergeräte

Mit: L_{AFmax} : Maximal-Pegel [dB(A)], $L_{WA,5s}$: Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)],

L_{WAmox} : maximale Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)], $L_{WA,1h}$: stündliche Schallleistungspegel [dB(A)], K_I : Impulszuschlag [dB(A)], $L_{WAT,1h}$: impulsbehaftete stündliche Schallleistungspegel [dB(A)], STABW: Standardabweichung [dB]

Das Ziel war es, einen Kennwert des Schallleistungspegels zu ermitteln, der die Lärmbelastung der Flurfördergeräte repräsentiert, welche für eine Schallimmissionsprognose verwendet werden kann. Durch das Zusammenführen der Messergebnisse konnte ein durchschnittlicher Kennwert für die Emissionen der Flurfördergeräte ermittelt werden, wenn der genaue Anhängertyp nicht bekannt ist. Es ist anzumerken, dass möglicherweise nicht alle spezifischen Unterschiede zwischen den Flurfördergeräten erfasst werden können. Die Verwendung dieser Kennwerte ermöglicht eine vereinfachte Bewertung und Vergleichbarkeit der Lärmbelastung verschiedener Flurfördergeräte. Auf diese Weise können zudem Maßnahmen zur Lärminderung gezielt entwickelt und umgesetzt werden, um die Gesamtemissionen zu reduzieren. Es sollte bei Bedarf noch zusätzliche spezifische Untersuchungen und Messungen für bestimmte Situationen der Flurfördergeräte durchgeführt werden, um eine detailliertere und präzisere Bewertung vorzunehmen. Nachdem nun die Ergebnisse der Verladegeräusche vorliegen, gilt es, diese zu interpretieren und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen.

Im Allgemeinen lässt sich aus den Ergebnissen schließen, dass die Verladung mit einem Gabelhubwagen lauter vonstattet, als mit einem Gabelstapler. Dies deutet darauf hin, dass der Gabelhubwagen eine etwas höhere Geräuschentwicklung aufweist und somit eine höhere Lärmbelastung verursacht. Die Kennwerte des Schallleistungspegels der Flurfördergeräte sind identisch, dennoch zeigt sich ein Unterschied in der Impulshaftigkeit der Geräuschentwicklung. Es unterscheidet sich im impulsbehafteten Schallleistungspegel, der beim Gabelhubwagen um 1,7 dB(A) höher ist als bei einem Gabelstapler. Dies bedeutet, dass es zu kurzzeitigen hohen Schallsignalen kommt und somit den impulsbehafteten Schallleistungspegel erhöhen. Dies hat möglicherweise die Begründung, dass der Gabelhubwagen durch bestimmte Vorgänge, wie beispielsweise das Überfahren der Überladebrücke in den Anhänger, impulsbehaftete Schallereignisse hervorruft. Durch subjektives Empfinden konnte festgestellt werden, dass die längeren Gabeln des Gabelhubwagens möglicherweise kurzzeitige hohe Schallsignale verursachen im Vergleich zu den Gabeln des Gabelstaplers. Darüber hinaus weisen die Räder des Gabelhubwagens eine deutlich härtere und kleinere Beschaffenheit auf im Vergleich zu den Reifen des Gabelstaplers. Aufgrund der härteren Reifen werden die Schallsignale nicht so gut gedämpft wie bei den weicheren Reifen, was zu einer verstärkten Schallabstrahlung führen kann. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Pegelunterschied jedoch nicht signifikant ist, was darauf schließen lässt, dass die beiden Beladevorgänge der Flurfördergeräte ähnlich sind.

Vergleicht man nun die Ergebnisse mit den in Kapitel 3 beschriebenen stündlichen Schallleistungspegel $L_{WA,1h}$, lässt sich erkennen, dass die in der Studie gemessenen Beladevorgänge mit einem Handhubwagen mit (75 – 80 dB(A) laut Martin Heroldt [65] und mit 94 – 99 dB(A) laut Bianca Berghofer [67]), nicht gänzlich in derselben Größenordnung liegen, aber möglicherweise nach Umrechnung auf eine Einwirkzeit von einer Stunde ähnliche Schallleistungen aufweisen. Dennoch ist zu beachten, dass die vorliegenden Messungen andere Grundlagenvoraussetzungen haben als die in dieser Thesis. In der Untersuchung der Hlug [8] wurde auch ein Kleinstapler, oder auch Gabelstapler genannt, untersucht, der einen stündlichen Schallleistungspegel $L_{WA,1h}$ von 70 dB(A) aufweist, was im Vergleich zu den hier ermittelten Werten von 72,1 dB(A) leiser ist. Die Ergebnisse des impulsbehafteten stündlichen Schalleistungspegels für den Gabelstapler von 77,8 dB(A) und des Gabelhubwagens von 79,5 dB(A) können zudem mit den aktuellen Untersuchungsergebnissen des TÜV Nord verglichen werden. Gemäß den vorliegenden Daten zeigt sich, dass die impulsbehafteten Schallleistungspegel für verschiedene Be- und Entladungsvorgänge variieren, aber dennoch in der gleichen Größenordnung liegen.

Aus dem Vergleich mit den anderen Studien lässt sich schließen, dass die ermittelten Größen realistisch sind. Die ähnlichen Größenordnungen der Schallleistungspegel bei den verschiedenen Flurfördergeräten weisen darauf hin, dass die Messungen und Auswertungen in dieser Untersuchung zuverlässige Ergebnisse liefern. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die vorliegenden Messungen unter möglicherweise unterschiedlichen Bedingungen und Voraussetzungen durchgeführt wurden, was zu gewissen Abweichungen führen kann.

Im nächsten Schritt erfolgte eine genauere Untersuchung der verschiedenen Anhänger-typen. Die Ergebnisse des Beladevorgangs für die verschiedenen Flurfördergeräte in Ab-hängigkeit des Anhängertyp wurden ausgewertet und sind in Tabelle 12 dargestellt.

Flurfördergerät	Anhänger-Typ	Anzahl Einzelereignisse [-]	Max-Pegel LAFmax [dB(A)]	Schallleistungspegel				
				LWA,5s [dB(A)]	LWAmix [dB(A)]	LWA,1h [dB(A)]	KI [dB(A)]	LWAT,1h [dB(A)]
Gabelstapler	Tautliner STABW [dB]	36	73,1 7,1	103,1 4,8	112,5 7,1	74,6 4,8	6,9 2,9	81,5 -
	Koffer STABW [dB]	256	68,3 6,1	100,1 4,8	107,9 6,1	71,6 4,8	5,4 2,8	77,0 -
	Wechselbrücke STABW [dB]	5	71,6 4,9	102,0 4	111,0 4,9	73,4 4	8,1 1,6	81,5 -
Gabelhubwagen	Koffer STABW [dB]	73	69,4 6	101,5 4,9	108,9 6	72,9 4,9	6,7 2,7	79,6 -
	Wechselbrücke STABW [dB]	26	64,4 5,6	97,2 4,3	103,8 5,6	68,6 4,3	5,0 2,1	73,6 -

Tabelle 12: Vergleich verschiedene Flurfördergeräte mit unterschiedlichen Anhängertypen

Mit: L_{AFmax} : Maximal-Pegel [dB(A)], $L_{WA,5s}$: Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)],

L_{WAmix} : maximale Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)], $L_{WA,1h}$: stündliche Schall-

leistungspegel [dB(A)], K_I : Impulszuschlag [dB(A)], $L_{WAT,1h}$: maximale stündliche Schallleistungspegel

[dB(A)], STABW: Standardabweichung [dB]

Angesichts der unterschiedlichen Anzahl von Messwerten, beziehungsweise der Einzelereignisse, für die verschiedenen Anhängertypen ist es erforderlich, die Ergebnisse für den Fall „Wechselbrücke“, ist mit Bedacht zu interpretieren, da der Fall eine geringe Anzahl an Einzelereignissen aufweist. Eine direkte Vergleichbarkeit ist aufgrund der ungleichen Gewichtung der Messdaten deswegen nicht gänzlich gegeben. Dennoch liefern die Ergebnisse einen Einblick in die Verladegeräusche in unterschiedliche Anhängertypen und können als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen dienen. Nachdem nun die Ergebnisse der Verladegeräusche für die verschiedenen Anhängertypen vorliegen, gilt es, diese zu interpretieren und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen.

Im Allgemeinen lässt sich aus den Ergebnissen schließen, dass die Verladung in einen Tautliner im Vergleich zu einem Kofferaufbau oder einer Wechselbrücke am lautesten ist. Dies deutet darauf hin, dass die Beladung in einem Tautliner eine höhere Geräuschentwicklung aufweist und somit eine höhere Lärmbelastung verursacht. Im Gegensatz dazu sind die Kofferaufbauten und Wechselbrücken deutlich leiser. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Ladeboardwände die entstehenden Schallwellen besser dämpfen und aufgrund ihres steiferen Materials, den Schall als Körperschall besser ableiten können, wodurch die Schallausbreitung reduziert wird und somit die gesamte Lärmemission verringert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Schallleistungspegel je nach Flurfördergerät und Anhänger-Typ variieren. Allerdings zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Beladevorgängen der Flurfördergeräte, was auf eine gewisse Ähnlichkeit hinweist. Die maximalen Pegel liegen in einem ähnlichen Bereich, wobei der höchste Wert bei 112,5 dB(A) für den Gabelstapler mit Tautliner-Anhänger und der niedrigste Wert bei 103,8 dB(A) für den Gabelhubwagen mit Wechselbrücken-Anhänger liegt. Es ist anzumerken, dass ein Vorgang betrachtet, der aus drei einzelnen Prozessschritten besteht. Da diese einzelnen Schritte unterschiedlich laut sein können, erklärt dies die Variation und Standardabweichung der Ergebnisse.

7.2 Statistik

Nachdem die Auswertung der Verladegeräusche abgeschlossen ist, können nun die gesammelten Informationen systematisch zu analysieren und interpretiert werden. Dabei werden die statistischen Kenngrößen zusammenfassend dargestellt. In der oben aufgezeigten Tabelle 11, wurden bereits die Standardabweichung mitaufgeführt. Die Standardabweichung gibt wie in Kapitel 2.3 beschrieben an, wie stark die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert der akustischen Kenngröße ist.

Eine große Standardabweichung deutet auf eine größere Streuung um den Mittelwert hin. Folglich deutet eine kleine Standardabweichung eine geringe Streuung um den Mittelwert hin. Die durchschnittliche Standardabweichung der akustischen Kenngrößen liegt bei 5,1 dB, sprich die Messwerte variieren im Durchschnitt um etwa 5,1 dB um den Mittelwert herum. Die Standardabweichung ist bezogen auf eine Freifeldmessung akzeptabel, da die Messung in einer offenen Umgebung stattfand, in der starke Reflektionen, Schallabsorption, Wind, Umgebungsgeräusche oder andere Störeinflüsse auftreten können. Zudem wird ein Vorgang betrachtet, der aus drei einzelnen Prozessschritten besteht. Da diese einzelnen Schritte unterschiedlich laut sein können, erklärt dies die Variation und Standardabweichung der Ergebnisse. Zudem könnte die Beladung der Ladeeinheiten und der Füllungsgrad des Anhängers zu größeren Abweichungen führen. Basierend auf der Standardabweichung können die Ergebnisse in einem Diagramm visualisiert werden. Des Weiteren wurden bei der Messung die Anhänger immer von unter-

schiedlichen Personen beladen, welches ebenfalls zu Messungenauigkeiten und Unsicherheiten führt, da jedes Lagerpersonal seine eigene Vorgehensweise und Technik hat, was zu Variationen in der Lärmemission führen kann.

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Normalverteilung der Beladevorgänge in den verschiedenen Anhängertypen. Um die Übereinstimmung der Verteilung mit der Gaußschen Glockenkurve zu überprüfen, wurde ein Fitting durchgeführt. Durch das Fitting der Gaußschen Glockenkurve wird untersucht, wie gut die gemessenen Daten mit einer Normalverteilung übereinstimmen. Dabei wird die Glockenkurve an die Daten angepasst, um zu sehen, ob sie eine gute Näherung für die Verteilung der Daten darstellt. Eine gute Übereinstimmung zwischen den Daten und der Gaußschen Glockenkurve deutet darauf hin, dass die Daten eine Normalverteilung aufweisen. Dies ist ein wichtiges Ergebnis, da die Normalverteilung in vielen statistischen Analysen und Modellierungen verwendet wird.

In Diagramm 1 ist die Normalverteilung des stündlichen Schallleistungspegel der Gabelstapler Beladung in einen Koffer-Anhänger dargestellt.

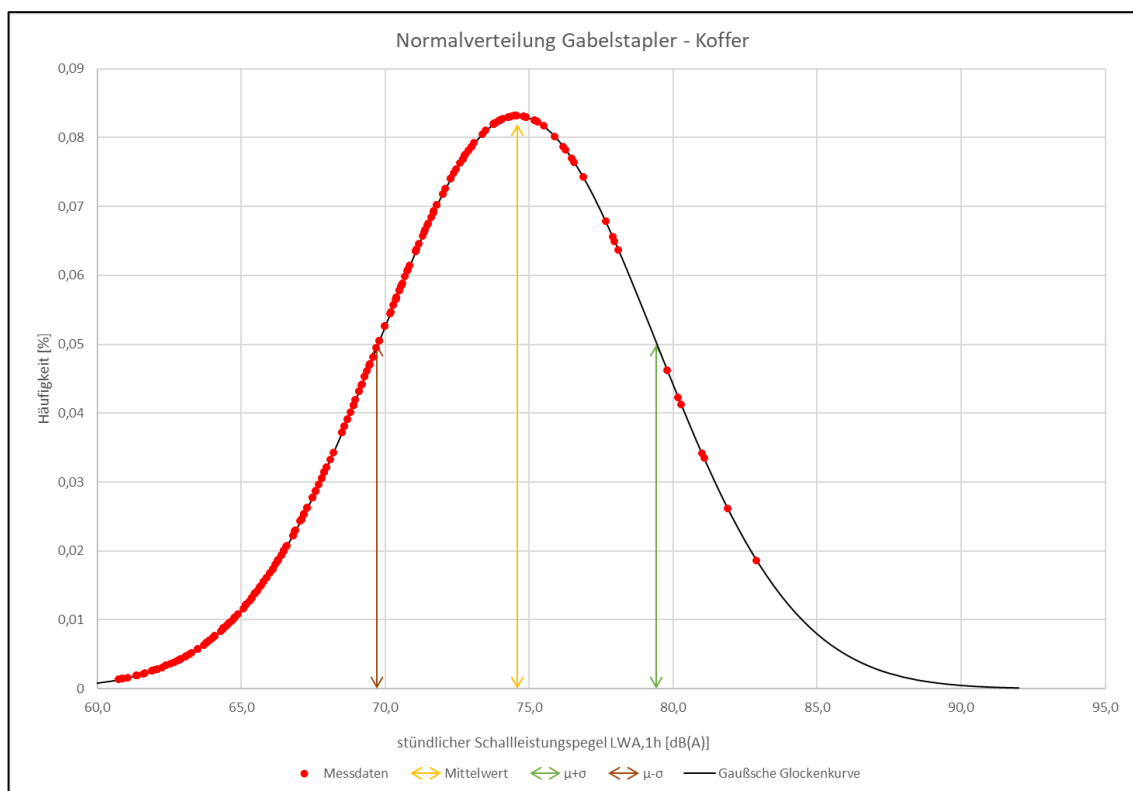


Diagramm 1: Normalverteilung Gabelstapler – Koffer Anhänger Beladung

Mit: μ : Erfahrungswert, σ : Standardabweichung

Der höchste Punkt der Normalverteilung repräsentiert den energetischen Mittelwert des stündlichen Schallleistungspegels von 74,6 dB(A). Die Standardabweichung s von 4,8 dB gibt an, wie weit die einzelnen Messwerte um den Mittelwert herumliegen. Ungefähr 68,3% aller Messwerte liegen innerhalb einer Spanne von einer Standardabweichung um den Mittelwert herum. In diesem Fall befinden sich die Messwerte im Bereich von 69,7 bis 79,4 dB(A), welches einen großen Bereich abdeckt. Die Messpunkte, die niedriger als der Mittelwert liegen, sind dichter auf der Gaußschen Glockenkurve verteilt als diejenigen, die größer als der Mittelwert sind. Dies bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, einen Messpunkt zu finden, der niedriger als der Mittelwert ist, höher ist als die Wahrscheinlichkeit, einen Messpunkt zu finden, der größer als der Mittelwert ist. Die Messdaten haben eine sehr gute Übereinstimmung mit der normalen Verteilung. Dies bedeutet, dass die Beladevorgänge einem bestimmten Muster folgen und keine signifikanten Ausreißer oder Abweichungen auftreten. Folglich sind die Messungen konsistent und zuverlässig.

In Diagramm 2 ist die Normalverteilung des stündlichen Schallleistungspegel eines Gabelstapler Beladevorgang in einer Wechselbrücke dargestellt.

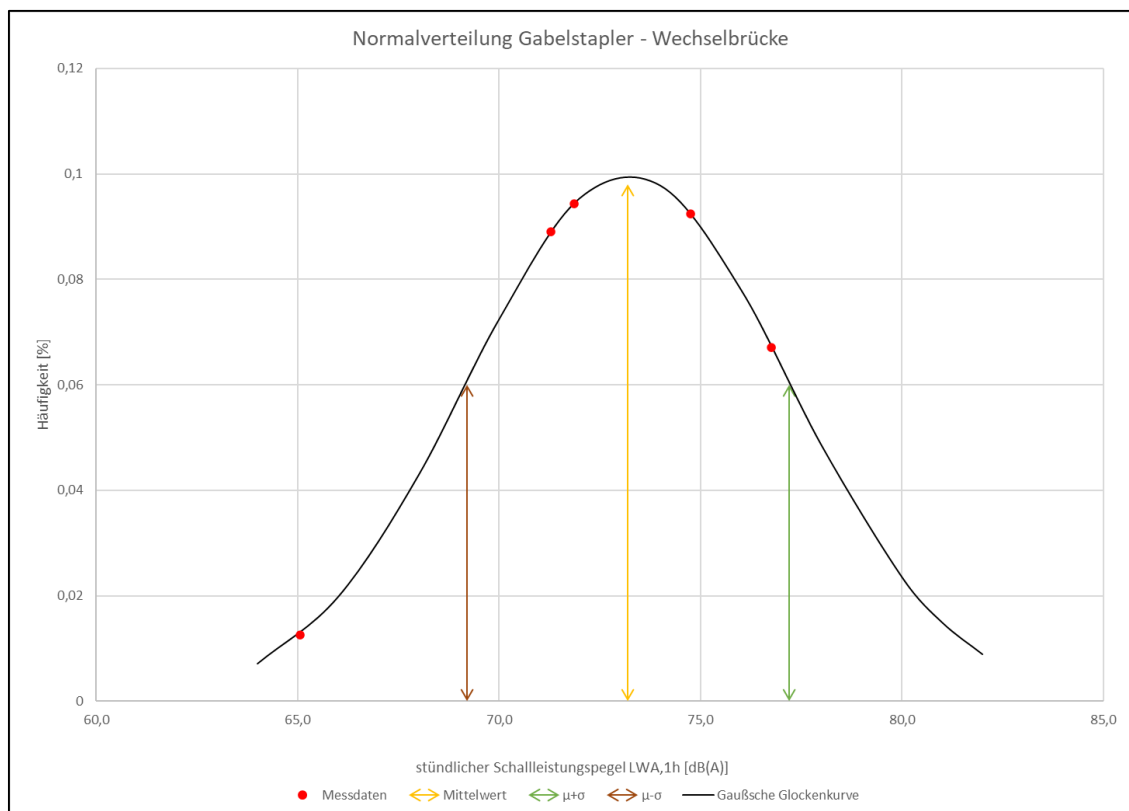


Diagramm 2: Normalverteilung Gabelstapler – Wechselbrücke Beladung

Mit: μ : Erfahrungswert, σ : Standardabweichung

Die Ergebnisse für den Fall „Wechselbrücke“, sind mit Bedacht zu interpretieren, da diese eine geringe Anzahl an Einzelereignissen aufweist. Der höchste Punkt der Normalverteilung repräsentiert den energetischen Mittelwert des stündlichen Schallleistungspegels von 73,2 dB(A). Die Standardabweichung s von 4,0 dB gibt an, wie weit die einzelnen Messwerte um den Mittelwert herumliegen. Ungefähr 68,3% aller Messwerte liegen innerhalb einer Spanne von 69,2 bis 77,2 dB(A), welches einen großen Bereich abdeckt. Die Messdaten haben eine sehr gute Übereinstimmung mit der normalen Verteilung. Dies bedeutet, dass die Beladevorgänge einem bestimmten Muster folgen und keine signifikanten Ausreißer oder Abweichungen auftreten. Folglich sind die Messungen konsistent und zuverlässig.

In Diagramm 3 ist die Normalverteilung des stündlichen Schallleistungspegel eines Gabelstapler Beladevorgang in einem Tautliner dargestellt.

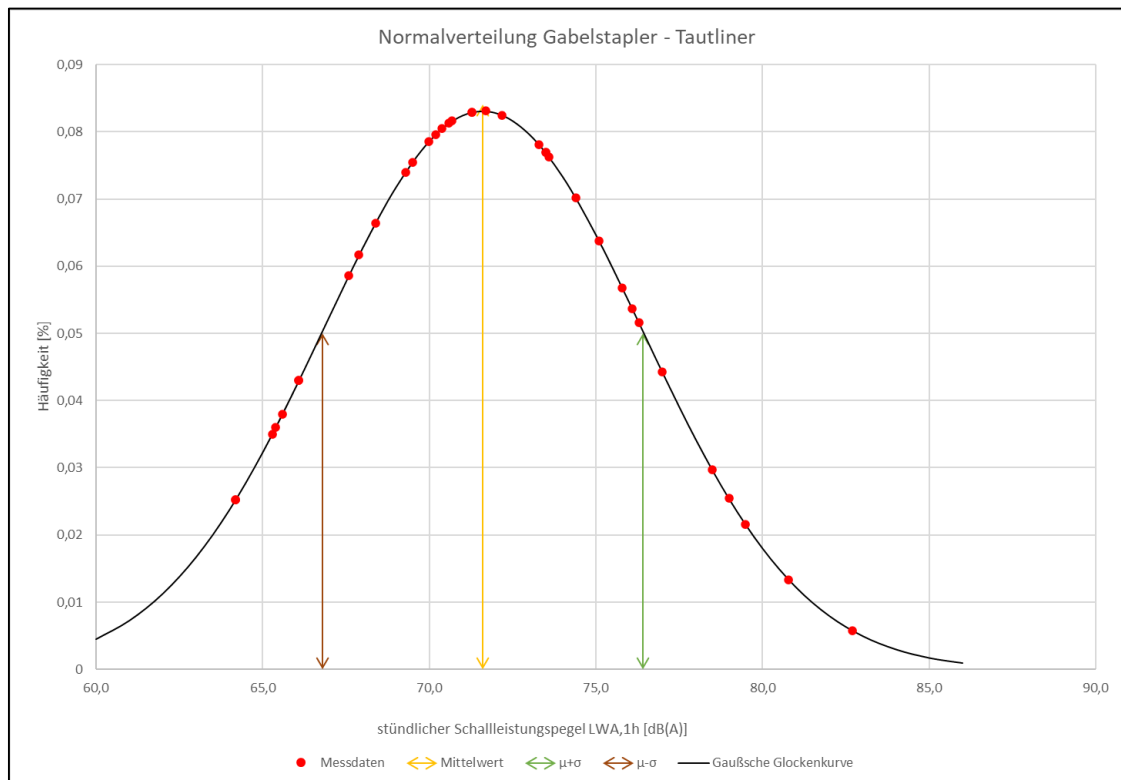


Diagramm 3: Normalverteilung Gabelstapler – Tautliner Beladung

Mit: μ : Erfahrungswert, σ : Standardabweichung

Der höchste Punkt der Normalverteilung repräsentiert den energetischen Mittelwert des stündlichen Schallleistungspegels von 71,6 dB(A). Die Standardabweichung s von 4,8

dB gibt an, wie weit die einzelnen Messwerte um den Mittelwert herumliegen. Ungefähr 68,3% aller Messwerte liegen innerhalb einer Spanne von 66,8 bis 76,4 dB(A), welches einen großen Bereich abdeckt. Die Messpunkte niedriger und höher als der Mittelwert sind hier gleichmäßig auf der Gaußschen Glockenkurve verteilt. Die Messdaten haben eine sehr gute Übereinstimmung mit der normalen Verteilung. Dies bedeutet, dass die Beladevorgänge einem bestimmten Muster folgen und keine signifikanten Ausreißer oder Abweichungen auftreten. Folglich sind die Messungen konsistent und zuverlässig.

In Diagramm 4 ist die Normalverteilung des stündlichen Schallleistungspegel eines Gabelhubwagen Beladevorgang in einem Koffer-Anhänger dargestellt.

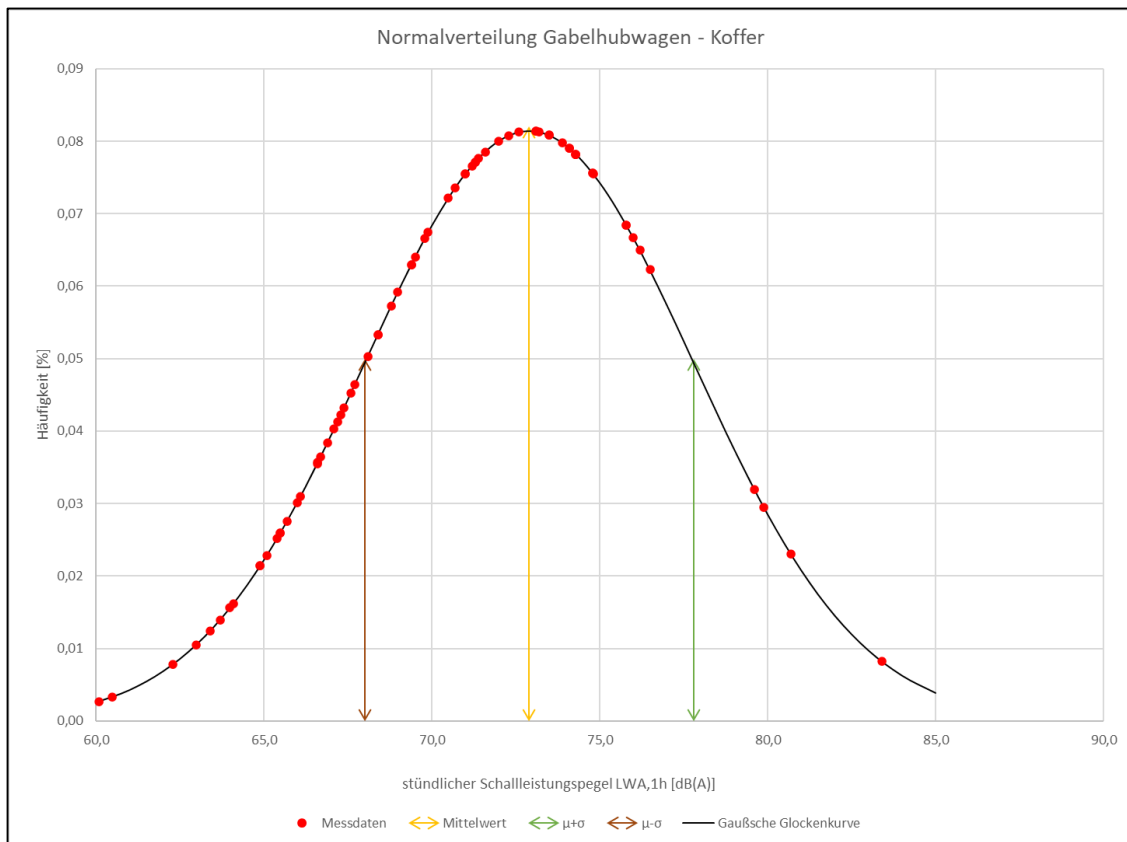


Diagramm 4: Normalverteilung Gabelhubwagen – Koffer Beladung

Mit: μ : Erfahrungswert, σ : Standardabweichung

Der höchste Punkt der Normalverteilung repräsentiert den energetischen Mittelwert des stündlichen Schallleistungspegels von 72,9 dB(A). Die Standardabweichung s von 4,9 dB gibt an, wie weit die einzelnen Messwerte um den Mittelwert herumliegen. Ungefähr 68,3% aller Messwerte liegen innerhalb einer Spanne von 68,0 bis 77,8 dB(A), welches einen großen Bereich abdeckt. Die Messpunkte, die niedriger als der Mittelwert liegen,

sind auch hier dichter auf der Gaußschen Glockenkurve verteilt als diejenigen, die größer als der Mittelwert sind. Die Messdaten haben eine sehr gute Übereinstimmung mit der normalen Verteilung. Dies bedeutet, dass die Beladevorgänge einem bestimmten Muster folgen und keine signifikanten Ausreißer oder Abweichungen auftreten. Folglich sind die Messungen konsistent und zuverlässig.

In Diagramm 5 ist die Normalverteilung des stündlichen Schallleistungspegel eines Gabelhubwagen Beladevorgang in einer Wechselbrücke dargestellt.

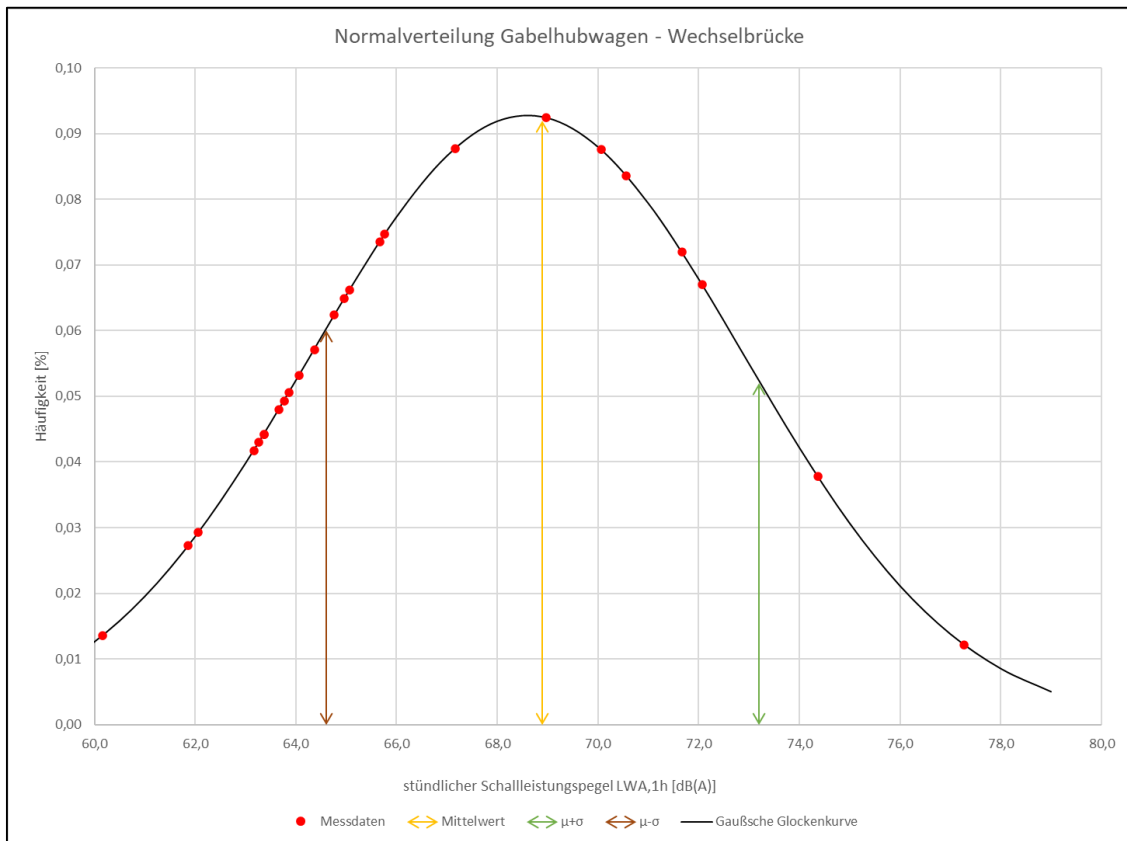


Diagramm 5: Normalverteilung Gabelhubwagen – Wechselbrücke Beladung

Mit: μ : Erfahrungswert, σ : Standardabweichung

Der höchste Punkt der Normalverteilung repräsentiert den energetischen Mittelwert des stündlichen Schallleistungspegels von 68,9 dB(A). Die Standardabweichung s von 4,3 dB gibt an, wie weit die einzelnen Messwerte um den Mittelwert herumliegen. Ungefähr 68,3% aller Messwerte liegen innerhalb einer Spanne von 64,6 bis 73,2 dB(A), welches einen großen Bereich abdeckt. Die Messpunkte, die niedriger als der Mittelwert liegen, sind auch hier dichter auf der Gaußschen Glockenkurve verteilt als diejenigen, die größer als der Mittelwert sind. Die Messdaten haben eine sehr gute Übereinstimmung mit der

normalen Verteilung. Dies bedeutet, dass die Beladevorgänge einem bestimmten Muster folgen und keine signifikanten Ausreißer oder Abweichungen auftreten. Folglich sind die Messungen konsistent und zuverlässig.

Das Ergebnis der Auswertung der Normalverteilungen der einzelnen Beladevorgänge für die unterschiedlichen Anhänger zeigt, dass alle Messdaten eine sehr gute Übereinstimmung mit der normalen Verteilung aufweisen. Die Mehrzahl der Messpunkte, die niedriger als der Mittelwert liegen, sind meistens dichter auf der Gaußschen Glockenkurve verteilt als diejenigen, die größer als der Mittelwert sind. Die stündlichen Schallleistungspegel der Beladevorgänge folgen somit einem Muster, dass gut durch die Gaußsche Glockenkurve beschrieben werden kann. Dies bedeutet, dass eine symmetrische Verteilung der stündlichen Schallleistungspegel um den energetischen Mittelwert vorliegt. Es zeigt sich, dass die meisten Messwerte nahe dem Mittelwert liegen und die Anzahl der Messwerte abnimmt, je weiter sie sich vom Mittelwert entfernen. Dies entspricht der charakteristischen Glockenform der Normalverteilung. Die Messdaten weisen eine Durchschnittlichkeit auf, wobei keine Ausreißer auftreten.

7.3 Richtcharakteristik

Nachdem die Auswertung der Richtcharakteristik abgeschlossen ist, können nun die Ergebnisse dargestellt und interpretiert werden (siehe Tabelle 13). Das Polardiagramm zeigt die Intensität des Schalls in Abhängigkeit vom Azimutwinkel. Es wurde bewusst nur eine Messreihe des Gabelstaplers und des Gabelhubwagens als isolierte Schallquelle betrachtet, um potenzielle Störquellen wie Reflexionen von ungünstig platzierten Anhängern, wie an den anderen Untersuchungstagen, auszuschließen. Dadurch konnte eine präzisere Untersuchung der Richtcharakteristik des Gabelstaplers und des Gabelhubwagens erfolgen. Die Wahl eines bestimmten Untersuchungstags garantierte zudem weitgehend konstante meteorologische und Umgebungsbedingungen, was zu einheitlicheren Bedingungen für die Analyse der Richtcharakteristik führte und somit eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglichte. Darüber hinaus wurde durch die Begrenzung auf zwei Schallquellen mit jeweils einer Messreihe die Komplexität der Auswertung deutlich reduziert, was den Prozess insgesamt vereinfachte.

Messpunkt	ϕ [°]	DI [dB(A)]
MP1	52,5	5,5
MP2	69,9	4,6
MP3	78,6	6,5
MP4	90,0	5,2

Gabelstapler Beladevorgangs

Messpunkt	ϕ [°]	DI [dB(A)]
MP1	55,2	8,0
MP2	9,8	3,3
MP3	158,9	4,0
MP4	70,0	4,5

Gabelhubwagen Beladevorgang

Tabelle 13: Ergebnisse des Richtmaßes mit dazugehörigen Azimuthwinkel für jeden Messpunkt

In Diagramm 6 und Diagramm 7 ist die Richtcharakteristik des Gabelstaplers und des Gabelhubwagens grafisch dargestellt. Dabei wird die Richtcharakteristik in einem Polarkoordinationssystem veranschaulicht.

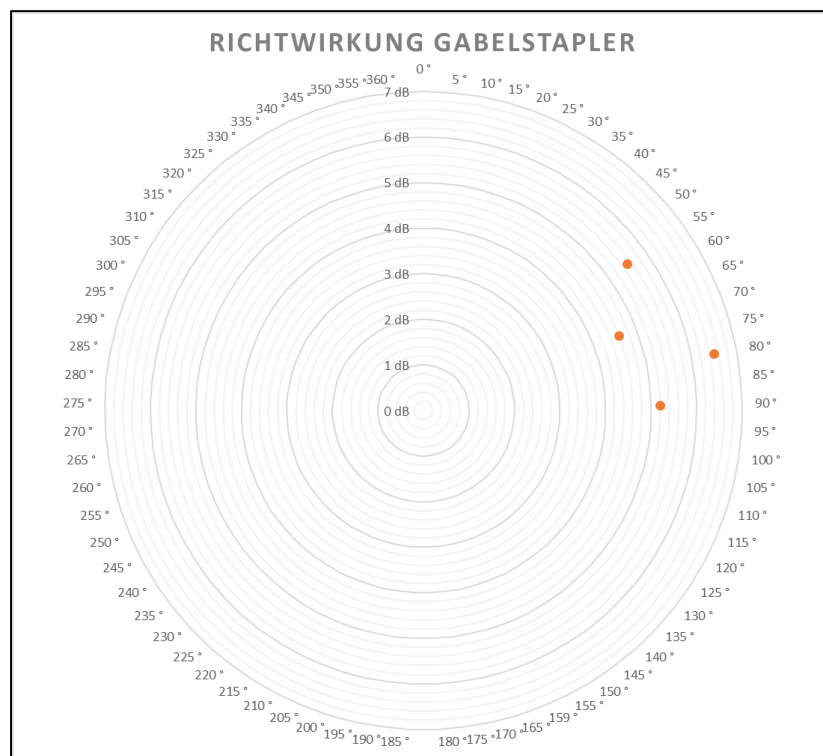


Diagramm 6: Richtwirkung eines Gabelstaplers (38 gesamt Einzelereignisse)

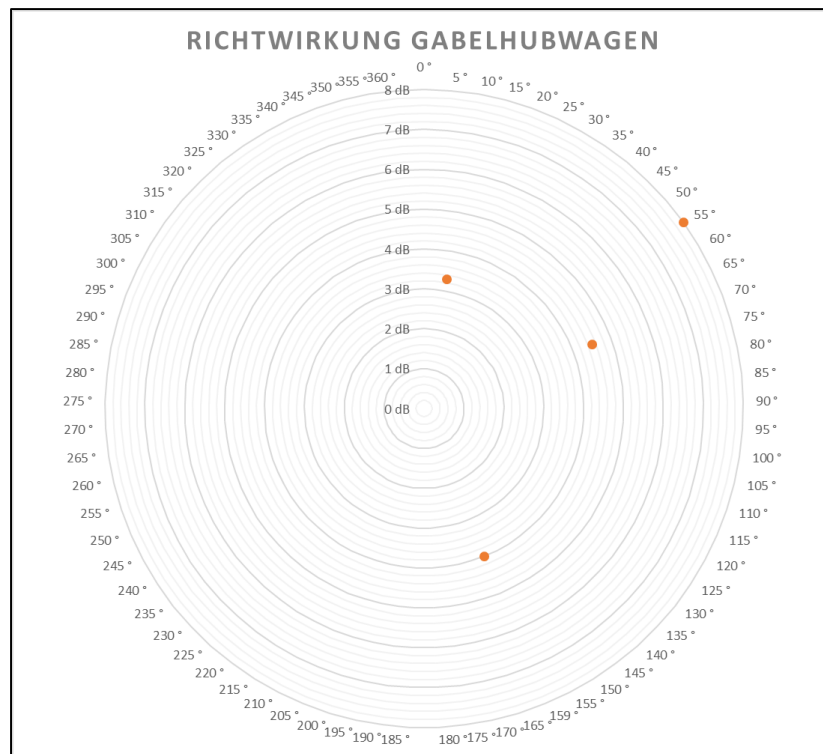


Diagramm 7: Richtwirkung eines Gabelhubwagens (83 gesamt Einzelergebnisse)

Die ermittelten Richtcharakteristiken basieren auf einer begrenzten Anzahl von vier Messpunkten, was möglicherweise nicht alle Aspekte der Schallabstrahlung vollständig abdeckt. Dennoch liefern sie eine grobe Darstellung der Schallemissionen während des Beladevorgangs. Es wird deutlich, dass die Schallabstrahlung weitestgehend in alle Richtungen erfolgt, ohne eine ausgeprägte Richtcharakteristik aufzuweisen. Diese Erkenntnis ist von Bedeutung, um die Schallemissionen angemessen bewerten zu können und gegebenenfalls Maßnahmen zur Lärminderung zu entwickeln.

7.4 Validierung

Nachdem die Auswertung der Validierung abgeschlossen ist, können nun die gesammelten Informationen systematisch analysiert und interpretiert werden. Durch den Vergleich der simulierten Messergebnisse mit den tatsächlichen Messungen kann die Genauigkeit der berechneten Kenngrößen überprüft werden. Die Ergebnisse werden in einer Darstellung gegenübergestellt und die Abweichungen im Anschluss interpretiert. Dies ermöglicht eventuelle Abweichungen zu interpretieren und Rückschlüsse auf die Genauigkeit der berechneten Kenngrößen zu ziehen.

Zur Durchführung des Vergleichs werden repräsentativ zwei Messtage für die beiden Flurfördergeräte ausgewählt, bei denen die Flächenschallquelle in der Simulation an der entsprechenden Verladestelle platziert wird. Die Lage des Immissionsortes, der Flächenschallquellen und sonstigen akustischen Randbedingungen können der Anhang 2: Lagepläne entnommen werden. Anschließend wird der Teilbeurteilungspegel L_r aus der Simulation mit den auf den stündlich bezogenen Taktmaximalpegel L_{AFTeq} , da dieser den Impulshaltigkeit bereits enthält, aus den Messdaten verglichen. In Tabelle 14 sind die Ergebnisse des Vergleichs aufgezeigt.

Flurfördergerät	Messtag	Beurteilungspegel [dB(A)]		Differenz [dB(A)]
		Simuliert	Messung	
Gabelstapler	03.05.2023	53,3	60,1	6,8
Gabelhubwagen	27.04.2023	63,5	65,8	2,3

Tabelle 14: Ergebnisse der Validierung

Die Ergebnisse zeigen, dass es Abweichungen zwischen den simulierten und den gemessenen Beurteilungspegeln gibt. Die gemessenen Werte sind höher als die simulierten Werten, wobei die Differenzen unterschiedliche Abweichungen haben. Es herrscht eine durchschnittliche Differenz von 4,6 dB(A). Die Ergebnisse der Validierung deuten darauf hin, dass die Simulation möglicherweise nicht genau genug die realen Bedingungen widerspiegelt und eine gewisse Ungenauigkeit aufweist. Es kann verschiedene Gründe für Unterschiede geben, wie ungenaue Annahmen bei der Modellierung oder unvorhergesehene Schwankungen in den tatsächlichen Messungen. Es ist zu beachten, dass das Rechenmodell stets von einem Worst-Case-Szenario ausgeht, beispielsweise indem angenommen wird, dass die Fassaden vollständig reflektieren. Dadurch stellt das Modell eine Vereinfachung der realen Situation dar. Aus diesem Grund kann es zu Abweichungen bis zu 3 dB kommen.

Nach einer Untersuchung die in der VDI 2714 [86] erwähnt wird, wurde festgestellt, dass bei freier Schallausbreitung einer einzelnen breitbandigen Schallquelle der berechnete A-bewertete Schalldruckpegel Abweichungen aufweist. In einer Entfernung von 100 Metern und einer Höhe von 10 Metern über dem Boden beträgt die Abweichung etwa 1 dB. Bei größeren Entfernungen von etwa 1000 Metern oder niedrigeren Höhen kann eine Abweichung von etwa 3 dB auftreten. Diese Erkenntnisse verdeutlichen, dass die Messungen und Berechnungen von Schalldruckpegeln mit der Entfernung und der Höhe variieren können und somit Einfluss auf die Genauigkeit der Ergebnisse haben. Die

durchschnittliche Standardabweichung, „bei freier Schallausbreitung bei Mitwindwetterlagen ohne Berücksichtigung von Bewuchs- und Bebauungsdämpfung“ [86] liegt bei der Untersuchung bei insgesamt 1,4 dB. Gemäß der DIN ISO 9613-2 [85] variiert die Schalldämpfung im Freien zwischen der Schallquelle und dem Empfangspunkt aufgrund der Witterungsbedingungen entlang der Ausbreitungsbahn. Bei Annahme einer leichten Windbedingung beschränken sich die Auswirkungen der schwankenden Witterungsbedingungen auf die Dämpfung auf ein akzeptables Maß. Die Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Werten zeigt, dass in einem Abstand von weniger als 100 Metern und einer Höhe von weniger als 5 Metern eine Abweichung von 3 dB auftritt. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Schätzung nach DIN ISO 9613-2 auf Situationen beruht, in denen weder Reflexionen noch Abschirmungen auftreten.

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der VDI 2714 [86] und DIN ISO 9613-2 [85] lassen sich Abweichungen bei der Berechnung von Schalldruckpegeln feststellen, insbesondere bei freier Schallausbreitung und -abhängig von der Entfernung und Höhe. Die Validierungsergebnisse zeigen, dass eine durchschnittliche Differenz von etwa 4,6 dB(A) zwischen den simulierten Beurteilungspegeln und den gemessenen Werten besteht. Da der durchschnittliche Abstand des Messpunktes zur Quelle ungefähr 40 Meter bei einer Höhe von unter 5 Metern beträgt, lässt sich daraus schließen, dass die simulierten Beurteilungspegel im Vergleich zu den gemessenen Werten im akzeptablen Bereich liegen. Es ist zu beachten, dass die Abweichungen nicht allein durch den Abstand erklärt werden können, sondern auch von anderen Faktoren wie der Umgebung, der Ausbreitungsrichtung und möglichen Absorptionseffekten. Bei der Bewertung der Schallpegelberechnungen sollten daher weitere Einflussfaktoren berücksichtigt werden, um eine möglichst genaue Einschätzung der tatsächlichen Lärmemissionen zu erhalten.

7.5 Mögliche Minderungsmaßnahmen

Im Folgenden werden verschiedene Lärm-Minderungsmaßnahmen beschrieben, die dazu dienen, die Lärmbelastung in Speditionen und während des Verladeprozesses zu reduzieren. Lärm stellt ein erhebliches gesundheitliches Problem dar und kann zu Beeinträchtigungen der Mitarbeiter sowie der Umgebung führen. Daher ist es von großer Bedeutung, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um den Lärmpegel zu minimieren und ein angenehmes Klima zu schaffen. In diesem Kapitel werden verschiedene Ansätze und

Strategien vorgestellt, die dazu beitragen können, den Lärm auf ein akzeptables Maß zu reduzieren.

Durch subjektives Erleben und Hören während des Beladevorgangs konnten potenzielle Hauptursachen identifiziert werden, die zu einer erhöhten Lärmbelastung beitragen können. Ein Ansatzpunkt für Lärminderungsmaßnahmen können bei der Überladebrücke und dem Anhänger selbst stattfinden. In der durchgeführten Messung wurde eine hydraulische Überladebrücke mit einer geriffelten Stahloberfläche verwendet. Die harte und geriffelte Oberfläche kann verschiedene Effekte hervorrufen, die zu einer Erhöhung des Schalls beitragen. Zum einen wird ein Teil des Schalls von der harten Oberfläche reflektiert und in verschiedene Richtungen zurückgeworfen, da harte Oberflächen Schall gut reflektieren. Darüber hinaus kann es aufgrund der geriffelten Oberfläche zu Streueffekten kommen, bei denen der Schall in verschiedene Richtungen gestreut wird und sich im Raum gut verteilt. Wenn die Frequenz des erzeugten Schalls mit der Resonanzfrequenz der Überladebrücke übereinstimmt, kann es zu einer Resonanz kommen, bei der der Schall verstärkt wird und das Bauteil angeregt. Um die nachfolgend beschriebenen Effekte zu minimieren, könnte auf der Überladebrücke ein weicher Belag aufgelegt werden, der Schall und Vibrationen dämpft. Des Weiteren könnten Körperschallwellen, die durch den Beladevorgang entstehen, durch die Anbringung einer sogenannten Dröhnfolie auf der Unterseite der Überladebrücke reduziert werden. Beim Einfahren des Flurfördergeräts in die jeweiligen Anhänger, insbesondere in Tautliner und Koffer, konnte beobachtet werden, dass das Gewicht des Flurfördergeräts den Anhänger nach unten drückt und Schwingungen verursacht. Diese Anregung des Anhängers führte zu lauten Geräuschen. Um die Anregung und die damit verbundenen lauten Geräusche des Anhängers zu reduzieren, könnten Stoßdämpfer in den Anhänger eingebaut werden. Diese Stoßdämpfer dienen dazu, die Schwingungen zu dämpfen und somit die Geräuschentwicklung zu verringern. Es ist jedoch wichtig, dass die Stoßdämpfer speziell auf die Anforderungen des Anhängers abgestimmt werden, um eine optimale Dämpfung zu gewährleisten und sonstige wichtige Eigenschaften des Anhängers nicht beeinflussen. Um die Lärmbelastung weiter zu reduzieren, könnten Maßnahmen sowohl auf dem Gelände als auch durch das richtige Verhalten des Personals erfolgen. Auf dem Gelände könnten Lärmschutzwände dimensioniert werden, um den Schall zu absorbieren und seine Ausbreitung zu verhindern. Diese Maßnahme ist in der Praxis weit verbreitet und trägt zur Reduzierung der Lärmemissionen bei. Darüber hinaus könnte das Personal

durch Schulungen und Unterweisungen zu einem richtigen Verhalten während des Beladevorgangs aufgeklärt werden, um die Lärmbelastung zu verringern. Durch Sensibilisierung für die Auswirkungen von schnellem und unvorsichtigem Beladen könnte das Personal lernen, Maßnahmen zu ergreifen, um Lärm zu reduzieren. Eine mögliche Maßnahme könnte die Verwendung einer Lärmampel sein, die in der Verladezone angebracht ist und dem Personal signalisiert, wenn eine hohe Lärmbelastung besteht. Dadurch werden sie dazu ermutigt, ihre Vorgehensweise anzupassen und den Lärmpegel zu senken.

Insgesamt stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um die Lärmbelastung zu senken. Die genaue Höhe der erzielbaren Minderung ist jedoch nicht abschätzbar und müsste spezifisch im Einzelfall analysiert werden. Es ist anzunehmen, dass durch geeignete Maßnahmen eine Schallminderung im Bereich von 3 bis 5 dB erzielt werden könnte. Durch gezielte Maßnahmen, angepasst an die individuellen Gegebenheiten, kann der Lärmpegel effektiv minimiert werden. Zusammenarbeit, Planung und die Umsetzung geeigneter Schutzmaßnahmen ermöglichen eine Reduzierung der Lärmbelastung und fördern somit das Wohlbefinden und die Gesundheit aller Beteiligten.

7.6 Fehlerdiskussion

Im folgendem wird eine detaillierte Diskussion über die Fehlerquellen und Unsicherheiten im Rahmen der durchgeführten Messungen und Analysen aufgezeigt. Fehler können in unterschiedlichen Bereichen auftreten und die Genauigkeit der Ergebnisse beeinflussen. Das Ziel dieses ist es, die Schranken und Unsicherheiten der vorliegenden Thesis transparent aufzuzeigen und die Relevanz der Ergebnisse in Hinblick auf mögliche Fehlerquellen zu bewerten.

Wie aus der Validierungsrechnung 7.4 hervorgeht können Abweichungen bei Vergleichen zwischen simulierten und gemessenen Pegelwerten auftreten. In den meisten Fällen sind die simulierten Werte höher als die gemessenen Werte, wobei die Differenzen unterschiedlich ausfallen. Eine durchschnittliche Abweichung von 4,6 dB(A) ist festzustellen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Simulation möglicherweise nicht genau genug die realen Bedingungen widerspiegelt und daher eine gewisse Ungenauigkeit aufweist. Es ist wichtig anzumerken, dass auch bei der Messung selbst Fehler und Messungenauigkeiten auftreten können, die die gemessenen Kenngrößen verändern

können. Dabei können systematische Fehler und zufällige Fehler auftreten. Systematische Fehler entstehen beispielsweise aufgrund von Messunsicherheiten der verwendeten Geräte oder einer fehlerhaften Kalibrierung. Diese Art von Fehlern beeinflusst die Genauigkeit der gemessenen Werte. [87, 88] Bei der Durchführung der Messungen kamen Schallpegelmesser der Firma Norsonic-Tippkemper GmbH, Typ 140 (geeicht), zum Einsatz. Diese Schallpegelmesser weisen eine Messunsicherheit von $\pm 0,5$ dB auf und bieten somit eine hohe Genauigkeit bei der Erfassung der Schalldruckpegel. Durch die Verwendung geeichter Messgeräte wird sichergestellt, dass die ermittelten Werte zuverlässig und präzise sind. Die Eichdaten sind in Tabelle 9 zu finden. Darüber hinaus wurden die Entfernungen mithilfe eines Laser-Entfernungsmesser der Firma Bosch GLM 40 erfasst. Bei der Messung von Entfernungen können ebenfalls Abweichungen auftreten. Dies kann durch verschiedene Faktoren wie beispielsweise die Helligkeit, die den Laser beeinflusst, bedingt sein. Es ist daher möglich, dass es zu leicht abweichenden Abständen kommt. Bei der Ermittlung der Messabstände wurden die Positionen mithilfe des Programms *SoundPlan 9.0* nachgebildet und ausgemessen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass bei diesem Prozess Fehler auftreten können. Insbesondere kann es zu Abweichungen kommen, da nicht immer die genauen Positionen exakt digitalisiert werden können. Dadurch können Varianzen von bis zu 2 Metern auftreten, was wiederum zu einer Unsicherheit von ± 2 dB in den Berechnungen führen kann. Diese Abweichungen können verschiedene Ursachen haben, wie z.B. ungenaue Angaben über die genaue Positionierung der Messpunkte oder Schwierigkeiten bei der Übertragung der realen Positionen in das Programm. Des Weiteren wurden bei der Messung die Anhänger immer von unterschiedlichen Personen beladen, welches ebenfalls zu Messungenauigkeiten und Unsicherheiten führt, da jedes Lagerpersonal seine eigene Vorgehensweise und Technik hat, was zu Variationen in der Lärmemission führen kann. Dennoch können die Messungenauigkeiten aufgrund der unterschiedlichen Personen, die den Beladevorgang durchführen, nicht vollständig vermieden werden können. Hierbei kommt schätzungsweise eine Unsicherheit von ± 3 dB hinzu. Darüber hinaus ist es wichtig zu beachten, dass bei der Annahme einer kugelförmigen Messfläche Winkelfehler auftreten können. Diese Annahme basiert darauf, dass die Schallintensität an allen Stellen der Messfläche senkrecht hindurchstrahlt. Für reale Schallquellen ist dies oft nicht der Fall, denn es ist eine umfangreichere Voruntersuchung der Schallfeldstruktur erforderlich, um eine genaue Messflächen zu bestimmen. Durch den Winkelfehler kann es zu Abweichungen in den Messergebnissen kommen, da die Schallintensität die Messfläche nicht senkrecht

durchtritt. Um den Winkelfehler zu minimieren, sollte die Messfläche einen Radius größer als die zweifache maximale Schallquellenabmessung aufweisen. Dadurch wird eine bessere Annäherung an die tatsächliche Schallfeldstruktur erzielt und genauere Messergebnisse können erzielt werden. [89] Um eine genaue Schallleistungspegelberechnungen durchzuführen, ist es wichtig die Richtcharakteristik der Quelle zu untersuchen.

Zufällige Fehler, oder auch statistische Fehler genannt, entstehen zufällig während der Messung, beispielsweise durch das Rauschen eines Sensors und anderen externen Quellen. Diese Fehler beeinflussen die Präzision der Messreihe und äußern sich somit in der Streuung der Messergebnisse. [87, 88] Vorbeifahrende Autos oder andere Fremdgeräusche fallen häufig bei einer Messung im freien auf die den gemessenen Schalldruckpegel verändern. Da vorbeifahrende Autos und andere externe Geräuschquellen nicht kontrolliert werden können, können sie zu einer gewissen Unschärfe und Varianz in den Messergebnissen führen. In der Auswertung der Messung wurden die Fremdgeräusche, im Programm *NorReview 6.2* ausgeblendet. Da die protokollierten Verladetätigkeiten in einzelne 5 Sekunden lange Arbeitsschritte unterteilt waren, konnten eventuelle Fremdgeräusche gezielt in diesem Zeitraum anhand des Gehöreindrucks analysiert werden und bei eventueller vorherrschender Dominanz nicht berücksichtigt. Dennoch kann trotz dieser Maßnahmen eine Messungenauigkeit aufgrund der Fremdgeräusche von schätzungsweise ± 1 dB auftreten.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass die Validierungsrechnung durchschnittliche Abweichungen von 4,6 dB(A) zwischen simulierten und gemessenen Pegelwerten aufweist, was auf eine gewisse Ungenauigkeit der Simulation hinweist. Bei der Messung selbst können Messungenauigkeiten von $\pm 0,5$ dB durch die verwendeten Schallpegelmesser, ± 3 dB durch die Beladung durch unterschiedliche Personen und ± 2 dB durch die Erfassung der Entfernungen auftreten. Zusätzlich können vorbeifahrende Autos und andere Fremdgeräusche zu einer Unsicherheit von etwa ± 1 dB führen. Die gesamte Unsicherheit ist durch die Standardabweichung repräsentiert und kann daher als Maß für die Variabilität der Messergebnisse betrachtet werden.

8 Abschließende Bewertung und Ausblick

Das Ziel dieser Thesis bestand darin, detailliert die Verladetätigkeiten in Speditionen mit verschiedenen Flurfördergeräten und anderen Parametern zu analysieren und zu bewerten. Aus dem gewonnenen Wissen wurden Emissionsansätze ausgearbeitet, die als Prognosegrundlage für weiterführende Schallimmissionsprognosen zur Verfügung stehen. Für die Prognosegrundlage zur Schallimmissionsprognose lassen sich anhand der vorliegenden Thesis Emissionsdaten zusammenfassen. Die Verwendung eines Datenblattes erleichtert die Arbeit erheblich, weshalb in Anhang 1: Emissionsdatenblätter entsprechende Vorlagen erstellt wurden. Wenn der genaue Anhänger typ nicht bekannt ist, sollten die Emissionsdatenblätter Nr. 1 und Nr. 2 verwendet werden. Falls detailliertere Informationen zu Verladevorgängen vorliegen, können die Emissionsdatenblätter Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 und Nr. 6 genutzt werden, um präzisere Ergebnisse zu erzielen. Ein Entladevorgang kann in ähnlicher Weise wie ein Beladevorgang betrachtet werden. Während beim Beladen Güter in einen Anhänger geladen werden, werden beim Entladen Güter aus dem Anhänger entfernt.

Aus der Thesis geht hervor, dass die Beladung sowohl mit einem Gabelstapler als auch mit einem Gabelhubwagen in ähnlicher Größenordnung erfolgt wie die Beladung mit einem Handhubwagen gemäß den aktuellen Prognosegrundlagen. Dennoch zeigt sich, dass die Beladung mit dem Gabelstapler und dem Gabelhubwagen deutlich leiser als bisher in Untersuchungen angesetzt vonstattengeht. Die Begründung für die genannten Aussagen und Schlussfolgerungen ergibt sich aus der Analyse der vorliegenden Thesis und den daraus abgeleiteten Erkenntnissen. Diese Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass die Verwendung ein Gabelhubwagen im Vergleich zur Verwendung eines Gabelstaplers eine etwas höhere Geräuscentwicklung aufweist und somit eine höhere Lärmbelastung verursacht. Obwohl die Schallleistungspegel der beiden Flurfördergeräte identisch sind, zeigt sich ein Unterschied in der Impulshaftigkeit der Geräuscentwicklung. Der Gabelhubwagen erzeugt mehr impulsartige Schallereignisse, während der Gabelstapler eine beständigere Geräuschabstrahlung aufweist. Diese impulsbehafteten Geräusche führen zu einer subjektiven Wahrnehmung von Lärm. Bei einem Vergleich der Schallleistungspegel zwischen den verschiedenen Flurfördergeräten und Anhängertypen zeigt sich eine gewisse Variation. Allerdings lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Beladevorgängen der Flurfördergeräte in den verschiedenen Anhängern feststellen, was auf eine gewisse Ähnlichkeit hinweist.

Auf diese Weise können zudem Maßnahmen zur Lärminderung gezielt entwickelt und umgesetzt werden, um die Gesamtemissionen zu reduzieren. Durch subjektives Erleben und Hören während des Beladevorgangs konnten potenzielle Hauptursachen identifiziert werden, die zu einer erhöhten Lärmbelastung beitragen können. Insgesamt gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lärmbelastung zu senken. Durch gezielte Maßnahmen, die an die individuellen Gegebenheiten angepasst sind, kann der Lärmpegel effektiv minimiert werden. Es wurden verschiedene Maßnahmen dargestellt, um die Lärmbelastung zu reduzieren. Dazu gehören die Anbringung einer weicheren Oberfläche auf der Überladebrücke, die Verwendung einer Dröhnfolie an der Unterseite der Überladebrücke, die Installation von speziell angepassten Schalldämpfern im Anhänger sowie Maßnahmen auf dem Gelände und durch das richtige Verhalten des Personals.

In Zukunft könnten weitere Untersuchungen durchgeführt werden und bei Bedarf noch zusätzliche spezifische Untersuchungen und Messungen für bestimmte Situationen von Flurfördergeräte durchgeführt werden, um eine detailliertere und präzisere Bewertung vorzunehmen. Ein Ansatz könnte darin bestehen, gezielte Untersuchungen zur Identifizierung der Hauptquellen des Schallpegels bei den Flurfördergeräten durchgeführt werden. Dies ermöglicht eine gezielte Optimierung der schalltechnischen Eigenschaften dieser Quellen, beispielsweise durch den Einsatz von schalldämpfenden Materialien. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Einfluss verschiedener Betriebsbedingungen und Parameter auf die Schallabstrahlung der Flurfördergeräte zu untersuchen. Eine mögliche Methode zur Identifizierung der Schallquellenentstehung könnte der Einsatz einer akustischen Kamera sein. Diese ermöglicht es, die Richtung und Position von Schallquellen visuell darzustellen und somit zur Lokalisierung und Analyse des Schallgeschehens beizutragen.

Die gewonnenen Erkenntnisse können dazu beitragen, Standards und Richtlinien für den Einsatz von Flurfördergeräten zu verbessern und die allgemeine Lärmbelastung in Speditionen und während des Verladeprozesses zu reduzieren.

9 Literatur

- [1] Teufel Blog Redaktion: Musik und Emotionen: Was Klänge in uns auslösen, 2023, <https://blog.teufel.de/musik-und-emotionen-was-klänge-in-uns-auslösen/> [Zugriff am: 05.04.2023].
- [2] Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP: Schallimmissionsschutz und urbane Akustik – Wirksamer präventiver Schallschutz für angenehmes akustisches Stadtklima, 2023, <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/akustik/bauakustik/schallimmissionsschutz.html> [Zugriff am: 05.04.2023].
- [3] Wothge, J., Niemann, H.: Gesundheitliche Auswirkungen von Umgebungslärm im urbanen Raum.
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz/ Umweltbundesamt: Umweltbewusstseinsstudie 2020 – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage.
- [5] Claus Muchna, Hans Brandenburg, Johannes Fottner und Jens Gutermuth: Grundlagen der Logistik – Begriffe, Strukturen und Prozesse. Springer Gabler Wiesbaden.
- [6] Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm). Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503).
- [7] Dipl.-Phys. Ing. Knut Lenkewitz: Technischer Bericht zur Untersuchung der LKW- und Ladegeräusche auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern und Speditionen. Hessische Landesanstalt für Umwelt, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz Heft 192, Hessische Landesanst. für Umwelt, Wiesbaden, 1995.
- [8] Dipl.-Phys. Ing. Knut Lenkewitz und Dipl.-Ing Jürgen Müller: Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen durch Lastkraftwagen auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern, Speditionen und Verbrauchermärkten sowie weiterer typischer Geräusche insbesondere von Verbrauchermärkten – Umwelt und Geologie Lärmschutz in Hessen, Heft 3. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden Ausgabe 2005.
- [9] TIMOCOM: Umschlag in der Logistik, 2023, <https://www.timocom.de/lexicon/transportlexikon/umschlag> [Zugriff am: 05.04.2023].

- [10] Ehrhardt + Partner GmbH & Co. KG: Definition Flurförderzeug – Logistik Lexikon, 2023, <https://www.epg.com/logistik-know-how/lexikon/flurfoerderzeug> [Zugriff am: 05.04.2023].
- [11] Stertil Dock Produktion (*Hrsg.*): Entwurf einer Verladestation. STERTIL Superior Solutions, 9288 ZG Kootstertille, Die Niederlande.
- [12] Thiele Shop: Was sind Überladebrücken?, 2023, <https://www.auffahrampen-thiele.de/was-sind-ueberladebruecken> [Zugriff am: 05.04.2023].
- [13] Jedermann-Verlag (*Hrsg.*): Sicheres-Be-und-Entladen-von-Fahrzeugen – Ein Leitfaden für Praktiker. Jedermann-Verlag, Heidelberg, 2006.
- [14] Berufsgenossenschaft Holz und Metall (*Hrsg.*): Be- und Entladen von Fahrzeugen, Isaac-Fulda-Allee 18 55124 Mainz, 2021.
- [15] Lasiprofi: Die Verladung von Frachtgut, 2023, <https://www.ladungssicherung.eu/ratgeber/ladung/verladen> [Zugriff am: 05.04.2023].
- [16] DIN 45645-1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Teil 1: Geräuschemissionen in der Nachbarschaft. Ausgabe Juli 1996.
- [17] Müller, G.; Möser, M.: Beurteilung von Schallimmissionen – Gesetze - Vorschriften - Normen - Richtlinien. Fachwissen Technische Akustik, Fachwissen Technische Akustik, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017.
- [18] DIN ISO 9613-2: Dämpfung bei Ausbreitung im Freien. Ausgabe Oktober 1999.
- [19] DIN 45681: Bestimmung der Tonhaltigkeit von geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschemissionen. Ausgabe Januar 1992.
- [20] DIN 45641: Mittelung von Schallpegeln. Ausgabe Juni 1990.
- [21] Professor Dr.-Ing. Michael Möser: Messtechnik der Akustik. Technische Universität Berlin - Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2009.
- [22] fairaudio: Punktschallquelle - akustische Idealvorstellung | Lexikon fairaudio, 2020, <https://www.fairaudio.de/lexikon/punktschallquelle/> [Zugriff am: 14.04.2023].
- [23] Brüel & Kjær: Was sind Schallleistung und Schalldruck?, 2023, <https://www.bksv.com/de/knowledge/blog/sound/sound-power-sound-pressure> [Zugriff am: 06.04.2023].

- [24] IMV CORPORATION: Schallleistung und Schalldruck – Schall in Aktion - IMV CORPORATION, 2023, <https://we-are-imv.com/de/news/topics/item/47939/> [Zugriff am: 16.05.2023].
- [25] DIN EN ISO 3740: Bestimmung Schallleistungspegel. Ausgabe Januar 2019.
- [26] DIN EN ISO 3741: Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen. Ausgabe Januar 2011.
- [27] DIN EN ISO 3743-1: Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen. Ausgabe Januar 2011.
- [28] DIN EN ISO 3743-2: Bestimmung Schallleistungspegel. Ausgabe November 2022.
- [29] DIN EN ISO 3744: Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessunge. Ausgabe Februar 2011.
- [30] DIN EN ISO 3746: Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen. Ausgabe März 2011.
- [31] DIN EN ISO 3747: Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen. Ausgabe März 2011.
- [32] DIN EN ISO 9614-1: Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 1: Messungen an diskreten Punkten. Ausgabe 2009.
- [33] DIN EN ISO 9614-2: Bestimmung der Schalleleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen Teil 2; Messung mit kontinuierlicher Abtastung. Ausgabe 1996.
- [34] DIN EN ISO 9614-3: Akustik –Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 3: Scanning-Verfahren der Genauigkeitsklasse 1. Ausgabe 2009.
- [35] ISO/TS 7849-2: Acoustics — Determination of airborne sound power levels emitted by machinery using vibration measurement — Part 2: Engineering method including determination of the adequate radiation factor. Ausgabe 2009.
- [36] ISO/TS 7849-1: Acoustics — Determination of airborne sound power levels emitted by machinery using vibration measurement — Part 1: Survey method using a fixed radiation factor. Ausgabe 2009.

- [37] *Nordrhein-Westfalen, L.*: Handbuch für die Ausbildung im Bereich "Elektrische Anlagen" in den Berufen Fachkraft für Abwassertechnik und Fachkraft für Wasserversorgungstechnik. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 2003.
- [38] DIN EN ISO 3741: Bestimmung Schallleistungspegel. Ausgabe Januar 1997.
- [39] DIN EN ISO 3744: Bestimmung Schallleistungspegel. Ausgabe Februar 2011.
- [40] DIN EN ISO 3746: Bestimmung Schallleistungspegel.
- [41] DIN EN ISO 3747: Bestimmung Schallleistungspegel. Ausgabe Juli 1998.
- [42] Gh. Reza Sinambari, Stefan Sentpali: Ingenieurakustik – Physikalische Grundlagen und Anwendungsbeispiele. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [43] Cosmos indirekt: Nahfeld und Fernfeld (Akustik), [https://www.cosmos-indirekt.de//Physik-Schule/Nahfeld_und_Fernfeld_\(Akustik\)](https://www.cosmos-indirekt.de//Physik-Schule/Nahfeld_und_Fernfeld_(Akustik)) [Zugriff am: 13.04.2023].
- [44] *Doccheck, M.B.* Schalldruckpegel - DocCheck [online]. In: DocCheck Community GmbH, 2004 [Zugriff am: 13.04.2023], <https://flexikon.doccheck.com/de/Schalldruckpegel>.
- [45] AMBOSS: Akustik - Wissen, 2023, <https://www.amboss.com/de/wissen/Akustik/> [Zugriff am: 13.04.2023].
- [46] Prof. Dr. Jochen Koubek: Akustik – Erzeugung von Schallwellen. Universität Bayreuth, Digitale Medien,, Bayreuth.
- [47] Bellton AG - Optimale Raumakustik: AKUSTIK -ABC | SCHALLSCHNELLE, 2023, <https://bellton.ch/akustik-abc/schallschnelle> [Zugriff am: 13.04.2023].
- [48] Högel, biancahoegel.de, Bianca: Schallschnelle, 2022, <https://www.biancahoegel.de/physik/akustik/schallschnelle.html> [Zugriff am: 13.04.2023].
- [49] Friedrich Schönholtz (*Hrsg.*): Technische Publikationen - Grundlagen der Schalltechnik – Luftschall, Schallfeldgrößen, Schallgeschwindigkeit, Schalldruck, Schallleistung, Dezibel, Oktavspektrum, Terzspektrum, Phon und Schallausbreitung etc. TROX TLT GmbH, 36251 Bad Hersfeld, 2013.
- [50] Högel, biancahoegel.de, Bianca: Logarithmische Größe, 2022, https://www.biancahoegel.de/technik/messen/einheiten/gross_logarith.html [Zugriff am: 13.04.2023].
- [51] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Ermittlungsverfahren, 2023, <https://www.hlnug.de/themen/laerm/industrie-und-gewerbeanlagen-laerm/ermittlungsverfahren> [Zugriff am: 14.04.2023].

- [52] DIN EN ISO 3745: Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessunge. Ausgabe Oktober 2017.
- [53] NTi Audio: Wie werden Perzentile gemessen?, 2023, <https://www.nti-audio.com/de/service/wissen/wie-werden-perzentile-gemessen> [Zugriff am: 14.04.2023].
- [54] Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen: Städtebauliche Lärmfibel – Hinweise für die Bauleitplanung. Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen. Kohlhammer-Verlag, 70173 Stuttgart, 2018.
- [55] Schulze, C.; Hübelt, J.: Bestimmung der vertikalen Richtcharakteristik der Schallabstrahlung von Pkw, Transportern und Lkw – Bericht zum Forschungsprojekt FE 02.274/2006/LRB.
- [56] DAGA - Fortschritte der Akustik.
- [57] Hirsch, K.-W.; Buchta, E.; Institut für Lärmschutz, Düsseldorf (Hrsg.): Zur mathematischen Darstellung der Richtcharakteristik einer Punktschallquelle, Dresden 1994,
- [58] Polarkoordinatensystem in Mathematik | Schülerlexikon | Lernhelfer, 2023, <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/mathematik-abitur/artikel/polarkoordinatensystem#> [Zugriff am: 25.05.2023].
- [59] Patrick Planing: Deskriptive Statistik – Kennwerte.
- [60] Reinhold Kosfeld, Hans Friedrich Eckey, Matthias Türck: Deskriptive Statistik – Grundlagen, Methoden, Beispiele und Aufgaben. Universität Kassel, Siemens Financial Services. Springer Gabler Wiesbaden, 2016.
- [61] MassMatics UG: Häufigkeitsverteilung, 2023, <https://www.massmatics.de/merkzettel/#!814:Haeufigkeitsverteilung> [Zugriff am: 23.05.2023].
- [62] Akustikbüro Schwarzenberger und Burkhart: Mittelung von Schallpegeln | Akustikbüro Schwarzenberger und Burkhart, 27.11.20217, <https://akustikbuero.com/lexikon/mittelung-von-schallpegeln/> [Zugriff am: 23.05.2023].
- [63] W.A. Kreiner Faculty of Natural Sciences University of Ulm: Gauß oder nicht Gauß? – Is it a Gaussian or a non-Gaussian Distribution? Ulm, W.A. Kreiner Faculty of Natural Sciences University of Ulm.
- [64] Prof. Dr. Torsten Schatz: Lambacher Schweizer Kursstufe – Modellieren mit der Normalverteilung. Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart, 2020.

- [65] Martin Heroldt: Schallpegelanalyse von Be- und Entladevorgängen mit Palettenhubwagen und beladener Palette bei Lkw in Logistikzentren – Studiengang Umweltschutz. Bingen, TH Bingen, Bachelorarbeit, 2016.
- [66] LfU: Materialien zur Parkplatzlärmstudie; Bewegungs- und Belegungsganglinien. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- [67] Bianca Berghofer: Untersuchung der Geräuschemissionen durch Ladevorgänge in Ladezonen von Discounter – Studiengang: Umweltingenieurwesen. Lübeck, Fachhochschule Lübeck, Diplomarbeit, 2009.
- [68] Gebrüder Weiss: Über uns - Unternehmen - Gebrüder Weiss, 2023, <https://www.gw-world.com/de/unternehmen/ueber-uns> [Zugriff am: 20.04.2023].
- [69] Gebrüder Weiss: Geschichte - Über uns - Unternehmen - Gebrüder Weiss, 2023, <https://www.gw-world.com/de/unternehmen/ueber-uns/geschichte> [Zugriff am: 02.05.2023].
- [70] Wikipedia: Gebrüder Weiss, 2023, https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gebrüder_Weiss&oldid=232890186 [Zugriff am: 20.04.2023].
- [71] Gebrüder Weiss: Zahlen, Daten & Fakten - Über uns - Unternehmen - Gebrüder Weiss, 2023, <https://www.gw-world.com/de/unternehmen/ueber-uns/zahlen-daten-fakten> [Zugriff am: 20.04.2023].
- [72] Saloodo!: Was ist ein Auflieger? Definitionen & Erklärungen | Saloodo!, 2023, <https://www.saloodo.com/de/logistik-lexikon/auflieger/> [Zugriff am: 08.05.2023].
- [73] zipmend Express: Auflieger - Definition und Erklärung, 2022+00:00, <https://zipmend.com/logistik-lexikon/auflieger/> [Zugriff am: 08.05.2023].
- [74] TIMOCOM: Was ist ein Tautliner? | TIMOCOM Transportlexikon, 2023, <https://www.timocom.de/lexicon/transportlexikon/tautliner> [Zugriff am: 08.05.2023].
- [75] Saloodo!: Was ist eine Wechselbrücke? Definitionen & Erklärungen | Saloodo!, 2023, <https://www.saloodo.com/de/logistik-lexikon/wechselbruecke/> [Zugriff am: 08.05.2023].
- [76] Yumpu.com: Speditions 1x1.indd - Gebrüder Weiss. Yumpu.com, 2013, <https://www.yumpu.com/de/document/view/18328821/speditions-1x1indd-gebruder-weiss> [Zugriff am: 15.05.2023].

- [77] Crown Equipment Corporation (*Hrsg.*): Gabelhubwagen mit klappbarer Plattform oder Bedienerstand WT 3000 Spezifikationen, Deutschland, 11/21.
- [78] Crown Equipment Corporation (*Hrsg.*): Gabelstapler SC 6200 – Spezifikationen Elektro-Gegengewichtsstapler 48 V (Dreirad-/Vierradausführung), Deutschland, 02/22.
- [79] BG Bau: Frequenzbewertung, Spitzen- und Dauerschallpegel, 2023, <https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/laerm-und-vibrationen/frequenzbewertung-spitzen-und-dauerschallpegel> [Zugriff am: 15.05.2023].
- [80] Norsonic: Bedienungsanleitung Nor140 Schallanalysator Norsonic. Norsonic, Norwegen, 2011.
- [81] Norsonic: Betriebsanleitung Akustische Kalibrator Typ 1251 Klasse 1. Norsonic, Norwegen.
- [82] DAkKS Deutsche Akkreditierungsstelle: Was ist Akkreditierung? - DAkKS - Deutsche Akkreditierungsstelle, 2023, <https://www.dakks.de/de/was-ist-akkreditierung.html> [Zugriff am: 15.05.2023].
- [83] Norsonic Brechbühl AG: NorReview - Auswertung von Umweltmessungen - Auswertungs- / Übertragungssoftware - Norsonic Brechbühl AG, 2023, <https://www.norsonic.ch/produkte/auswertungssoftware/norreview/> [Zugriff am: 17.05.2023].
- [84] LUMITOS AG: Fernfeld, 2023, <https://www.chemie.de/lexikon/Fernfeld.html> [Zugriff am: 23.05.2023].
- [85] ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. Ausgabe Oktober 1999.
- [86] VDI 2714: Schallausbreitung im Freien. Ausgabe Januar 1986.
- [87] *Lohninger, H.*: Zufällige und systematische Fehler, 2021, http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/ee_precision_accuracy.html [Zugriff am: 01.06.2023].
- [88] *Thode, J.*: Aus dem Laboralltag – Systematische und zufällige Fehler, 2023, <https://mpl.loesungsfabrik.de/blog/methodenvalidierung/fehlerarten> [Zugriff am: 01.06.2023].
- [89] Dr.-Ing. Werner Schirmer: Technischer Lärmschutz – Grundlagen und praktische Maßnahmen zum Schutz vor Lärm und Schwinungen von Maschinen. Springer Berlin Heidelberg, 2005.

Formelverzeichnis

Formel 1: Beurteilungspegel [dB(A)].....	10
Formel 2: Impulszuschlag [dB(A)]	11
Formel 3: Taktmaximal-Mittelungspegel [dB(A)].....	11
Formel 4: meteorologische Korrektur [dB(A)]	12
Formel 5: Schalldruck [$\text{Pa} = \text{N/m}^2$]	14
Formel 6: Schallschnelle [m/s]	14
Formel 7: Schallleistung [W]	14
Formel 8: Schallleistung der einzelnen Teilflächen [W]	15
Formel 9: Bezugsgröße.....	15
Formel 10: Schallleistung der einzelnen Teilflächen [W]	15
Formel 11: Schallleistungspegel bezogen auf 5 Sekunden [dB(A)]	15
Formel 12: maximale Schallleistungspegel [dB(A)]	15
Formel 13: stündlicher Schallleistungspegel [dB(A)]	16
Formel 14: impulsbehafteter stündlicher Schallleistungspegel [dB(A)]	16
Formel 15: Fremdgeräuschkorrektur [dB(A)].....	17
Formel 16: Umgebungskorrektur [dB(A)]	17
Formel 17: zeitlich gemittelte Messflächen-Schalldruckpegel [dB(A)]	17
Formel 18: äquivalenter Dauerschallpegel [dB(A)]	18
Formel 19: komplexe Richtungsfaktor [-]	19
Formel 20: Richtungsfaktor [-]	19
Formel 21: Richtmaß [dB(A)].....	19
Formel 22: Konturen des Polarkoordinatendiagramms	20
Formel 23: relative Häufigkeit [-]	22
Formel 24: Mittelungspegel [dB(A)].....	22
Formel 25: Varianz der Schalldruckpegel [dB(A)]	22
Formel 26: Standardabweichung der Schalldruckpegel [dB(A)]	23
Formel 27: Dichtefunktion der Normalverteilung	23
Formel 28: Schallleistungspegel nach dem Technischen Bericht 1995 [7] [dB(A)]	26
Formel 29: Schallleistungspegel nach dem Technischen Bericht 2005 [8] [dB(A)]	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausmaß der Lärmbelästigung der Bevölkerung in Deutschland 2020 [4]	3
Abbildung 2: Überblick über die Grundnormen zur Bestimmung des Schallleistungspegels	13
Abbildung 3: Geometrische Darstellung der Richtcharakteristik.....	20
Abbildung 4: Verladezone von innen und außen.....	32
Abbildung 5: Oberfläche der innenliegenden Überladebrücke	33
Abbildung 6: Tautliner.....	34
Abbildung 7: Koffer Auflieger - blau.....	34
Abbildung 8: Wechselbrücke	34
Abbildung 9: Prozessablauf des Beladevorgangs.....	39
Abbildung 10: Exportbereich von außen	42
Abbildung 11: Ortsfeste Mikrofonposition	44
Abbildung 12: Variabler Mikrofonaufbau	45
Abbildung 13: Arbeitsschritte für die Berechnung der gewünschten akustischen Kenngrößen	48
Abbildung 14: Vorgehensweise statistische Kennwerte.....	49
Abbildung 15: Vorgang für die Berechnung der Richtcharakteristik vom 03.05.2023	52
Abbildung 16: Messpunkte im Polarkoordinatensystem vom 03.05.2023.....	53
Abbildung 17: Messpunkte im Polarkoordinatensystem vom 27.04.2023.....	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der Verladegeräusche	II
Tabelle 2: Übersicht über den Schallleistungspegel verschiedener Vorgänge [7]	25
Tabelle 3: Übersicht über die aktuellen Untersuchungsergebnisse	26
Tabelle 4: Übersicht über die Schallleistungspegel verschiedener Fahrzeugtypen [65]	28
Tabelle 5: Übersicht über die Schallleistungspegel verschiedener Fahrzeugtypen [67]	29
Tabelle 6: Gabelhubwagen [77]	36
Tabelle 7: Elektro-Gegengewichtsstapler [78]	37
Tabelle 8: Verwendete Messgeräte und Equipment	40
Tabelle 9: Handschallpegelmesser Norsonic 140, Stand: 27.07.2021	41
Tabelle 10: Überblick über die verschiedenen Messungstage	42
Tabelle 11: Emissionsansätze für die verschiedenen Flurfördergeräte	56
Tabelle 12: Vergleich verschiedene Flurfördergeräte mit unterschiedlichen Anhängertypen	59
Tabelle 13: Ergebnisse des Richtmaßes mit dazugehörigen Azimuthwinkel für	67
Tabelle 14: Ergebnisse der Validierung	69

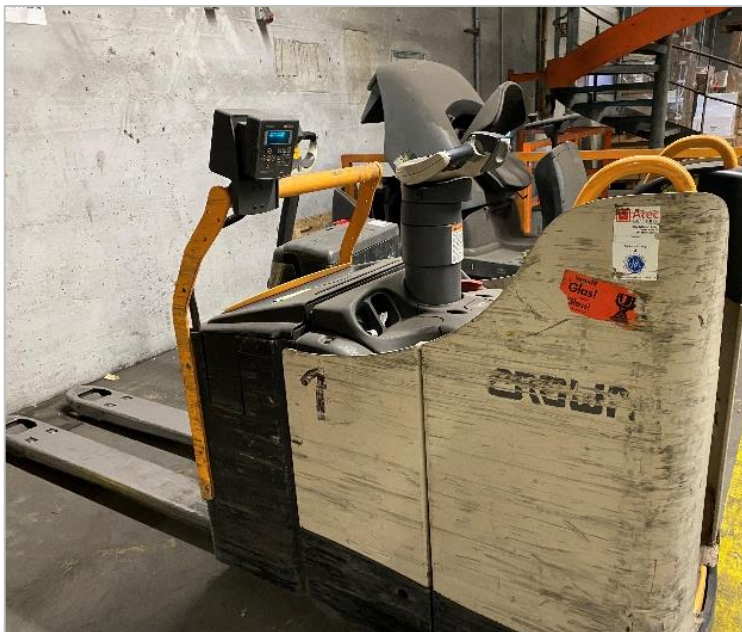
Diagrammverzeichnis

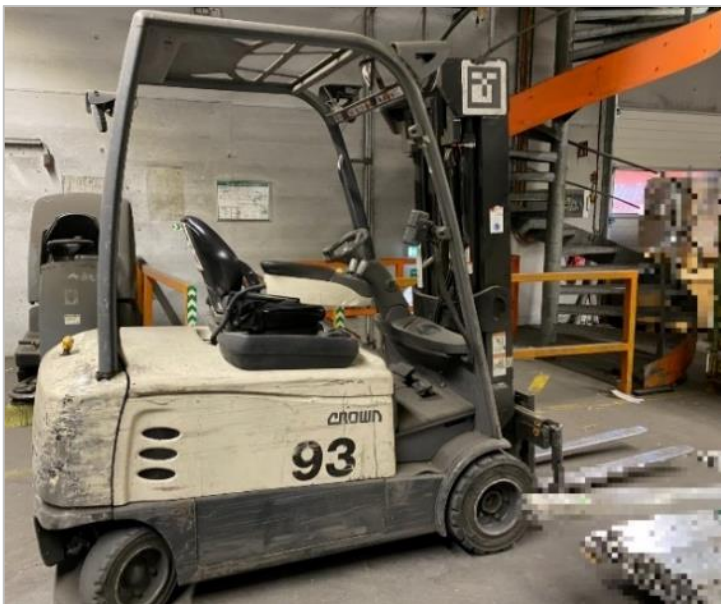
Diagramm 1: Normalverteilung Gabelstapler – Koffer Anhänger Beladung	61
Diagramm 2: Normalverteilung Gabelstapler – Wechselbrücke Beladung	62
Diagramm 3: Normalverteilung Gabelstapler – Tautliner Beladung.....	63
Diagramm 4: Normalverteilung Gabelhubwagen – Koffer Beladung	64
Diagramm 5: Normalverteilung Gabelhubwagen – Wechselbrücke Beladung	65
Diagramm 6: Richtwirkung eines Gabelstaplers (38 gesamt Einzelereignisse)	67
Diagramm 7: Richtwirkung eines Gabelhubwagens (83 gesamt Einzelereignisse).....	68

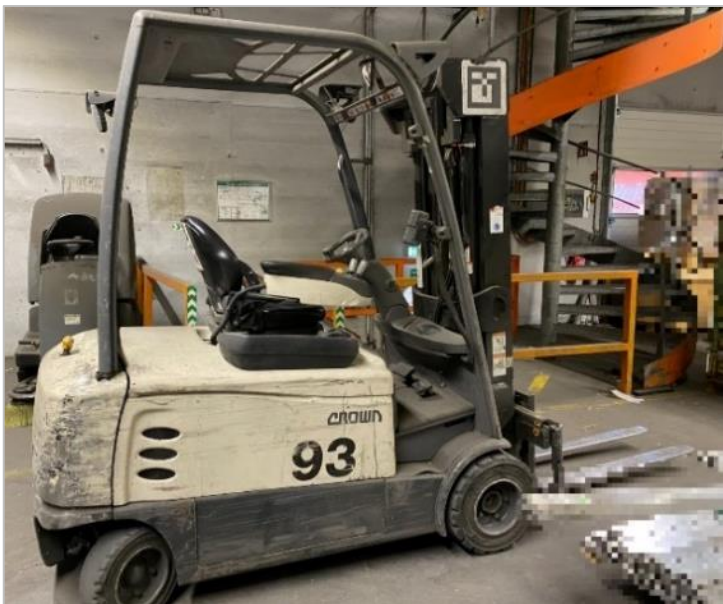
Anhänge

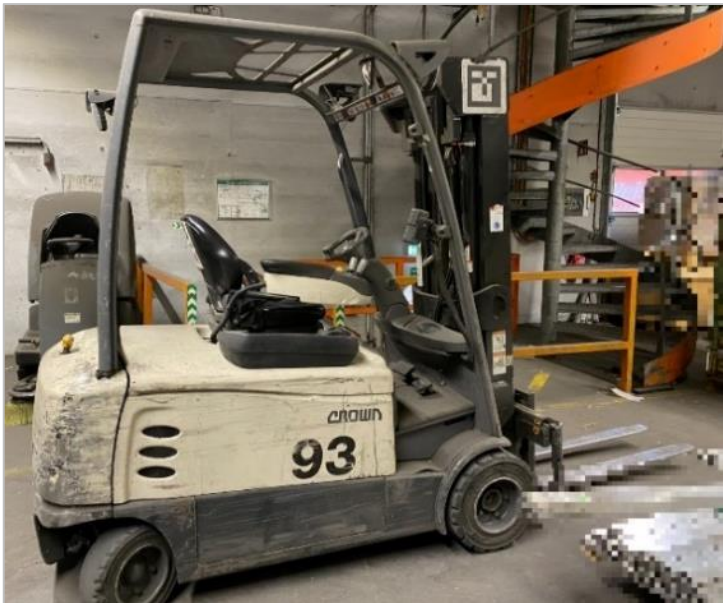
Anhang 1: Emissionsdatenblätter

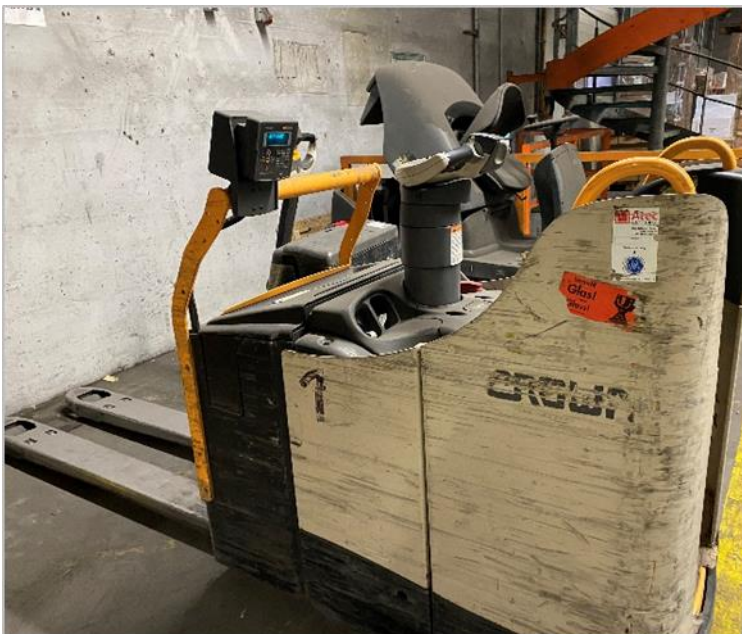
Emissionsdatenblatt		Nr.1	
Vorgang	Gabelstapler Beladevorgang über innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe (Stahl geriffelte Oberfläche), Planen-Torrandabdichtung		
Anhänger-Typ	Gemittelt über Koffer, Tautliner und Wechselbrücken		
Zustand des Flurfördergeräts	Gebraucht		
Mess- und Beurteilungsparameter			
Dauer des Vorgangs	ca. 15	[s]	
Impulshaltigkeit K_I	5,7	[dB(A)]	
Standardabweichung der Impulshaltigkeit s	2,9	[dB(A)]	
Ton- und Informationshaltigkeit K_T	0	[dB(A)]	
	L_{AFmax}	69,3	[dB(A)]
	s	6,5	[dB(A)]
	$L_{WA,5s}$	100,7	[dB(A)]
	s	4,9	[dB(A)]
	L_{WAmix}	108,8	[dB(A)]
	s	6,5	[dB(A)]
	$L_{WA,1h}$	72,1	[dB(A)]
	s	4,9	[dB(A)]
	$L_{WAT,1h}$	77,8	[dB(A)]

Emissionsdatenblatt		Nr.2
Vorgang	Gabelhubwagen Beladevorgang über innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe (Stahl geriffelte Oberfläche), Planen-Torrandabdichtung	
Anhänger-Typ	Gemittelt über Koffer, Tautliner und Wechselbrücken	
Zustand des Flurfördergeräts	Gebraucht	
Mess- und Beurteilungsparameter		
Dauer des Vorgangs	ca. 15	[s]
Impulshaltigkeit K_I	6,2	[dB(A)]
Standardabweichung der Impulshaltigkeit s	2,7	[dB(A)]
Ton- und Informationshaltigkeit K_T	0	[dB(A)]
	L_{AFmax}	68,6 [dB(A)]
	s	6,4 [dB(A)]
	$L_{WA,5s}$	100,7 [dB(A)]
	s	5,1 [dB(A)]
	L_{WAmix}	108,1 [dB(A)]
	s	6,4 [dB(A)]
	$L_{WA,1h}$	72,1 [dB(A)]
	s	5,1 [dB(A)]
	$L_{WAT,1h}$	79,5 [dB(A)]

Emissionsdatenblatt		Nr.3		
Vorgang	Gabelstapler Beladevorgang über innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe (Stahl geriffelte Oberfläche), Planen-Torrandabdichtung			
Anhänger-Typ	Tautliner			
Zustand des Flurfördergeräts	Gebraucht			
Mess- und Beurteilungsparameter				
Dauer des Vorgangs	ca. 15	[s]		
Impulshaltigkeit K_I	6,9	[dB(A)]		
Standardabweichung der Impulshaltigkeit s	2,9	[dB(A)]		
Ton- und Informationshaltigkeit K_T	0	[dB(A)]		
	L_{AFmax}	73,1	[dB(A)]	
	s	7,1	[dB(A)]	
	$L_{WA,5s}$	103,1	[dB(A)]	
	s	4,8	[dB(A)]	
	L_{WAmax}	112,5	[dB(A)]	
	s	7,1	[dB(A)]	
	$L_{WA,1h}$	74,6	[dB(A)]	
	s	4,8	[dB(A)]	
			$L_{WAT,1h}$	81,5 [dB(A)]

Emissionsdatenblatt		Nr.4		
Vorgang	Gabelstapler Beladevorgang über innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe (Stahl geriffelte Oberfläche), Planen-Torrandabdichtung			
Anhänger-Typ	Koffer			
Zustand des Flurfördergeräts	Gebraucht			
Mess- und Beurteilungsparameter				
Dauer des Vorgangs	ca. 15	[s]		
Impulshaltigkeit K_I	5,4	[dB(A)]		
Standardabweichung der Impulshaltigkeit s	2,8	[dB(A)]		
Ton- und Informationshaltigkeit K_T	0	[dB(A)]		
	L_{AFmax}	68,3	[dB(A)]	
	s	6,1	[dB(A)]	
	$L_{WA,5s}$	100,1	[dB(A)]	
	s	4,8	[dB(A)]	
	L_{WAmax}	107,9	[dB(A)]	
	s	6,1	[dB(A)]	
	$L_{WA,1h}$	71,6	[dB(A)]	
	s	4,8	[dB(A)]	
			$L_{WAT,1h}$	77,0 [dB(A)]

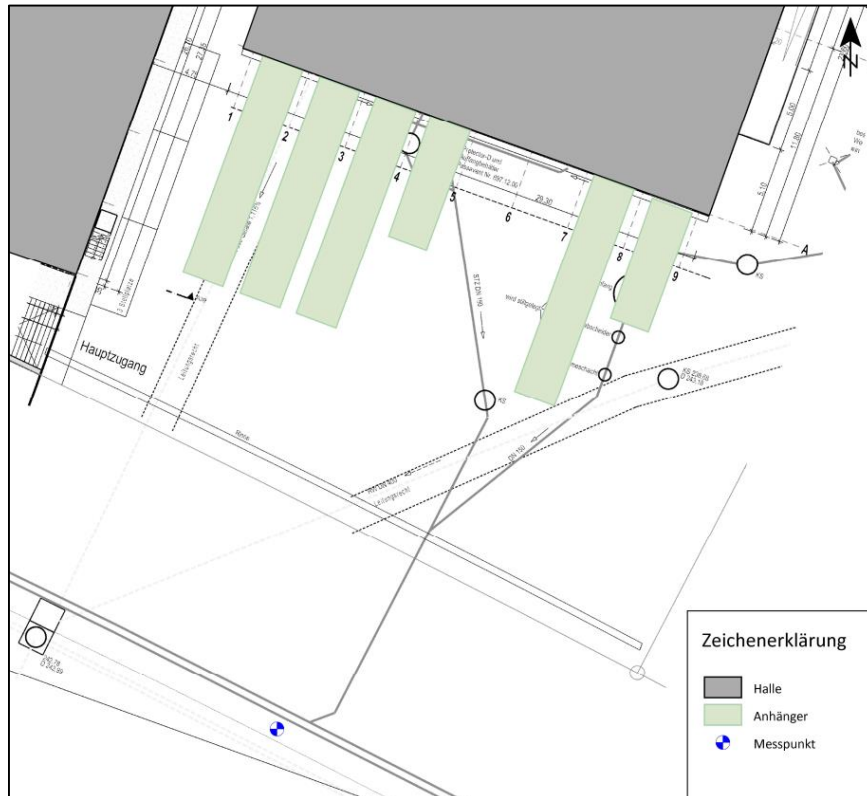
Emissionsdatenblatt		Nr.5		
Vorgang	Gabelstapler Beladevorgang über innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe (Stahl geriffelte Oberfläche), Planen-Torrandabdichtung			
Anhänger-Typ	Wechselbrücke			
Zustand des Flurfördergeräts	Gebraucht			
Mess- und Beurteilungsparameter				
Dauer des Vorgangs	ca. 15	[s]		
Impulshaltigkeit K_I	8,1	[dB(A)]		
Standardabweichung der Impulshaltigkeit s	1,6	[dB(A)]		
Ton- und Informationshaltigkeit K_T	0	[dB(A)]		
	L_{AFmax}	71,6	[dB(A)]	
	s	4,9	[dB(A)]	
	$L_{WA,5s}$	102,0	[dB(A)]	
	s	4,0	[dB(A)]	
	L_{WAmax}	111,0	[dB(A)]	
	s	4,9	[dB(A)]	
	$L_{WA,1h}$	73,4	[dB(A)]	
	s	4,0	[dB(A)]	
			$L_{WAT,1h}$	81,5 [dB(A)]

Emissionsdatenblatt		Nr.6
Vorgang	Gabelhubwagen Beladevorgang über innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe (Stahl geriffelte Oberfläche), Planen-Torrandabdichtung	
Anhänger-Typ	Koffer	
Zustand des Flurfördergeräts	Gebraucht	
Mess- und Beurteilungsparameter		
Dauer des Vorgangs	ca. 15	[s]
Impulshaltigkeit K_I	6,7	[dB(A)]
Standardabweichung der Impulshaltigkeit s	2,7	[dB(A)]
Ton- und Informationshaltigkeit K_T	0	[dB(A)]
	L_{AFmax}	69,4 [dB(A)]
	s	6,0 [dB(A)]
	$L_{WA,5s}$	101,5 [dB(A)]
	s	4,9 [dB(A)]
	L_{WAmix}	108,9 [dB(A)]
	s	6,0 [dB(A)]
	$L_{WA,1h}$	72,9 [dB(A)]
	s	4,9 [dB(A)]
	$L_{WAT,1h}$	79,6 [dB(A)]

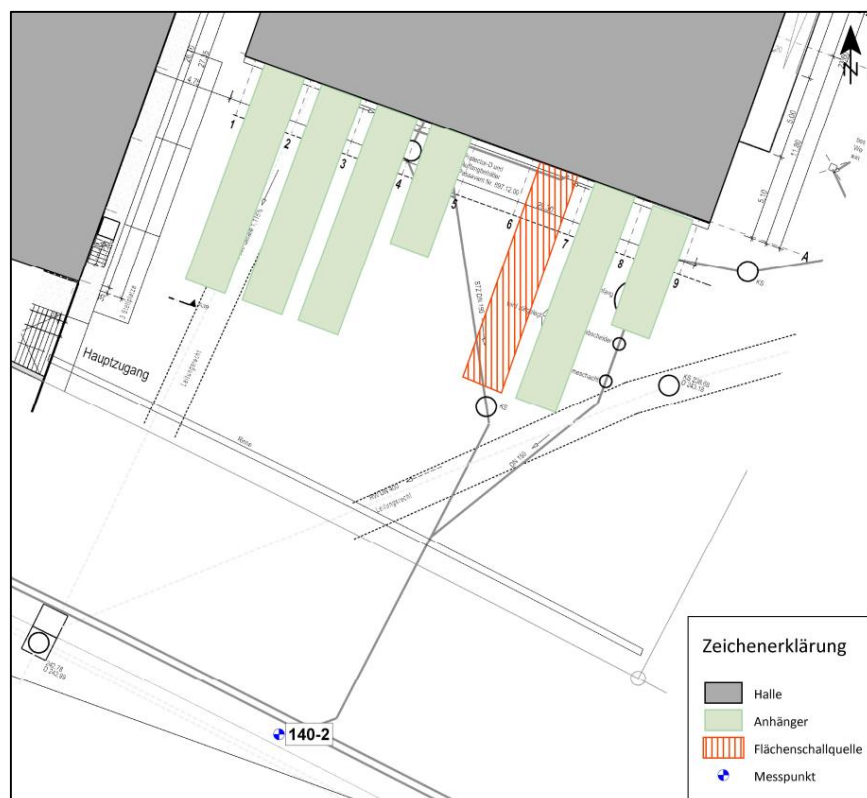
Emissionsdatenblatt		Nr.7
Vorgang	Gabelstapler Beladevorgang über innenliegenden hydraulischen Überladebrücke mit Klapplippe (Stahl geriffelte Oberfläche), Planen-Torrandabdichtung	
Anhänger-Typ	Wechselbrücke	
Zustand des Flurfördergeräts	Gebraucht	
Mess- und Beurteilungsparameter		
Dauer des Vorgangs	ca. 15	[s]
Impulshaltigkeit K_I	5,0	[dB(A)]
Standardabweichung der Impulshaltigkeit s	2,1	[dB(A)]
Ton- und Informationshaltigkeit K_T	0	[dB(A)]
	L_{AFmax}	64,4 [dB(A)]
	s	5,6 [dB(A)]
	$L_{WA,5s}$	97,2 [dB(A)]
	s	4,3 [dB(A)]
	L_{WAmix}	103,8 [dB(A)]
	s	5,6 [dB(A)]
	$L_{WA,1h}$	68,6 [dB(A)]
	s	4,3 [dB(A)]
	$L_{WAT,1h}$	73,6 [dB(A)]

Anhang 2: Lagepläne

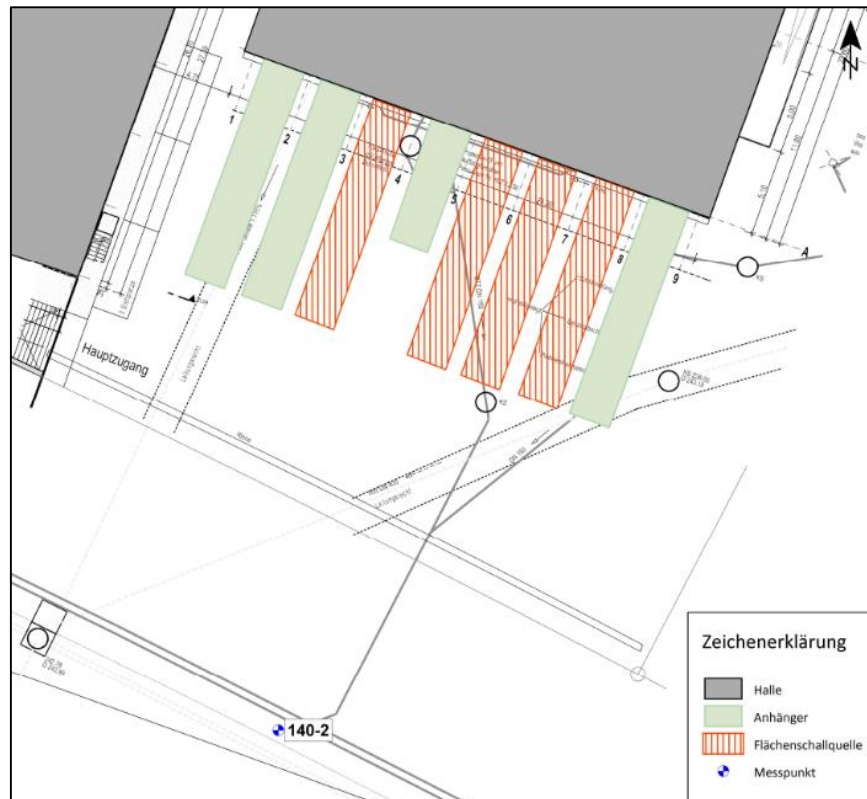
Lageplan Allgemein



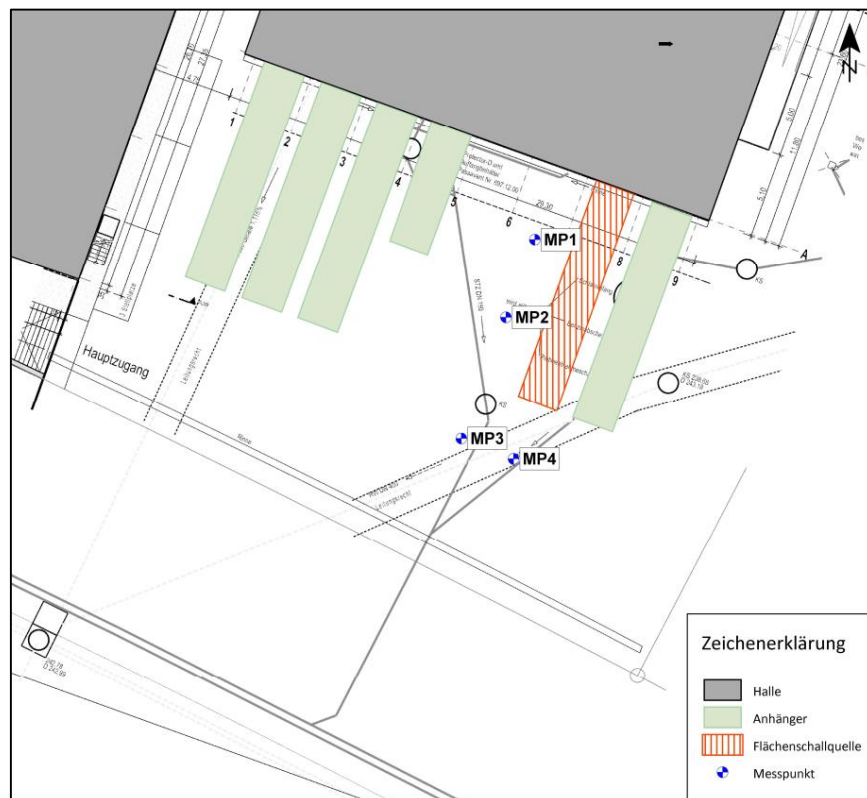
Lageplan Validierung: 27.04.2023



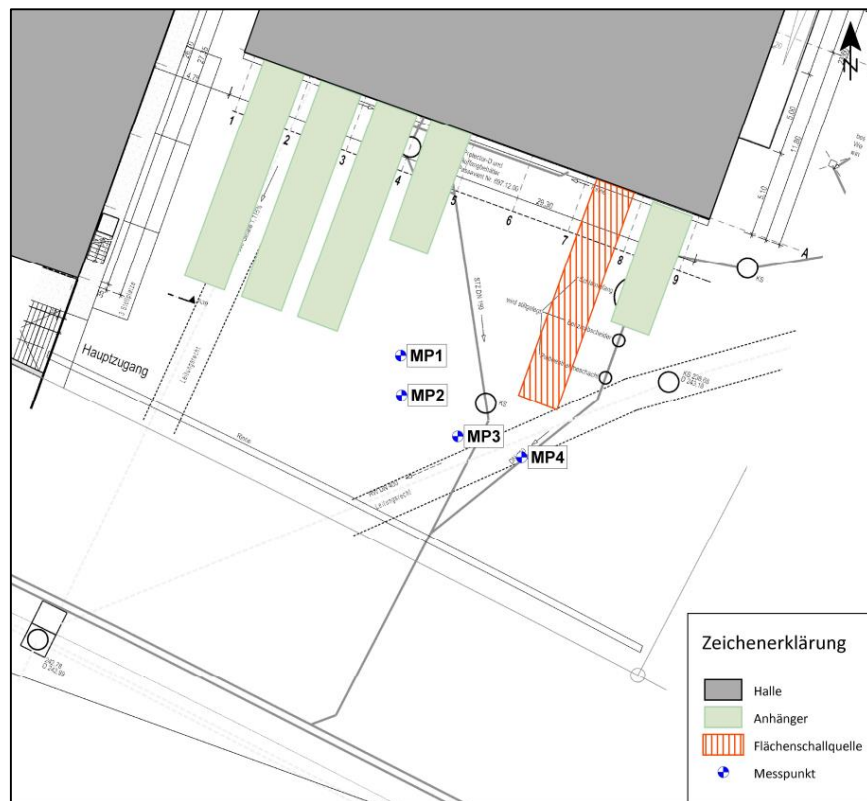
Lageplan Validierung: 03.05.2023



Lageplan Richtcharakteristik: 27.04.2023



Lageplan Richtcharakteristik: 03.05.2023



Anhang 3: Messprotokolle

Bearbeiterin:	Selin Karagöz	Datum:	17.04.2023
Messgehilfe:	Tobias Gassner		
Messzeit:	13:24:19 bis 14:14:35 [hh:mm:ss]		
Wetterbedingungen:			
Bedeckungsgrad/Wetter:	Bewölkt, leichter regen		
Windrichtung/-geschwindigkeit:	N-NW/ 13 km/h		
Temperatur/ Luftdruck	8,4 °C/ 1021,5 hPa		
Messgerät:	Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-1 (ortsfest) Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-3 (variabel)		
Mikrofonhöhe:	Jeweils 3,5 m		
Bearbeiterin:	Selin Karagöz	Datum:	24.04.2023
Messgehilfe:	Sebastian Gerner		
Messzeit:	ENTFÄLLT		
Wetterbedingungen:			
Bedeckungsgrad/Wetter:	Bewölkt		
Windrichtung/-geschwindigkeit:	SW/ 15,1 km/h		
Temperatur/ Luftdruck	10 °C/ 1009,4 hPa		
Messgerät:	Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-1 (ortsfest) Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-3 (variabel)		
Mikrofonhöhe:	Jeweils 3,5 m		
Bearbeiterin:	Selin Karagöz	Datum:	27.04.2023
Messgehilfe:	Lena Roberts		
Messzeit:	14:07:26 bis 14:50:17 [hh:mm:ss]		
Wetterbedingungen:			
Bedeckungsgrad/Wetter:	Sonnig		
Windrichtung/-geschwindigkeit:	NW-N-O/ 4,6 km/h		
Temperatur/ Luftdruck	11,1 °C/ 1017,6 hPa		
Messgerät:	Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-2 (ortsfest) Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-2 (variabel)		

Mikrofonhöhe:	Jeweils 2,5 m		
Bearbeiterin:	Selin Karagöz	Datum:	03.05.2023
Messgehilfe:	Christian Reutter		
Messzeit:	13:45:40 bis 15:51:10 [hh:mm:ss]		
Wetterbedingungen:			
Bedeckungsgrad/Wetter:	Sonnig		
Windrichtung/-geschwindigkeit:	N-NO/ 10,1 km/h		
Temperatur/ Luftdruck	12,2 °C/ 1024,1 hPa		
Messgerät:	Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-3 (ortsfest) Norsonic-Tippkemper GmbH Typ 140, geeicht 140-2 (variabel)		
Mikrofonhöhe:	Jeweils 3,5 m		

Anhang 4: Messergebnisse der Beladevorgänge

Mit: Q1: Gabelstapler; Q2: Gabelhubwagen; 1-Q1,2: Reinfahrt mit Flurfördergerät Q 1,2; 2-Q1,2: Rausfahrt mit Flurfördergerät Q 1,2; Q1,2-innen: Flurfördergerät Q1,2 im Anhänger

Verladevorgänge Gabelstapler:

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmix	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
1-Q1	Koffer	H	17.04.2023 13:59:32,000 - 17.04.2023 13:59:37,000	5,0	63,9	73,7	73,7	9,8	39,6	103,8	113,6	75,3
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:18:20,000 - 17.04.2023 14:18:25,000	5,0	62,7	71,4	71,4	8,7	37,5	102,2	110,9	73,6
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:21:46,000 - 17.04.2023 14:21:51,000	5,0	71,8	82,3	82,3	10,5	37,5	111,3	121,8	82,7
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:22:49,000 - 17.04.2023 14:22:54,000	5,0	64,9	74,5	74,5	9,6	37,5	104,4	114,0	75,8
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:23:25,000 - 17.04.2023 14:23:30,000	5,0	69,9	81,6	81,6	11,7	37,5	109,4	121,1	80,8
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:24:09,000 - 17.04.2023 14:24:14,000	5,0	59,1	69,3	69,3	10,2	37,5	98,6	108,8	70,0
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:25:18,000 - 17.04.2023 14:25:23,000	5,0	64,2	74,3	74,3	10,1	37,5	103,7	113,8	75,1
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:30:21,000 - 17.04.2023 14:30:26,000	5,0	63,5	74,2	74,2	10,7	37,5	103,0	113,7	74,4
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:30:48,000 - 17.04.2023 14:30:53,000	5,0	60,4	67,2	67,2	6,8	37,5	99,9	106,7	71,3
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:31:24,000 - 17.04.2023 14:31:29,000	5,0	58,6	66,1	66,1	7,5	37,5	98,1	105,6	69,5
1-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:32:19,000 - 17.04.2023 14:32:24,000	5,0	68,6	78,0	78,0	9,4	37,5	108,1	117,5	79,5
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 13:59:37,000 - 17.04.2023 13:59:42,000	5,0	55,2	59,7	59,7	4,5	37,5	94,7	99,2	66,1
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:18:38,000 - 17.04.2023 14:18:43,000	5,0	59,3	61,9	61,9	2,6	37,5	98,8	101,4	70,2
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:23:04,000 - 17.04.2023 14:23:09,000	5,0	62,6	70,7	70,7	8,1	37,5	102,1	110,2	73,5
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:23:41,000 - 17.04.2023 14:23:46,000	5,0	65,2	74,4	74,4	9,2	37,5	104,7	113,9	76,1
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:24:46,000 - 17.04.2023 14:24:51,000	5,0	65,4	72,2	72,2	6,8	37,5	104,9	111,7	76,3
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:26:35,000 - 17.04.2023 14:26:40,000	5,0	58,4	62,6	62,6	4,2	37,5	97,9	102,1	69,3
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:28:34,000 - 17.04.2023 14:28:39,000	5,0	66,1	73,9	73,9	7,8	37,5	105,6	113,4	77,0
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:30:34,000 - 17.04.2023 14:30:39,000	5,0	68,1	77,7	77,7	9,6	37,5	107,6	117,2	79,0
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:31:04,000 - 17.04.2023 14:31:09,000	5,0	62,6	69,4	69,4	6,8	37,5	102,1	108,9	73,5
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:31:44,000 - 17.04.2023 14:31:49,000	5,0	67,6	74,1	74,1	6,5	37,5	107,1	113,6	78,5
2-Q1	Plane	C	17.04.2023 14:32:50,000 - 17.04.2023 14:32:55,000	5,0	61,3	66,5	66,5	5,2	37,5	100,8	106,0	72,2
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:18:25,000 - 17.04.2023 14:18:30,000	5,0	59,5	63,4	63,4	3,9	37,5	99,0	102,9	70,4

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:22:54,000 - 17.04.2023 14:22:59,000	5,0	59,8	70,2	70,2	10,4	37,5	99,3	109,7	70,7
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:23:31,000 - 17.04.2023 14:23:36,000	5,0	57,5	64,8	64,8	7,3	37,5	97,0	104,3	68,4
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:23:36,000 - 17.04.2023 14:23:41,000	5,0	60,4	72,3	72,3	11,9	37,5	99,9	111,8	71,3
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:24:14,000 - 17.04.2023 14:24:19,000	5,0	53,3	58,6	58,6	5,3	37,5	92,8	98,1	64,2
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:24:33,000 - 17.04.2023 14:24:38,000	5,0	54,4	58,2	58,2	3,8	37,5	93,9	97,7	65,3
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:25:23,000 - 17.04.2023 14:25:28,000	5,0	56,7	61,6	61,6	4,9	37,5	96,2	101,1	67,6
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:26:29,000 - 17.04.2023 14:26:34,000	5,0	57,0	60,2	60,2	3,2	37,5	96,5	99,7	67,9
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:28:27,000 - 17.04.2023 14:28:32,000	5,0	54,7	57,1	57,1	2,4	37,5	94,2	96,6	65,6
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:30:26,000 - 17.04.2023 14:30:31,000	5,0	55,2	60,2	60,2	5,0	37,5	94,7	99,7	66,1
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:30:53,000 - 17.04.2023 14:30:58,000	5,0	59,7	68,9	68,9	9,2	37,5	99,2	108,4	70,6
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:30:58,000 - 17.04.2023 14:31:03,000	5,0	54,5	56,4	56,4	1,9	37,5	94,0	95,9	65,4
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:31:29,000 - 17.04.2023 14:31:34,000	5,0	53,3	56,6	56,6	3,3	37,5	92,8	96,1	64,2
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:32:24,000 - 17.04.2023 14:32:29,000	5,0	62,4	69,7	69,7	7,3	37,5	101,9	109,2	73,3
Q1-innen	Plane	C	17.04.2023 14:32:32,000 - 17.04.2023 14:32:37,000	5,0	60,8	63,3	63,3	2,5	37,5	100,3	102,8	71,7
1-Q1	WB	E	26.04.2023 13:56:38,000 - 26.04.2023 13:56:43,000	5,0	61,0	67,6	67,6	6,6	37,4	100,4	107,0	71,9
1-Q1	Koffer	C	26.04.2023 14:15:52,000 - 26.04.2023 14:15:57,000	5,0	53,5	56,1	56,1	2,6	38,0	93,1	95,7	64,5
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:20:41,000 - 26.04.2023 14:20:46,000	5,0	52,5	55,6	55,6	3,1	38,0	92,1	95,2	63,5
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:24:59,000 - 26.04.2023 14:25:04,000	5,0	68,8	81,3	81,3	12,5	38,0	108,4	120,9	79,8
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:28:07,000 - 26.04.2023 14:28:12,000	5,0	62,0	73,7	73,7	11,7	38,0	101,6	113,3	73,0
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:28:37,000 - 26.04.2023 14:28:42,000	5,0	57,9	65,2	65,2	7,3	38,0	97,5	104,8	68,9
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:30:15,000 - 26.04.2023 14:30:20,000	5,0	63,0	74,3	74,3	11,3	38,0	102,6	113,9	74,0
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:31:35,000 - 26.04.2023 14:31:40,000	5,0	55,5	64,2	64,2	8,7	38,0	95,1	103,8	66,5
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:32:07,000 - 26.04.2023 14:32:12,000	5,0	55,1	60,7	60,7	5,6	38,0	94,7	100,3	66,1
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:33:28,000 - 26.04.2023 14:33:33,000	5,0	53,9	59,8	59,8	5,9	38,0	93,5	99,4	64,9
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:34:23,000 - 26.04.2023 14:34:28,000	5,0	59,5	63,7	63,7	4,2	38,0	99,1	103,3	70,5
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:35:18,000 - 26.04.2023 14:35:23,000	5,0	60,8	66,8	66,8	6,0	38,0	100,4	106,4	71,8
1-Q1	Koffer	F	26.04.2023 14:36:10,000 - 26.04.2023 14:36:15,000	5,0	61,5	66,2	66,2	4,7	37,9	101,0	105,7	72,5

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:37:51,000 - 26.04.2023 14:37:56,000	5,0	62,1	67,2	67,2	5,1	38,0	101,7	106,8	73,1
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:41:18,000 - 26.04.2023 14:41:23,000	5,0	56,2	60,1	60,1	3,9	38,0	95,8	99,7	67,2
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:52:56,000 - 26.04.2023 14:53:01,000	5,0	54,8	64,7	64,7	9,9	38,0	94,4	104,3	65,8
1-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:55:18,000 - 26.04.2023 14:55:23,000	5,0	57,6	61,2	61,2	3,6	38,0	97,2	100,8	68,6
2-Q1	WB	E	26.04.2023 13:56:53,000 - 26.04.2023 13:56:58,000	5,0	65,9	74,6	74,6	8,7	37,4	105,3	114,0	76,8
2-Q1	Koffer	C	26.04.2023 14:15:07,000 - 26.04.2023 14:15:12,000	5,0	63,1	69,2	69,2	6,1	37,5	102,6	108,7	74,0
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:20:51,000 - 26.04.2023 14:20:56,000	5,0	54,7	64,1	64,1	9,4	38,0	94,3	103,7	65,7
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:25:14,000 - 26.04.2023 14:25:19,000	5,0	62,9	72,8	72,8	9,9	38,0	102,5	112,4	73,9
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:28:20,000 - 26.04.2023 14:28:25,000	5,0	61,9	70,7	70,7	8,8	38,0	101,5	110,3	72,9
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:28:48,000 - 26.04.2023 14:28:53,000	5,0	62,8	69,6	69,6	6,8	38,0	102,4	109,2	73,8
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:29:15,000 - 26.04.2023 14:29:20,000	5,0	62,8	72,1	72,1	9,3	38,0	102,4	111,7	73,8
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:31:53,000 - 26.04.2023 14:31:58,000	5,0	62,5	72,9	72,9	10,4	38,0	102,1	112,5	73,5
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:32:18,000 - 26.04.2023 14:32:23,000	5,0	63,8	74,0	74,0	10,2	38,0	103,4	113,6	74,8
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:33:40,000 - 26.04.2023 14:33:45,000	5,0	60,4	70,0	70,0	9,6	38,0	100,0	109,6	71,4
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:34:46,000 - 26.04.2023 14:34:51,000	5,0	61,6	67,8	67,8	6,2	38,0	101,2	107,4	72,6
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:35:34,000 - 26.04.2023 14:35:39,000	5,0	59,5	62,5	62,5	3,0	38,0	99,1	102,1	70,5
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:37:33,000 - 26.04.2023 14:37:38,000	5,0	67,1	69,7	69,7	2,6	38,0	106,7	109,3	78,1
2-Q1	Koffer	F	26.04.2023 14:38:01,000 - 26.04.2023 14:38:06,000	5,0	62,8	69,4	69,4	6,6	37,9	102,3	108,9	73,8
2-Q1	Koffer	F	26.04.2023 14:38:39,000 - 26.04.2023 14:38:44,000	5,0	58,0	64,0	64,0	6,0	37,9	97,6	103,6	69,0
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:39:48,000 - 26.04.2023 14:39:53,000	5,0	64,2	69,7	69,7	5,5	38,0	103,8	109,3	75,2
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:40:59,000 - 26.04.2023 14:41:04,000	5,0	58,8	66,3	66,3	7,5	38,0	98,4	105,9	69,8
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:41:30,000 - 26.04.2023 14:41:35,000	5,0	59,4	67,3	67,3	7,9	38,0	99,0	106,9	70,4
2-Q1	Koffer	C	26.04.2023 14:48:05,000 - 26.04.2023 14:48:10,000	5,0	56,7	60,8	60,8	4,1	37,5	96,2	100,3	67,6
2-Q1	WB	E	26.04.2023 14:49:12,000 - 26.04.2023 14:49:17,000	5,0	63,9	74,8	74,8	10,9	37,4	103,3	114,2	74,8
2-Q1	WB	E	26.04.2023 14:52:37,000 - 26.04.2023 14:52:42,000	5,0	54,2	62,0	62,0	7,8	37,4	93,6	101,4	65,1
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:53:19,000 - 26.04.2023 14:53:24,000	5,0	57,9	67,3	67,3	9,4	38,0	97,5	106,9	68,9
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:54:13,000 - 26.04.2023 14:54:18,000	5,0	59,5	67,4	67,4	7,9	38,0	99,1	107,0	70,5

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFteq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:54:51,000 - 26.04.2023 14:54:56,000	5,0	58,3	64,2	64,2	5,9	38,0	97,9	103,8	69,3
2-Q1	Koffer	B	26.04.2023 14:55:45,000 - 26.04.2023 14:55:50,000	5,0	61,4	71,0	71,0	9,6	38,0	101,0	110,6	72,4
2-Q1	Koffer	C	26.04.2023 15:03:10,000 - 26.04.2023 15:03:15,000	5,0	52,2	55,5	55,5	3,3	38,0	91,8	95,1	63,2
Q1-innen	WB	E	26.04.2023 13:56:43,000 - 26.04.2023 13:56:48,000	5,0	60,4	67,1	67,1	6,7	37,5	99,9	106,6	71,3
Q1-innen	Koffer	C	26.04.2023 14:15:02,000 - 26.04.2023 14:15:07,000	5,0	66,8	74,5	74,5	7,7	37,4	106,2	113,9	77,7
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:15:57,000 - 26.04.2023 14:16:02,000	5,0	61,4	66,8	66,8	5,4	37,5	100,9	106,3	72,3
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:20:46,000 - 26.04.2023 14:20:51,000	5,0	50,9	54,7	54,7	3,8	38,0	90,5	94,3	61,9
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:25:04,000 - 26.04.2023 14:25:09,000	5,0	54,5	57,8	57,8	3,3	38,0	94,1	97,4	65,5
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:28:15,000 - 26.04.2023 14:28:20,000	5,0	53,4	62,9	62,9	9,5	38,0	93,0	102,5	64,4
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:28:42,000 - 26.04.2023 14:28:47,000	5,0	55,3	60,2	60,2	4,9	38,0	94,9	99,8	66,3
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:29:10,000 - 26.04.2023 14:29:15,000	5,0	56,7	59,2	59,2	2,5	38,0	96,3	98,8	67,7
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:31:40,000 - 26.04.2023 14:31:45,000	5,0	51,9	55,3	55,3	3,4	38,0	91,5	94,9	62,9
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:32:12,000 - 26.04.2023 14:32:17,000	5,0	52,5	56,9	56,9	4,4	38,0	92,1	96,5	63,5
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:35:23,000 - 26.04.2023 14:35:28,000	5,0	64,3	77,4	77,4	13,1	38,0	103,9	117,0	75,3
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:37:56,000 - 26.04.2023 14:38:01,000	5,0	60,7	63,8	63,8	3,1	38,0	100,3	103,4	71,7
Q1-innen	Koffer	F	26.04.2023 14:41:25,000 - 26.04.2023 14:41:30,000	5,0	56,1	60,1	60,1	4,0	37,9	95,6	99,6	67,1
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:53:01,000 - 26.04.2023 14:53:06,000	5,0	57,6	67,2	67,2	9,6	38,0	97,2	106,8	68,6
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:53:06,000 - 26.04.2023 14:53:11,000	5,0	53,8	64,0	64,0	10,2	38,0	93,4	103,6	64,8
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:54:45,000 - 26.04.2023 14:54:51,000	5,0	56,1	57,8	57,8	1,7	38,0	95,7	97,4	67,1
Q1-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:55:23,000 - 26.04.2023 14:55:28,000	5,0	57,5	59,8	59,8	2,3	38,0	97,1	99,4	68,5
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:08:34,000 - 27.04.2023 14:08:39,000	5,0	52,1	55,1	55,1	3,0	38,0	91,7	94,7	63,1
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:10:07,000 - 27.04.2023 14:10:12,000	5,0	53,1	57,7	57,7	4,6	38,0	92,7	97,3	64,1
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:12:10,000 - 27.04.2023 14:12:15,000	5,0	56,2	65,4	65,4	9,2	38,0	95,8	105,0	67,2
1-Q1	Koffer	C	27.04.2023 14:12:40,000 - 27.04.2023 14:12:45,000	5,0	55,6	60,1	60,1	4,5	37,5	95,1	99,6	66,5
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:16:24,000 - 27.04.2023 14:16:29,000	5,0	55,5	62,0	62,0	6,5	38,0	95,1	101,6	66,5
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:17:11,000 - 27.04.2023 14:17:16,000	5,0	59,6	70,6	70,6	11,0	38,0	99,2	110,2	70,6
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:26:21,000 - 27.04.2023 14:26:26,000	5,0	58,6	69,0	69,0	10,4	37,9	98,2	108,6	69,6

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:27:00,000 - 27.04.2023 14:27:05,000	5,0	55,9	63,3	63,3	7,4	37,9	95,5	102,9	66,9
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:27:39,000 - 27.04.2023 14:27:44,000	5,0	58,5	62,7	62,7	4,2	37,9	98,1	102,3	69,5
1-Q1	Koffer	C	27.04.2023 14:28:32,000 - 27.04.2023 14:28:37,000	5,0	65,6	77,2	77,2	11,6	37,5	105,1	116,7	76,5
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:29:15,000 - 27.04.2023 14:29:20,000	5,0	59,4	62,0	62,0	2,6	38,0	99,0	101,6	70,4
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:30:13,000 - 27.04.2023 14:30:18,000	5,0	50,9	57,7	57,7	6,8	38,0	90,5	97,3	61,9
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:30:36,000 - 27.04.2023 14:30:41,000	5,0	56,5	61,9	61,9	5,4	37,9	96,1	101,5	67,5
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:31:05,000 - 27.04.2023 14:31:10,000	5,0	56,5	63,5	63,5	7,0	37,9	96,1	103,1	67,5
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:31:28,000 - 27.04.2023 14:31:33,000	5,0	53,6	56,7	56,7	3,1	38,0	93,2	96,3	64,6
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:31:56,000 - 27.04.2023 14:32:01,000	5,0	57,0	62,4	62,4	5,4	37,9	96,6	102,0	68,0
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:32:24,000 - 27.04.2023 14:32:29,000	5,0	55,8	60,8	60,8	5,0	38,0	95,4	100,4	66,8
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:32:44,000 - 27.04.2023 14:32:49,000	5,0	70,9	77,5	77,5	6,6	38,0	110,5	117,1	81,9
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:33:40,000 - 27.04.2023 14:33:45,000	5,0	61,3	66,7	66,7	5,4	37,9	100,9	106,3	72,3
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:37:36,000 - 27.04.2023 14:37:41,000	5,0	55,4	61,1	61,1	5,7	38,0	95,0	100,7	66,4
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:38:46,000 - 27.04.2023 14:38:51,000	5,0	60,7	68,3	68,3	7,6	38,0	100,3	107,9	71,7
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:39:04,000 - 27.04.2023 14:39:09,000	5,0	59,6	63,4	63,4	3,8	37,9	99,2	103,0	70,6
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:40:04,000 - 27.04.2023 14:40:09,000	5,0	60,5	63,4	63,4	2,9	37,9	100,1	103,0	71,5
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:41:21,000 - 27.04.2023 14:41:26,000	5,0	51,0	53,6	53,6	2,6	37,9	90,6	93,2	62,0
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:41:26,000 - 27.04.2023 14:41:32,000	5,0	54,2	59,4	59,4	5,2	37,9	93,8	99,0	65,2
1-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:42:53,000 - 27.04.2023 14:42:58,000	5,0	61,7	68,7	68,7	7,0	38,0	101,3	108,3	72,7
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:43:23,000 - 27.04.2023 14:43:28,000	5,0	69,3	76,2	76,2	6,9	37,9	108,9	115,8	80,3
1-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:47:11,000 - 27.04.2023 14:47:16,000	5,0	63,4	70,5	70,5	7,1	37,9	103,0	110,1	74,4
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:09:08,000 - 27.04.2023 14:09:13,000	5,0	54,9	62,3	62,3	7,4	38,0	94,5	101,9	65,9
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:10:20,000 - 27.04.2023 14:10:25,000	5,0	59,0	65,7	65,7	6,7	38,0	98,6	105,3	70,0
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:12:31,000 - 27.04.2023 14:12:36,000	5,0	56,3	62,8	62,8	6,5	38,0	95,9	102,4	67,3
2-Q1	Koffer	C	27.04.2023 14:13:13,000 - 27.04.2023 14:13:18,000	5,0	64,0	74,4	74,4	10,4	37,5	103,5	113,9	74,9
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:15:11,000 - 27.04.2023 14:15:16,000	5,0	61,8	66,2	66,2	4,4	38,0	101,4	105,8	72,8
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:16:58,000 - 27.04.2023 14:17:03,000	5,0	55,1	60,5	60,5	5,4	38,0	94,7	100,1	66,1

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:17:49,000 - 27.04.2023 14:17:54,000	5,0	62,8	65,7	65,7	2,9	37,9	102,4	105,3	73,8
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:26:36,000 - 27.04.2023 14:26:41,000	5,0	58,5	65,7	65,7	7,2	37,9	98,1	105,3	69,5
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:27:15,000 - 27.04.2023 14:27:20,000	5,0	63,0	68,5	68,5	5,5	37,9	102,6	108,1	74,0
2-Q1	Koffer	C	27.04.2023 14:27:58,000 - 27.04.2023 14:28:03,000	5,0	69,3	70,6	70,6	1,3	37,5	108,8	110,1	80,2
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:28:42,000 - 27.04.2023 14:28:47,000	5,0	64,2	70,8	70,8	6,6	38,0	103,8	110,4	75,2
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:29:27,000 - 27.04.2023 14:29:32,000	5,0	57,8	64,0	64,0	6,2	38,0	97,4	103,6	68,8
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:29:32,000 - 27.04.2023 14:29:37,000	5,0	65,9	71,5	71,5	5,6	37,9	105,5	111,1	76,9
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:30:31,000 - 27.04.2023 14:30:36,000	5,0	54,2	60,6	60,6	6,4	37,9	93,8	100,2	65,2
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:30:50,000 - 27.04.2023 14:30:55,000	5,0	62,8	73,8	73,8	11,0	38,0	102,4	113,4	73,8
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:31:16,000 - 27.04.2023 14:31:21,000	5,0	58,4	65,0	65,0	6,6	37,9	98,0	104,6	69,4
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:31:48,000 - 27.04.2023 14:31:53,000	5,0	65,2	77,0	77,0	11,8	38,0	104,8	116,6	76,2
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:32:02,000 - 27.04.2023 14:32:07,000	5,0	64,5	72,9	72,9	8,4	38,0	104,1	112,5	75,5
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:33:07,000 - 27.04.2023 14:33:12,000	5,0	63,6	71,5	71,5	7,9	37,9	103,2	111,1	74,6
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:33:53,000 - 27.04.2023 14:33:58,000	5,0	63,9	74,7	74,7	10,8	38,0	103,5	114,3	74,9
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:38:00,000 - 27.04.2023 14:38:05,000	5,0	60,5	64,7	64,7	4,2	38,0	100,1	104,3	71,5
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:38:57,000 - 27.04.2023 14:39:02,000	5,0	59,6	65,8	65,8	6,2	37,9	99,2	105,4	70,6
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:39:18,000 - 27.04.2023 14:39:23,000	5,0	60,1	61,2	61,2	1,1	37,9	99,7	100,8	71,1
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:40:19,000 - 27.04.2023 14:40:24,000	5,0	59,8	62,2	62,2	2,4	37,9	99,4	101,8	70,8
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:41:03,000 - 27.04.2023 14:41:08,000	5,0	56,5	62,4	62,4	5,9	37,9	96,1	102,0	67,5
2-Q1	Koffer	B	27.04.2023 14:41:08,000 - 27.04.2023 14:41:13,000	5,0	62,0	72,8	72,8	10,8	38,0	101,6	112,4	73,0
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:41:37,000 - 27.04.2023 14:41:42,000	5,0	53,8	57,5	57,5	3,7	37,9	93,4	97,1	64,8
2-Q1	Koffer	F	27.04.2023 14:47:22,000 - 27.04.2023 14:47:27,000	5,0	70,1	82,5	82,5	12,4	37,9	109,7	122,1	81,1
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:08:39,000 - 27.04.2023 14:08:44,000	5,0	55,1	60,0	60,0	4,9	38,0	94,7	99,6	66,1
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:10:12,000 - 27.04.2023 14:10:17,000	5,0	53,3	56,1	56,1	2,8	38,0	92,9	95,7	64,3
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:12:15,000 - 27.04.2023 14:12:20,000	5,0	56,9	60,3	60,3	3,4	38,0	96,5	99,9	67,9
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:12:24,000 - 27.04.2023 14:12:29,000	5,0	53,1	54,9	54,9	1,8	38,0	92,7	94,5	64,1
Q1-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:13:01,000 - 27.04.2023 14:13:06,000	5,0	58,3	62,0	62,0	3,7	37,5	97,8	101,5	69,2

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Q1-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:13:08,000 - 27.04.2023 14:13:13,000	5,0	59,5	64,0	64,0	4,5	37,5	99,0	103,5	70,4
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:16:39,000 - 27.04.2023 14:16:44,000	5,0	54,5	58,2	58,2	3,7	38,0	94,1	97,8	65,5
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:16:44,000 - 27.04.2023 14:16:49,000	5,0	54,9	58,6	58,6	3,7	38,0	94,5	98,2	65,9
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:26:26,000 - 27.04.2023 14:26:31,000	5,0	54,6	61,7	61,7	7,1	37,9	94,2	101,3	65,6
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:26:31,000 - 27.04.2023 14:26:36,000	5,0	54,4	59,2	59,2	4,8	37,9	94,0	98,8	65,4
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:27:05,000 - 27.04.2023 14:27:10,000	5,0	65,3	77,7	77,7	12,4	37,9	104,9	117,3	76,3
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:27:10,000 - 27.04.2023 14:27:15,000	5,0	54,5	61,8	61,8	7,3	37,9	94,1	101,4	65,5
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:27:48,000 - 27.04.2023 14:27:53,000	5,0	62,4	71,1	71,1	8,7	37,9	102,0	110,7	73,4
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:28:37,000 - 27.04.2023 14:28:42,000	5,0	55,6	69,4	69,4	13,8	37,9	95,2	109,0	66,6
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:29:20,000 - 27.04.2023 14:29:25,000	5,0	54,4	57,8	57,8	3,4	37,9	94,0	97,4	65,4
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:31:10,000 - 27.04.2023 14:31:15,000	5,0	56,1	65,1	65,1	9,0	38,0	95,7	104,7	67,1
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:32:50,000 - 27.04.2023 14:32:55,000	5,0	57,0	63,4	63,4	6,4	37,9	96,6	103,0	68,0
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:37:41,000 - 27.04.2023 14:37:46,000	5,0	67,0	77,6	77,6	10,6	37,9	106,6	117,2	78,0
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:37:46,000 - 27.04.2023 14:37:51,000	5,0	55,2	59,1	59,1	3,9	38,0	94,8	98,7	66,2
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:38:51,000 - 27.04.2023 14:38:56,000	5,0	60,3	65,9	65,9	5,6	38,0	99,9	105,5	71,3
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:39:09,000 - 27.04.2023 14:39:14,000	5,0	61,3	69,1	69,1	7,8	37,9	100,9	108,7	72,3
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:40:10,000 - 27.04.2023 14:40:15,000	5,0	59,2	59,9	59,9	0,7	37,9	98,8	99,5	70,2
Q1-innen	Koffer	B	27.04.2023 14:41:32,000 - 27.04.2023 14:41:37,000	5,0	52,8	57,0	57,0	4,2	38,0	92,4	96,6	63,8
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:42:58,000 - 27.04.2023 14:43:03,000	5,0	61,8	67,6	67,6	5,8	37,9	101,4	107,2	72,8
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:43:28,000 - 27.04.2023 14:43:33,000	5,0	65,6	67,4	67,4	1,8	37,9	105,2	107,0	76,6
Q1-innen	Koffer	F	27.04.2023 14:47:16,000 - 27.04.2023 14:47:21,000	5,0	63,6	73,2	73,2	9,6	37,9	103,2	112,8	74,6
1-Q1	Koffer	C	03.05.2023 13:55:47,000 - 03.05.2023 13:55:52,000	5,0	50,2	53,0	53,0	2,8	37,5	89,7	92,5	61,1
1-Q1	Koffer	C	03.05.2023 13:55:58,000 - 03.05.2023 13:56:03,000	5,0	48,4	51,5	51,5	3,1	37,5	87,9	91,0	59,3
1-Q1	Koffer	C	03.05.2023 13:57:48,000 - 03.05.2023 13:57:53,000	5,0	63,6	66,3	66,3	2,7	37,5	103,1	105,8	74,5
1-Q1	Koffer	D	03.05.2023 14:30:12,000 - 03.05.2023 14:30:17,000	5,0	53,5	56,4	56,4	2,9	37,4	92,9	95,8	64,4
1-Q1	Koffer	D	03.05.2023 14:33:36,000 - 03.05.2023 14:33:41,000	5,0	50,5	54,2	54,2	3,7	37,4	89,9	93,6	61,4
1-Q1	Koffer	D	03.05.2023 14:36:11,000 - 03.05.2023 14:36:16,000	5,0	52,2	55,2	55,2	3,0	37,4	91,6	94,6	63,1

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
1-Q1	Koffer	F	03.05.2023 14:47:17,000 - 03.05.2023 14:47:22,000	5,0	60,2	66,3	66,3	6,1	37,9	99,8	105,9	71,2
1-Q1	Koffer	F	03.05.2023 14:49:40,000 - 03.05.2023 14:49:45,000	5,0	51,7	58,3	58,3	6,6	37,9	91,3	97,9	62,7
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:07:07,000 - 03.05.2023 15:07:12,000	5,0	55,3	62,8	62,8	7,5	38,0	94,9	102,4	66,3
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:08:42,000 - 03.05.2023 15:08:47,000	5,0	66,9	70,5	70,5	3,6	38,0	106,5	110,1	77,9
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:09:52,000 - 03.05.2023 15:09:57,000	5,0	56,2	60,2	60,2	4,0	38,0	95,8	99,8	67,2
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:12:55,000 - 03.05.2023 15:13:00,000	5,0	56,8	59,7	59,7	2,9	38,0	96,4	99,3	67,8
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:16:57,000 - 03.05.2023 15:17:02,000	5,0	56,9	60,3	60,3	3,4	38,0	96,5	99,9	67,9
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:17:48,000 - 03.05.2023 15:17:53,000	5,0	58,1	62,8	62,8	4,7	38,0	97,7	102,4	69,1
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:19:08,000 - 03.05.2023 15:19:13,000	5,0	53,5	57,1	57,1	3,6	38,0	93,1	96,7	64,5
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:23:57,000 - 03.05.2023 15:24:03,000	5,0	55,4	60,9	60,9	5,5	38,0	95,0	100,5	66,4
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:26:12,000 - 03.05.2023 15:26:17,000	5,0	62,0	64,8	64,8	2,8	38,0	101,6	104,4	73,0
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:29:17,000 - 03.05.2023 15:29:22,000	5,0	53,1	55,7	55,7	2,6	38,0	92,7	95,3	64,1
1-Q1	Koffer	F	03.05.2023 15:29:28,000 - 03.05.2023 15:29:33,000	5,0	52,9	57,1	57,1	4,2	38,0	92,5	96,7	63,9
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:32:16,000 - 03.05.2023 15:32:21,000	5,0	52,7	60,1	60,1	7,4	38,0	92,3	99,7	63,7
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:33:05,000 - 03.05.2023 15:33:10,000	5,0	59,3	64,7	64,7	5,4	38,0	98,9	104,3	70,3
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:36:15,000 - 03.05.2023 15:36:20,000	5,0	58,2	62,3	62,3	4,1	38,0	97,8	101,9	69,2
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:38:06,000 - 03.05.2023 15:38:11,000	5,0	70,0	79,3	79,3	9,3	38,0	109,6	118,9	81,0
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:41:24,000 - 03.05.2023 15:41:29,000	5,0	56,1	59,6	59,6	3,5	38,0	95,7	99,2	67,1
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:43:22,000 - 03.05.2023 15:43:27,000	5,0	52,8	61,5	61,5	8,7	38,0	92,4	101,1	63,8
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:44:52,000 - 03.05.2023 15:44:57,000	5,0	50,4	54,2	54,2	3,8	38,0	90,0	93,8	61,4
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:47:38,000 - 03.05.2023 15:47:43,000	5,0	53,6	57,1	57,1	3,5	38,0	93,2	96,7	64,6
1-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:51:10,000 - 03.05.2023 15:51:15,000	5,0	53,8	62,5	62,5	8,7	38,0	93,4	102,1	64,8
2-Q1	Koffer	C	03.05.2023 13:55:53,000 - 03.05.2023 13:55:58,000	5,0	53,7	63,0	63,0	9,3	37,5	93,2	102,5	64,6
2-Q1	Koffer	C	03.05.2023 13:57:58,000 - 03.05.2023 13:58:03,000	5,0	63,2	65,8	65,8	2,6	37,5	102,7	105,3	74,1
2-Q1	Koffer	D	03.05.2023 14:30:50,000 - 03.05.2023 14:30:55,000	5,0	60,2	61,3	61,3	1,1	37,4	99,6	100,7	71,1
2-Q1	Koffer	D	03.05.2023 14:34:05,000 - 03.05.2023 14:34:10,000	5,0	51,4	58,0	58,0	6,6	37,4	90,8	97,4	62,3
2-Q1	Koffer	D	03.05.2023 14:36:31,000 - 03.05.2023 14:36:36,000	5,0	49,9	52,4	52,4	2,5	37,4	89,3	91,8	60,8

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
2-Q1	Koffer	D	03.05.2023 14:38:17,000 - 03.05.2023 14:38:22,000	5,0	60,5	64,6	64,6	4,1	37,4	99,9	104,0	71,4
2-Q1	Koffer	F	03.05.2023 14:47:33,000 - 03.05.2023 14:47:38,000	5,0	52,3	59,5	59,5	7,2	37,9	91,9	99,1	63,3
2-Q1	Koffer	F	03.05.2023 14:49:45,000 - 03.05.2023 14:49:50,000	5,0	55,3	61,4	61,4	6,1	37,9	94,9	101,0	66,3
2-Q1	Koffer	F	03.05.2023 14:52:02,000 - 03.05.2023 14:52:07,000	5,0	59,4	65,6	65,6	6,2	37,9	99,0	105,2	70,4
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:07:23,000 - 03.05.2023 15:07:28,000	5,0	51,4	55,1	55,1	3,7	38,0	91,0	94,7	62,4
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:09:15,000 - 03.05.2023 15:09:20,000	5,0	49,9	53,2	53,2	3,3	38,0	89,5	92,8	60,9
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:10:17,000 - 03.05.2023 15:10:22,000	5,0	53,4	59,6	59,6	6,2	38,0	93,0	99,2	64,4
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:13:18,000 - 03.05.2023 15:13:23,000	5,0	56,3	60,7	60,7	4,4	38,0	95,9	100,3	67,3
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:16:10,000 - 03.05.2023 15:16:15,000	5,0	57,7	60,9	60,9	3,2	38,0	97,3	100,5	68,7
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:18:36,000 - 03.05.2023 15:18:41,000	5,0	54,2	57,8	57,8	3,6	38,0	93,8	97,4	65,2
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:19:24,000 - 03.05.2023 15:19:29,000	5,0	54,8	59,6	59,6	4,8	38,0	94,4	99,2	65,8
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:24:22,000 - 03.05.2023 15:24:27,000	5,0	55,8	61,5	61,5	5,7	38,0	95,4	101,1	66,8
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:25:48,000 - 03.05.2023 15:25:53,000	5,0	58,3	61,6	61,6	3,3	38,0	97,9	101,2	69,3
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:27:06,000 - 03.05.2023 15:27:11,000	5,0	57,1	64,0	64,0	6,9	38,0	96,7	103,6	68,1
2-Q1	Koffer	F	03.05.2023 15:29:38,000 - 03.05.2023 15:29:43,000	5,0	54,4	62,4	62,4	8,0	37,9	94,0	102,0	65,4
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:30:30,000 - 03.05.2023 15:30:35,000	5,0	57,7	60,0	60,0	2,3	38,0	97,3	99,6	68,7
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:32:37,000 - 03.05.2023 15:32:42,000	5,0	58,8	65,1	65,1	6,3	38,0	98,4	104,7	69,8
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:34:44,000 - 03.05.2023 15:34:49,000	5,0	60,6	64,2	64,2	3,6	38,0	100,2	103,8	71,6
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:36:28,000 - 03.05.2023 15:36:33,000	5,0	53,4	57,4	57,4	4,0	38,0	93,0	97,0	64,4
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:38:22,000 - 03.05.2023 15:38:27,000	5,0	63,8	66,3	66,3	2,5	38,0	103,4	105,9	74,8
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:40:46,000 - 03.05.2023 15:40:51,000	5,0	71,9	75,6	75,6	3,7	38,0	111,5	115,2	82,9
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:41:44,000 - 03.05.2023 15:41:49,000	5,0	62,8	64,7	64,7	1,9	38,0	102,4	104,3	73,8
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:45:07,000 - 03.05.2023 15:45:12,000	5,0	51,4	53,8	53,8	2,4	38,0	91,0	93,4	62,4
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:50:50,000 - 03.05.2023 15:50:56,000	5,0	56,8	64,2	64,2	7,4	38,0	96,4	103,8	67,8
2-Q1	Koffer	B	03.05.2023 15:51:27,000 - 03.05.2023 15:51:32,000	5,0	53,0	55,9	55,9	2,9	38,0	92,6	95,5	64,0
Q1-innen	Koffer	C	03.05.2023 13:56:03,000 - 03.05.2023 13:56:08,000	5,0	47,4	49,2	49,2	1,8	37,5	86,9	88,7	58,3
Q1-innen	Koffer	C	03.05.2023 13:57:53,000 - 03.05.2023 13:57:58,000	5,0	63,4	65,8	65,8	2,4	37,5	102,9	105,3	74,3

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFteq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:30:18,000 - 03.05.2023 14:30:23,000	5,0	54,8	58,2	58,2	3,4	37,4	94,2	97,6	65,7
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:30:24,000 - 03.05.2023 14:30:29,000	5,0	60,0	61,8	61,8	1,8	37,4	99,4	101,2	70,9
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:30:29,000 - 03.05.2023 14:30:34,000	5,0	59,7	64,5	64,5	4,8	37,4	99,1	103,9	70,6
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:30:34,000 - 03.05.2023 14:30:39,000	5,0	55,4	56,2	56,2	0,8	37,4	94,8	95,6	66,3
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:30:43,000 - 03.05.2023 14:30:48,000	5,0	58,6	60,7	60,7	2,1	37,4	98,0	100,1	69,5
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:33:41,000 - 03.05.2023 14:33:46,000	5,0	51,7	61,9	61,9	10,2	37,4	91,1	101,3	62,6
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:33:46,000 - 03.05.2023 14:33:51,000	5,0	52,0	60,0	60,0	8,0	37,4	91,4	99,4	62,9
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:33:51,000 - 03.05.2023 14:33:56,000	5,0	50,0	54,3	54,3	4,3	37,4	89,4	93,7	60,9
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:33:58,000 - 03.05.2023 14:34:02,000	5,0	48,5	52,4	52,4	3,9	37,4	87,9	91,8	59,4
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:36:16,000 - 03.05.2023 14:36:21,000	5,0	50,5	52,5	52,5	2,0	37,4	89,9	91,9	61,4
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:36:21,000 - 03.05.2023 14:36:26,000	5,0	53,2	61,8	61,8	8,6	37,4	92,6	101,2	64,1
Q1-innen	Koffer	D	03.05.2023 14:36:26,000 - 03.05.2023 14:36:31,000	5,0	50,8	55,7	55,7	4,9	37,4	90,2	95,1	61,7
Q1-innen	Koffer	F	03.05.2023 14:38:11,000 - 03.05.2023 14:38:16,000	5,0	60,7	62,9	62,9	2,2	37,9	100,3	102,5	71,7
Q1-innen	Koffer	F	03.05.2023 14:47:22,000 - 03.05.2023 14:47:27,000	5,0	53,4	55,0	55,0	1,6	37,9	93,0	94,6	64,4
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 14:47:28,000 - 03.05.2023 14:47:33,000	5,0	51,1	52,9	52,9	1,8	38,0	90,7	92,5	62,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:07:12,000 - 03.05.2023 15:07:17,000	5,0	51,9	54,5	54,5	2,6	38,0	91,5	94,1	62,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:07:17,000 - 03.05.2023 15:07:22,000	5,0	56,9	66,9	66,9	10,0	38,0	96,5	106,5	67,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:08:48,000 - 03.05.2023 15:08:53,000	5,0	58,7	61,7	61,7	3,0	38,0	98,3	101,3	69,7
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:08:53,000 - 03.05.2023 15:08:58,000	5,0	55,1	63,3	63,3	8,2	38,0	94,7	102,9	66,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:09:57,000 - 03.05.2023 15:10:02,000	5,0	55,0	61,7	61,7	6,7	38,0	94,6	101,3	66,0
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:10:02,000 - 03.05.2023 15:10:07,000	5,0	53,1	56,9	56,9	3,8	38,0	92,7	96,5	64,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:10:07,000 - 03.05.2023 15:10:12,000	5,0	52,9	57,1	57,1	4,2	38,0	92,5	96,7	63,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:10:12,000 - 03.05.2023 15:10:17,000	5,0	54,5	61,6	61,6	7,1	38,0	94,1	101,2	65,5
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:13:01,000 - 03.05.2023 15:13:06,000	5,0	60,8	65,2	65,2	4,4	38,0	100,4	104,8	71,8
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:13:06,000 - 03.05.2023 15:13:11,000	5,0	64,9	68,1	68,1	3,2	38,0	104,5	107,7	75,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:13:12,000 - 03.05.2023 15:13:17,000	5,0	57,2	59,8	59,8	2,6	38,0	96,8	99,4	68,2
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:15:45,000 - 03.05.2023 15:15:50,000	5,0	63,3	65,3	65,3	2,0	38,0	102,9	104,9	74,3

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:15:50,000 - 03.05.2023 15:15:55,000	5,0	61,9	63,3	63,3	1,4	38,0	101,5	102,9	72,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:15:55,000 - 03.05.2023 15:16:00,000	5,0	59,7	62,8	62,8	3,1	38,0	99,3	102,4	70,7
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:16:00,000 - 03.05.2023 15:16:05,000	5,0	61,0	66,6	66,6	5,6	38,0	100,6	106,2	72,0
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:16:05,000 - 03.05.2023 15:16:10,000	5,0	55,9	59,2	59,2	3,3	38,0	95,5	98,8	66,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:17:02,000 - 03.05.2023 15:17:07,000	5,0	59,8	62,3	62,3	2,5	38,0	99,4	101,9	70,8
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:17:53,000 - 03.05.2023 15:17:58,000	5,0	59,0	62,6	62,6	3,6	38,0	98,6	102,2	70,0
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:17:58,000 - 03.05.2023 15:18:03,000	5,0	60,1	62,9	62,9	2,8	38,0	99,7	102,5	71,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:18:31,000 - 03.05.2023 15:18:36,000	5,0	56,6	62,7	62,7	6,1	38,0	96,2	102,3	67,6
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:19:13,000 - 03.05.2023 15:19:18,000	5,0	56,3	62,0	62,0	5,7	38,0	95,9	101,6	67,3
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:19:18,000 - 03.05.2023 15:19:23,000	5,0	51,9	53,9	53,9	2,0	38,0	91,5	93,5	62,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:24:11,000 - 03.05.2023 15:24:16,000	5,0	51,8	56,9	56,9	5,1	38,0	91,4	96,5	62,8
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:24:16,000 - 03.05.2023 15:24:21,000	5,0	53,4	57,2	57,2	3,8	38,0	93,0	96,8	64,4
Q1-innen	Koffer	F	03.05.2023 15:29:22,000 - 03.05.2023 15:29:27,000	5,0	54,1	59,8	59,8	5,7	37,9	93,7	99,4	65,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:30:24,000 - 03.05.2023 15:30:29,000	5,0	52,8	59,5	59,5	6,7	38,0	92,4	99,1	63,8
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:32:21,000 - 03.05.2023 15:32:26,000	5,0	54,3	59,4	59,4	5,1	38,0	93,9	99,0	65,3
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:32:26,000 - 03.05.2023 15:32:31,000	5,0	57,5	63,0	63,0	5,5	38,0	97,1	102,6	68,5
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:32:31,000 - 03.05.2023 15:32:36,000	5,0	55,3	59,8	59,8	4,5	38,0	94,9	99,4	66,3
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:33:10,000 - 03.05.2023 15:33:15,000	5,0	57,9	61,5	61,5	3,6	38,0	97,5	101,1	68,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:34:38,000 - 03.05.2023 15:34:43,000	5,0	58,1	61,5	61,5	3,4	38,0	97,7	101,1	69,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:36:20,000 - 03.05.2023 15:36:25,000	5,0	61,1	69,4	69,4	8,3	38,0	100,7	109,0	72,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:38:11,000 - 03.05.2023 15:38:16,000	5,0	63,9	65,9	65,9	2,0	38,0	103,5	105,5	74,9
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:38:16,000 - 03.05.2023 15:38:21,000	5,0	63,5	65,2	65,2	1,7	38,0	103,1	104,8	74,5
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:41:29,000 - 03.05.2023 15:41:34,000	5,0	59,2	61,4	61,4	2,2	38,0	98,8	101,0	70,2
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:41:34,000 - 03.05.2023 15:41:39,000	5,0	61,0	64,6	64,6	3,6	38,0	100,6	104,2	72,0
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:41:39,000 - 03.05.2023 15:41:44,000	5,0	61,7	63,3	63,3	1,6	38,0	101,3	102,9	72,7
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:43:27,000 - 03.05.2023 15:43:32,000	5,0	51,1	54,9	54,9	3,8	38,0	90,7	94,5	62,1
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:44:57,000 - 03.05.2023 15:45:02,000	5,0	48,8	51,3	51,3	2,5	38,0	88,4	90,9	59,8

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFteq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:45:02,000 - 03.05.2023 15:45:07,000	5,0	55,6	65,8	65,8	10,2	38,0	95,2	105,4	66,6
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:47:43,000 - 03.05.2023 15:47:48,000	5,0	53,7	59,0	59,0	5,3	38,0	93,3	98,6	64,7
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:51:15,000 - 03.05.2023 15:51:20,000	5,0	50,6	54,8	54,8	4,2	38,0	90,2	94,4	61,6
Q1-innen	Koffer	B	03.05.2023 15:51:20,000 - 03.05.2023 15:51:25,000	5,0	50,4	53,5	53,5	3,1	38,0	90,0	93,1	61,4

Verladevorgang Gabelhubwagen:

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFteq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
1-Q2	Koffer	B	17.04.2023 13:24:17,000 - 17.04.2023 13:24:22,000	5,0	63,1	71,9	71,9	8,8	38,0	102,7	111,5	74,1
1-Q2	Koffer	C	17.04.2023 13:28:22,000 - 17.04.2023 13:28:27,000	5,0	72,5	74,6	74,6	2,1	37,5	112,0	114,1	83,4
1-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:15:24,000 - 17.04.2023 14:15:29,000	5,0	64,9	69,2	69,2	4,3	37,5	104,4	108,7	75,8
1-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:22:14,000 - 17.04.2023 14:22:19,000	5,0	60,3	63,5	63,5	3,2	37,5	99,8	103,0	71,2
1-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:26:58,000 - 17.04.2023 14:27:03,000	5,0	63,2	72,2	72,2	9,0	37,5	102,7	111,7	74,1
1-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:27:34,000 - 17.04.2023 14:27:39,000	5,0	65,6	73,2	73,2	7,6	37,5	105,1	112,7	76,5
1-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:33:18,000 - 17.04.2023 14:33:23,000	5,0	63,9	69,7	69,7	5,8	37,5	103,4	109,2	74,8
1-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:34:59,000 - 17.04.2023 14:35:04,000	5,0	61,7	66,7	66,7	5,0	37,5	101,2	106,2	72,6
2-Q2	Koffer	B	17.04.2023 13:24:27,000 - 17.04.2023 13:24:32,000	5,0	63,8	72,7	72,7	8,9	38,0	103,4	112,3	74,8
2-Q2	Koffer	C	17.04.2023 13:28:33,000 - 17.04.2023 13:28:38,000	5,0	60,4	64,0	64,0	3,6	37,5	99,9	103,5	71,3
2-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:15:36,000 - 17.04.2023 14:15:41,000	5,0	64,9	71,4	71,4	6,5	37,5	104,4	110,9	75,8
2-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:27:12,000 - 17.04.2023 14:27:17,000	5,0	60,1	66,7	66,7	6,6	37,5	99,6	106,2	71,0
2-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:27:48,000 - 17.04.2023 14:27:53,000	5,0	69,8	74,4	74,4	4,6	37,5	109,3	113,9	80,7
2-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:33:31,000 - 17.04.2023 14:33:36,000	5,0	63,9	69,2	69,2	5,3	37,5	103,4	108,7	74,8
2-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:35:06,000 - 17.04.2023 14:35:11,000	5,0	62,6	70,9	70,9	8,3	37,5	102,1	110,4	73,5
2-Q2	Koffer	C	17.04.2023 14:35:18,000 - 17.04.2023 14:35:23,000	5,0	65,3	72,7	72,7	7,4	37,5	104,8	112,2	76,2
Q2-innen	Koffer	B	17.04.2023 13:24:22,000 - 17.04.2023 13:24:27,000	5,0	58,5	68,7	68,7	10,2	38,0	98,1	108,3	69,5
Q2-innen	Koffer	C	17.04.2023 13:28:27,000 - 17.04.2023 13:28:32,000	5,0	65,1	69,4	69,4	4,3	37,5	104,6	108,9	76,0
Q2-innen	Koffer	C	17.04.2023 14:15:29,000 - 17.04.2023 14:15:34,000	5,0	63,4	68,4	68,4	5,0	37,5	102,9	107,9	74,3
Q2-innen	Koffer	C	17.04.2023 14:27:07,000 - 17.04.2023 14:27:11,000	5,0	52,5	55,4	55,4	2,9	37,5	92,0	94,9	63,4
Q2-innen	Koffer	C	17.04.2023 14:27:39,000 - 17.04.2023 14:27:44,000	5,0	62,3	68,1	68,1	5,8	37,5	101,8	107,6	73,2

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Q2-innen	Koffer	C	17.04.2023 14:33:23,000 - 17.04.2023 14:33:28,000	5,0	61,4	67,0	67,0	5,6	37,5	100,9	106,5	72,3
Q2-innen	Koffer	C	17.04.2023 14:35:12,000 - 17.04.2023 14:35:17,000	5,0	59,8	62,2	62,2	2,4	37,5	99,3	101,7	70,7
1-Q2	Koffer	C	26.04.2023 13:57:42,000 - 26.04.2023 13:57:47,000	5,0	63,0	72,9	72,9	9,9	37,5	102,5	112,4	73,9
1-Q2	WB	E	26.04.2023 13:58:30,000 - 26.04.2023 13:58:35,000	5,0	54,9	60,7	60,7	5,8	37,4	94,3	100,1	65,8
1-Q2	WB	E	26.04.2023 13:59:44,000 - 26.04.2023 13:59:49,000	5,0	52,3	57,7	57,7	5,4	37,4	91,7	97,1	63,2
1-Q2	WB	E	26.04.2023 14:01:53,000 - 26.04.2023 14:01:58,000	5,0	54,2	60,1	60,1	5,9	37,4	93,6	99,5	65,1
1-Q2	WB	E	26.04.2023 14:02:48,000 - 26.04.2023 14:02:53,000	5,0	56,3	62,0	62,0	5,7	37,4	95,7	101,4	67,2
1-Q2	WB	E	26.04.2023 14:03:50,000 - 26.04.2023 14:03:55,000	5,0	61,2	71,6	71,6	10,4	37,4	100,6	111,0	72,1
1-Q2	WB	E	26.04.2023 14:04:40,000 - 26.04.2023 14:04:45,000	5,0	60,8	67,4	67,4	6,6	37,4	100,2	106,8	71,7
1-Q2	WB	E	26.04.2023 14:06:00,000 - 26.04.2023 14:06:05,000	5,0	49,3	51,2	51,2	1,9	37,4	88,7	90,6	60,2
1-Q2	WB	E	26.04.2023 14:06:45,000 - 26.04.2023 14:06:50,000	5,0	52,8	54,5	54,5	1,7	37,4	92,2	93,9	63,7
1-Q2	WB	E	26.04.2023 14:07:39,000 - 26.04.2023 14:07:44,000	5,0	52,5	56,9	56,9	4,4	37,4	91,9	96,3	63,4
1-Q2	Koffer	B	26.04.2023 14:12:53,000 - 26.04.2023 14:12:58,000	5,0	55,6	60,1	60,1	4,5	38,0	95,2	99,7	66,6
1-Q2	Koffer	C	26.04.2023 14:48:38,000 - 26.04.2023 14:48:43,000	5,0	54,8	61,0	61,0	6,2	37,5	94,3	100,5	65,7
2-Q2	Koffer	C	26.04.2023 13:57:52,000 - 26.04.2023 13:57:57,000	5,0	63,4	73,0	73,0	9,6	37,5	102,9	112,5	74,3
2-Q2	WB	E	26.04.2023 13:58:51,000 - 26.04.2023 13:58:56,000	5,0	63,5	72,5	72,5	9,0	37,4	102,9	111,9	74,4
2-Q2	WB	E	26.04.2023 13:59:58,000 - 26.04.2023 14:00:03,000	5,0	53,9	60,4	60,4	6,5	37,4	93,3	99,8	64,8
2-Q2	WB	E	26.04.2023 14:01:36,000 - 26.04.2023 14:01:41,000	5,0	54,8	59,0	59,0	4,2	37,4	94,2	98,4	65,7
2-Q2	WB	E	26.04.2023 14:02:03,000 - 26.04.2023 14:02:08,000	5,0	53,5	58,1	58,1	4,6	37,4	92,9	97,5	64,4
2-Q2	WB	E	26.04.2023 14:02:58,000 - 26.04.2023 14:03:03,000	5,0	53,0	59,1	59,1	6,1	37,4	92,4	98,5	63,9
2-Q2	WB	E	26.04.2023 14:06:10,000 - 26.04.2023 14:06:15,000	5,0	52,5	58,6	58,6	6,1	37,4	91,9	98,0	63,4
2-Q2	WB	E	26.04.2023 14:06:55,000 - 26.04.2023 14:07:00,000	5,0	52,4	59,3	59,3	6,9	37,4	91,8	98,7	63,3
2-Q2	WB	E	26.04.2023 14:07:49,000 - 26.04.2023 14:07:54,000	5,0	66,4	71,4	71,4	5,0	37,4	105,8	110,8	77,3
2-Q2	Koffer	B	26.04.2023 14:13:03,000 - 26.04.2023 14:13:08,000	5,0	68,6	81,0	81,0	12,4	38,0	108,2	120,6	79,6
2-Q2	Koffer	C	26.04.2023 14:48:57,000 - 26.04.2023 14:49:02,000	5,0	58,1	66,7	66,7	8,6	37,5	97,6	106,2	69,0
2-Q2	Koffer	C	26.04.2023 15:17:16,000 - 26.04.2023 15:17:21,000	5,0	61,1	69,2	69,2	8,1	37,5	100,6	108,7	72,0
Q2-innen	Koffer	C	26.04.2023 13:57:47,000 - 26.04.2023 13:57:52,000	5,0	59,6	69,2	69,2	9,6	37,5	99,1	108,7	70,5

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 13:58:35,000 - 26.04.2023 13:58:40,000	5,0	58,1	65,1	65,1	7,0	37,4	97,5	104,5	69,0
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 13:59:51,000 - 26.04.2023 13:59:56,000	5,0	51,0	52,8	52,8	1,8	37,4	90,4	92,2	61,9
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 14:01:58,000 - 26.04.2023 14:02:03,000	5,0	52,9	55,8	55,8	2,9	37,4	92,3	95,2	63,8
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 14:02:53,000 - 26.04.2023 14:02:58,000	5,0	48,7	52,2	52,2	3,5	37,4	88,1	91,6	59,6
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 14:03:55,000 - 26.04.2023 14:04:00,000	5,0	59,2	61,8	61,8	2,6	37,4	98,6	101,2	70,1
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 14:04:45,000 - 26.04.2023 14:04:50,000	5,0	59,7	63,2	63,2	3,5	37,4	99,1	102,6	70,6
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 14:06:05,000 - 26.04.2023 14:06:10,000	5,0	51,2	55,2	55,2	4,0	37,4	90,6	94,6	62,1
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 14:06:50,000 - 26.04.2023 14:06:55,000	5,0	53,2	59,1	59,1	5,9	37,4	92,6	98,5	64,1
Q2-innen	WB	E	26.04.2023 14:07:44,000 - 26.04.2023 14:07:49,000	5,0	54,1	56,9	56,9	2,8	37,4	93,5	96,3	65,0
Q2-innen	Koffer	B	26.04.2023 14:12:58,000 - 26.04.2023 14:13:03,000	5,0	56,7	62,1	62,1	5,4	38,0	96,3	101,7	67,7
Q2-innen	Koffer	C	26.04.2023 14:48:47,000 - 26.04.2023 14:48:52,000	5,0	54,0	58,2	58,2	4,2	37,5	93,5	97,7	64,9
Q2-innen	Koffer	C	26.04.2023 14:48:52,000 - 26.04.2023 14:48:57,000	5,0	55,7	63,8	63,8	8,1	37,5	95,2	103,3	66,6
Q2-innen	Koffer	C	26.04.2023 14:49:02,000 - 26.04.2023 14:49:07,000	5,0	56,0	60,6	60,6	4,6	37,5	95,5	100,1	66,9
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:14:58,000 - 27.04.2023 14:15:03,000	5,0	62,2	70,0	70,0	7,8	37,5	101,7	109,5	73,1
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:19:21,000 - 27.04.2023 14:19:26,000	5,0	62,2	70,0	70,0	7,8	37,5	101,7	109,5	73,1
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:19:59,000 - 27.04.2023 14:20:04,000	5,0	54,6	61,2	61,2	6,6	37,5	94,1	100,7	65,5
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:20:42,000 - 27.04.2023 14:20:47,000	5,0	54,2	59,9	59,9	5,7	37,5	93,7	99,4	65,1
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:21:07,000 - 27.04.2023 14:21:12,000	5,0	56,2	65,4	65,4	9,2	37,5	95,7	104,9	67,1
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:23:21,000 - 27.04.2023 14:23:26,000	5,0	56,5	61,2	61,2	4,7	37,5	96,0	100,7	67,4
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:24:22,000 - 27.04.2023 14:24:27,000	5,0	54,0	56,0	56,0	2,0	37,5	93,5	95,5	64,9
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:24:38,000 - 27.04.2023 14:24:43,000	5,0	63,4	74,1	74,1	10,7	37,5	102,9	113,6	74,3
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:25:13,000 - 27.04.2023 14:25:18,000	5,0	52,8	58,5	58,5	5,7	37,5	92,3	98,0	63,7
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:28:10,000 - 27.04.2023 14:28:15,000	5,0	54,5	59,7	59,7	5,2	37,5	94,0	99,2	65,4
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:30:19,000 - 27.04.2023 14:30:24,000	5,0	55,2	61,9	61,9	6,7	37,5	94,7	101,4	66,1
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:31:33,000 - 27.04.2023 14:31:38,000	5,0	60,5	64,2	64,2	3,7	37,5	100,0	103,7	71,4
1-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:33:46,000 - 27.04.2023 14:33:51,000	5,0	62,6	74,8	74,8	12,2	37,5	102,1	114,3	73,5
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:19:31,000 - 27.04.2023 14:19:36,000	5,0	57,9	68,4	68,4	10,5	37,5	97,4	107,9	68,8

Vorgang	Lkw-Typ	Zone	Datum Uhrzeit Start - Ende	T	Laeq	LAFmax	LAFTeq	KI	r	LWA,5s	LWAmaz	LWA,1h
				[s]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:20:57,000 - 27.04.2023 14:21:02,000	5,0	57,5	68,5	68,5	11,0	37,5	97,0	108,0	68,4
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:21:15,000 - 27.04.2023 14:21:20,000	5,0	69,0	75,4	75,4	6,4	37,5	108,5	114,9	79,9
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:23:33,000 - 27.04.2023 14:23:38,000	5,0	57,5	68,9	68,9	11,4	37,5	97,0	108,4	68,4
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:24:32,000 - 27.04.2023 14:24:37,000	5,0	56,4	66,1	66,1	9,7	37,5	95,9	105,6	67,3
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:24:52,000 - 27.04.2023 14:24:57,000	5,0	49,2	55,3	55,3	6,1	37,5	88,7	94,8	60,1
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:25:27,000 - 27.04.2023 14:25:32,000	5,0	57,2	67,0	67,0	9,8	37,5	96,7	106,5	68,1
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:25:53,000 - 27.04.2023 14:25:58,000	5,0	58,9	68,0	68,0	9,1	37,5	98,4	107,5	69,8
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:28:28,000 - 27.04.2023 14:28:33,000	5,0	58,5	66,8	66,8	8,3	37,5	98,0	106,3	69,4
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:30:43,000 - 27.04.2023 14:30:48,000	5,0	56,7	66,0	66,0	9,3	37,5	96,2	105,5	67,6
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:31:43,000 - 27.04.2023 14:31:48,000	5,0	60,4	66,2	66,2	5,8	37,5	99,9	105,7	71,3
2-Q2	Koffer	C	27.04.2023 14:33:59,000 - 27.04.2023 14:34:04,000	5,0	53,2	58,0	58,0	4,8	37,5	92,7	97,5	64,1
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:15:03,000 - 27.04.2023 14:15:08,000	5,0	59,0	65,3	65,3	6,3	37,5	98,5	104,8	69,9
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:19:26,000 - 27.04.2023 14:19:31,000	5,0	51,4	54,3	54,3	2,9	37,5	90,9	93,8	62,3
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:20:08,000 - 27.04.2023 14:20:13,000	5,0	55,8	62,4	62,4	6,6	37,5	95,3	101,9	66,7
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:20:28,000 - 27.04.2023 14:20:33,000	5,0	60,7	65,4	65,4	4,7	37,5	100,2	104,9	71,6
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:20:47,000 - 27.04.2023 14:20:52,000	5,0	49,6	51,7	51,7	2,1	37,5	89,1	91,2	60,5
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:20:52,000 - 27.04.2023 14:20:57,000	5,0	56,3	66,6	66,6	10,3	37,5	95,8	106,1	67,2
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:23:28,000 - 27.04.2023 14:23:33,000	5,0	54,6	64,0	64,0	9,4	37,5	94,1	103,5	65,5
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:24:27,000 - 27.04.2023 14:24:32,000	5,0	55,1	60,0	60,0	4,9	37,5	94,6	99,5	66,0
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:24:47,000 - 27.04.2023 14:24:52,000	5,0	52,1	61,3	61,3	9,2	37,5	91,6	100,8	63,0
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:25:18,000 - 27.04.2023 14:25:23,000	5,0	53,1	61,3	61,3	8,2	37,5	92,6	100,8	64,0
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:25:48,000 - 27.04.2023 14:25:53,000	5,0	48,7	50,1	50,1	1,4	37,5	88,2	89,6	59,6
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:28:18,000 - 27.04.2023 14:28:23,000	5,0	58,5	60,6	60,6	2,1	37,5	98,0	100,1	69,4
Q2-innen	Koffer	C	27.04.2023 14:31:38,000 - 27.04.2023 14:31:43,000	5,0	60,1	64,4	64,4	4,3	37,5	99,6	103,9	71,0

Anhang 4: Richtcharakteristik

Gabelhubwagen 07.04.2023:

Mit	Messpunkte vom 27.04.23	1	x/y	2	x/y	3	x/y	4	x/y
			3,3/4,8		3,2/18,5		-7,2/18,7		6,7/18,4
Vorgang	Datum Start - Ende	Ortsfest			Variabel				
		LAeq	LAmaz	r	LAeq	LAmaz	r	φ	DI
		[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[°]	[dB(A)]
1-Q2	27.04.2023 14:14:58,000 - 27.04.2023 14:15:03,000	62,2	70,0	40,5	63,7	72,4	22,9	158,9	1,5
1-Q2	27.04.2023 14:19:21,000 - 27.04.2023 14:19:26,000	62,2	70,0	40,5	69,7	78,3	22,9	158,9	7,5
1-Q2	27.04.2023 14:19:59,000 - 27.04.2023 14:20:04,000	54,6	61,2	40,5	59,8	68,8	8,4	55,2	5,2
1-Q2	27.04.2023 14:20:42,000 - 27.04.2023 14:20:47,000	54,2	59,9	40,5	65,7	72,4	8,4	55,2	11,5
1-Q2	27.04.2023 14:21:07,000 - 27.04.2023 14:21:12,000	56,2	65,4	40,5	67,2	77,4	8,4	55,2	11,0
1-Q2	27.04.2023 14:23:21,000 - 27.04.2023 14:23:26,000	56,5	61,2	40,5	64,2	71,8	8,4	55,2	7,7
1-Q2	27.04.2023 14:24:22,000 - 27.04.2023 14:24:27,000	54,0	56,0	40,5	64,1	79,2	22,9	158,9	10,1
1-Q2	27.04.2023 14:24:38,000 - 27.04.2023 14:24:43,000	63,4	74,1	40,5	68,1	78,9	22,9	158,9	4,7
1-Q2	27.04.2023 14:25:13,000 - 27.04.2023 14:25:18,000	52,8	58,5	40,5	54,0	61,8	22,9	158,9	1,2
1-Q2	27.04.2023 14:28:10,000 - 27.04.2023 14:28:15,000	54,5	59,7	40,5	56,6	64,4	20,6	70,0	2,1
1-Q2	27.04.2023 14:30:19,000 - 27.04.2023 14:30:24,000	55,2	61,9	40,5	58,0	67,8	20,6	70,0	2,8
1-Q2	27.04.2023 14:31:33,000 - 27.04.2023 14:31:38,000	60,5	64,2	40,5	60,0	64,2	20,6	70,0	-0,5
1-Q2	27.04.2023 14:33:46,000 - 27.04.2023 14:33:51,000	62,6	74,8	40,5	73,4	86,7	20,6	70,0	10,8
2-Q2	27.04.2023 14:19:31,000 - 27.04.2023 14:19:36,000	57,9	68,4	40,5	65,3	76,8	20,6	70,0	7,4
2-Q2	27.04.2023 14:20:57,000 - 27.04.2023 14:21:02,000	57,5	68,5	40,5	68,9	81,0	20,6	70,0	11,4
2-Q2	27.04.2023 14:21:15,000 - 27.04.2023 14:21:20,000	69,0	75,4	40,5	80,6	87,1	20,6	70,0	11,6
2-Q2	27.04.2023 14:23:33,000 - 27.04.2023 14:23:38,000	57,5	68,9	40,5	53,4	60,9	20,6	70,0	-4,1
2-Q2	27.04.2023 14:24:32,000 - 27.04.2023 14:24:37,000	56,4	66,1	40,5	62,9	71,4	20,6	70,0	6,5
2-Q2	27.04.2023 14:24:52,000 - 27.04.2023 14:24:57,000	49,2	55,3	40,5	52,0	59,9	20,6	70,0	2,8
2-Q2	27.04.2023 14:25:27,000 - 27.04.2023 14:25:32,000	57,2	67,0	40,5	60,8	70,5	20,6	70,0	3,6
2-Q2	27.04.2023 14:25:53,000 - 27.04.2023 14:25:58,000	58,9	68,0	40,5	67,3	77,2	20,6	70,0	8,4
2-Q2	27.04.2023 14:28:28,000 - 27.04.2023 14:28:33,000	58,5	66,8	40,5	66,7	75,1	20,6	70,0	8,2
2-Q2	27.04.2023 14:30:43,000 - 27.04.2023 14:30:48,000	56,7	66,0	40,5	63,7	74,4	20,6	70,0	7,0
2-Q2	27.04.2023 14:31:43,000 - 27.04.2023 14:31:48,000	60,4	66,2	40,5	65,8	75,3	20,6	70,0	5,4
2-Q2	27.04.2023 14:33:59,000 - 27.04.2023 14:34:04,000	53,2	58,0	40,5	56,5	62,9	21,8	9,8	3,3
Q2-innen	27.04.2023 14:15:03,000 - 27.04.2023 14:15:08,000	59,0	65,3	40,5	63,0	73,9	22,9	158,9	4,0
Q2-innen	27.04.2023 14:19:26,000 - 27.04.2023 14:19:31,000	51,4	54,3	40,5	51,4	53,7	22,9	158,9	0,0
Q2-innen	27.04.2023 14:20:08,000 - 27.04.2023 14:20:13,000	55,8	62,4	40,5	65,6	76,2	8,4	55,2	9,8

Q2-innen	27.04.2023 14:20:28,000 - 27.04.2023 14:20:33,000	60,7	65,4	40,5	59,5	68,1	8,4	55,2	-1,2
Q2-innen	27.04.2023 14:20:47,000 - 27.04.2023 14:20:52,000	49,6	51,7	40,5	55,7	63,6	8,4	55,2	6,1
Q2-innen	27.04.2023 14:20:52,000 - 27.04.2023 14:20:57,000	56,3	66,6	40,5	65,6	75,3	8,4	55,2	9,3
Q2-innen	27.04.2023 14:23:28,000 - 27.04.2023 14:23:33,000	54,6	64,0	40,5	69,8	81,1	8,4	55,2	15,2
Q2-innen	27.04.2023 14:24:27,000 - 27.04.2023 14:24:32,000	55,1	60,0	40,5	56,4	59,1	8,4	55,2	1,3
Q2-innen	27.04.2023 14:24:47,000 - 27.04.2023 14:24:52,000	52,1	61,3	40,5	64,0	78,7	8,4	55,2	11,9
Q2-innen	27.04.2023 14:25:18,000 - 27.04.2023 14:25:23,000	53,1	61,3	40,5	54,8	64,2	22,9	158,9	1,7
Q2-innen	27.04.2023 14:25:48,000 - 27.04.2023 14:25:53,000	48,7	50,1	40,5	54,2	61,7	22,9	158,9	5,5
Q2-innen	27.04.2023 14:28:18,000 - 27.04.2023 14:28:23,000	58,5	60,6	40,5	54,4	57,3	20,6	70,0	-4,1
Q2-innen	27.04.2023 14:31:38,000 - 27.04.2023 14:31:43,000	60,1	64,4	40,5	57,0	59,9	20,6	70,0	-3,1
Mit	Messpunkte vom 27.04.23	1	x/y	2	x/y	3	x/y	4	x/y
			3,5/4,5		3,5/9,4		3,5/17,1		0/17,2

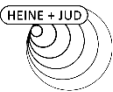
Gabelstapler 03.05.2023:

Vorgang	Datum Start - Ende	Ortsfest			Variabel				
		LAeq	LAmaz	r	LAeq	LAmaz	r	φ	DI
		[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[m]	[°]	[dB(A)]
1-Q1	03.05.2023 15:07:07,000 - 03.05.2023 15:07:12,000	55,3	62,8	38,0	56,2	66,7	5,7	52,5	0,9
1-Q1	03.05.2023 15:08:42,000 - 03.05.2023 15:08:47,000	66,9	70,5	38,0	66,9	74,3	5,7	52,5	0,0
1-Q1	03.05.2023 15:09:52,000 - 03.05.2023 15:09:57,000	56,2	60,2	38,0	63,0	67,9	5,7	52,5	6,8
1-Q1	03.05.2023 15:12:55,000 - 03.05.2023 15:13:00,000	56,8	59,7	38,0	58,7	63,9	10,1	69,9	1,9
1-Q1	03.05.2023 15:16:57,000 - 03.05.2023 15:17:02,000	56,9	60,3	38,0	62,7	70,3	10,1	69,9	5,8
1-Q1	03.05.2023 15:17:48,000 - 03.05.2023 15:17:53,000	58,1	62,8	38,0	64,4	71,2	10,1	69,9	6,3
1-Q1	03.05.2023 15:19:08,000 - 03.05.2023 15:19:13,000	53,5	57,1	38,0	58,9	65,2	17,5	78,6	5,4
1-Q1	03.05.2023 15:23:57,000 - 03.05.2023 15:24:03,000	55,4	60,9	38,0	60,3	71,0	17,2	90,0	4,9
1-Q1	03.05.2023 15:26:12,000 - 03.05.2023 15:26:17,000	62,0	64,8	38,0	63,9	67,2	17,2	90,0	1,9
1-Q1	03.05.2023 15:29:17,000 - 03.05.2023 15:29:22,000	53,1	55,7	38,0	57,7	64,8	17,2	90,0	4,6
1-Q1	03.05.2023 15:29:28,000 - 03.05.2023 15:29:33,000	52,9	57,1	38,0	56,0	58,4	17,2	90,0	3,1
1-Q1	03.05.2023 15:32:16,000 - 03.05.2023 15:32:21,000	52,7	60,1	38,0	58,3	68,9	17,2	90,0	5,6
1-Q1	03.05.2023 15:33:05,000 - 03.05.2023 15:33:10,000	59,3	64,7	38,0	66,1	74,5	17,2	90,0	6,8
1-Q1	03.05.2023 15:36:15,000 - 03.05.2023 15:36:20,000	58,2	62,3	38,0	62,6	72,8	17,2	90,0	4,4
1-Q1	03.05.2023 15:38:06,000 - 03.05.2023 15:38:11,000	70,0	79,3	38,0	66,3	73,7	17,2	90,0	-3,7
1-Q1	03.05.2023 15:41:24,000 - 03.05.2023 15:41:29,000	56,1	59,6	38,0	59,3	67,1	17,2	90,0	3,2
1-Q1	03.05.2023 15:43:22,000 - 03.05.2023 15:43:27,000	52,8	61,5	38,0	62,2	72,7	17,2	90,0	9,4
1-Q1	03.05.2023 15:44:52,000 - 03.05.2023 15:44:57,000	50,4	54,2	38,0	58,0	68,5	17,2	90,0	7,6
1-Q1	03.05.2023 15:47:38,000 - 03.05.2023 15:47:43,000	53,6	57,1	38,0	63,8	73,3	17,2	90,0	10,2

1-Q1	03.05.2023 15:51:10,000 - 03.05.2023 15:51:15,000	53,8	62,5	38,0	68,3	77,6	17,2	90,0	14,5
2-Q1	03.05.2023 15:07:23,000 - 03.05.2023 15:07:28,000	51,4	55,1	38,0	51,3	54,2	5,7	52,5	-0,1
2-Q1	03.05.2023 15:09:15,000 - 03.05.2023 15:09:20,000	49,9	53,2	38,0	58,6	63,7	5,7	52,5	8,7
2-Q1	03.05.2023 15:10:17,000 - 03.05.2023 15:10:22,000	53,4	59,6	38,0	63,1	66,9	5,7	52,5	9,7
2-Q1	03.05.2023 15:13:18,000 - 03.05.2023 15:13:23,000	56,3	60,7	38,0	61,6	67,9	5,7	52,5	5,3
2-Q1	03.05.2023 15:16:10,000 - 03.05.2023 15:16:15,000	57,7	60,9	38,0	66,5	74,3	10,1	69,9	8,8
2-Q1	03.05.2023 15:18:36,000 - 03.05.2023 15:18:41,000	54,2	57,8	38,0	62,0	68,9	17,5	78,6	7,8
2-Q1	03.05.2023 15:19:24,000 - 03.05.2023 15:19:29,000	54,8	59,6	38,0	63,4	72,9	17,5	78,6	8,6
2-Q1	03.05.2023 15:24:22,000 - 03.05.2023 15:24:27,000	55,8	61,5	38,0	62,5	73,6	17,2	90,0	6,7
2-Q1	03.05.2023 15:25:48,000 - 03.05.2023 15:25:53,000	58,3	61,6	38,0	59,0	63,3	17,2	90,0	0,7
2-Q1	03.05.2023 15:27:06,000 - 03.05.2023 15:27:11,000	57,1	64,0	38,0	60,1	65,3	17,2	90,0	3,0
2-Q1	03.05.2023 15:29:38,000 - 03.05.2023 15:29:43,000	54,4	62,4	37,9	58,8	67,8	17,2	90,0	4,4
2-Q1	03.05.2023 15:30:30,000 - 03.05.2023 15:30:35,000	57,7	60,0	38,0	64,1	66,7	17,2	90,0	6,4
2-Q1	03.05.2023 15:32:37,000 - 03.05.2023 15:32:42,000	58,8	65,1	38,0	63,3	69,6	17,2	90,0	4,5
2-Q1	03.05.2023 15:34:44,000 - 03.05.2023 15:34:49,000	60,6	64,2	38,0	62,6	66,2	17,2	90,0	2,0
2-Q1	03.05.2023 15:36:28,000 - 03.05.2023 15:36:33,000	53,4	57,4	38,0	57,8	65,0	17,2	90,0	4,4
2-Q1	03.05.2023 15:38:22,000 - 03.05.2023 15:38:27,000	63,8	66,3	38,0	67,9	72,6	17,2	90,0	4,1
2-Q1	03.05.2023 15:40:46,000 - 03.05.2023 15:40:51,000	71,9	75,6	38,0	70,2	76,4	17,2	90,0	-1,7
2-Q1	03.05.2023 15:41:44,000 - 03.05.2023 15:41:49,000	62,8	64,7	38,0	67,4	72,3	17,2	90,0	4,6
2-Q1	03.05.2023 15:45:07,000 - 03.05.2023 15:45:12,000	51,4	53,8	38,0	66,2	75,3	17,2	90,0	14,8
2-Q1	03.05.2023 15:50:50,000 - 03.05.2023 15:50:56,000	56,8	64,2	38,0	71,3	80,1	17,2	90,0	14,5
2-Q1	03.05.2023 15:51:27,000 - 03.05.2023 15:51:32,000	53,0	55,9	38,0	65,6	74,3	17,2	90,0	12,6
Q1-innen	03.05.2023 15:07:17,000 - 03.05.2023 15:07:22,000	56,9	66,9	38,0	55,4	64,8	5,7	52,5	-1,5
Q1-innen	03.05.2023 15:08:48,000 - 03.05.2023 15:08:53,000	58,7	61,7	38,0	64,3	73,4	5,7	52,5	5,6
Q1-innen	03.05.2023 15:08:53,000 - 03.05.2023 15:08:58,000	55,1	63,3	38,0	65,8	75,3	5,7	52,5	10,7
Q1-innen	03.05.2023 15:09:57,000 - 03.05.2023 15:10:02,000	55,0	61,7	38,0	66,7	75,5	5,7	52,5	11,7
Q1-innen	03.05.2023 15:10:02,000 - 03.05.2023 15:10:07,000	53,1	56,9	38,0	60,9	67,6	5,7	52,5	7,8
Q1-innen	03.05.2023 15:10:07,000 - 03.05.2023 15:10:12,000	52,9	57,1	38,0	61,4	70,4	5,7	52,5	8,5
Q1-innen	03.05.2023 15:10:12,000 - 03.05.2023 15:10:17,000	54,5	61,6	38,0	62,6	71,1	5,7	52,5	8,1
Q1-innen	03.05.2023 15:13:01,000 - 03.05.2023 15:13:06,000	60,8	65,2	38,0	69,9	77,1	5,7	52,5	9,1
Q1-innen	03.05.2023 15:13:06,000 - 03.05.2023 15:13:11,000	64,9	68,1	38,0	66,5	72,5	5,7	52,5	1,6
Q1-innen	03.05.2023 15:13:12,000 - 03.05.2023 15:13:17,000	57,2	59,8	38,0	61,5	65,7	5,7	52,5	4,3
Q1-innen	03.05.2023 15:15:45,000 - 03.05.2023 15:15:50,000	63,3	65,3	38,0	68,3	74,2	5,7	52,5	5,0

Q1-innen	03.05.2023 15:15:50,000 - 03.05.2023 15:15:55,000	61,9	63,3	38,0	63,5	67,6	5,7	52,5	1,6
Q1-innen	03.05.2023 15:15:55,000 - 03.05.2023 15:16:00,000	59,7	62,8	38,0	59,4	65,6	10,1	69,9	-0,3
Q1-innen	03.05.2023 15:16:00,000 - 03.05.2023 15:16:05,000	61,0	66,6	38,0	60,5	62,9	10,1	69,9	-0,5
Q1-innen	03.05.2023 15:16:05,000 - 03.05.2023 15:16:10,000	55,9	59,2	38,0	60,0	66,8	10,1	69,9	4,1
Q1-innen	03.05.2023 15:17:02,000 - 03.05.2023 15:17:07,000	59,8	62,3	38,0	66,3	71,9	10,1	69,9	6,5
Q1-innen	03.05.2023 15:17:53,000 - 03.05.2023 15:17:58,000	59,0	62,6	38,0	68,0	74,1	10,1	69,9	9,0
Q1-innen	03.05.2023 15:17:58,000 - 03.05.2023 15:18:03,000	60,1	62,9	38,0	65,5	72,2	17,5	78,6	5,4
Q1-innen	03.05.2023 15:18:31,000 - 03.05.2023 15:18:36,000	56,6	62,7	38,0	60,6	68,2	17,5	78,6	4,0
Q1-innen	03.05.2023 15:19:13,000 - 03.05.2023 15:19:18,000	56,3	62,0	38,0	64,9	72,5	17,5	78,6	8,6
Q1-innen	03.05.2023 15:19:18,000 - 03.05.2023 15:19:23,000	51,9	53,9	38,0	57,5	63,3	17,5	78,6	5,6
Q1-innen	03.05.2023 15:24:11,000 - 03.05.2023 15:24:16,000	51,8	56,9	38,0	57,3	68,3	17,2	90,0	5,5
Q1-innen	03.05.2023 15:24:16,000 - 03.05.2023 15:24:21,000	53,4	57,2	38,0	57,8	67,6	17,2	90,0	4,4
Q1-innen	03.05.2023 15:29:22,000 - 03.05.2023 15:29:27,000	54,1	59,8	37,9	56,7	63,7	17,2	90,0	2,6
Q1-innen	03.05.2023 15:30:24,000 - 03.05.2023 15:30:29,000	52,8	59,5	38,0	60,5	69,8	17,2	90,0	7,7
Q1-innen	03.05.2023 15:32:21,000 - 03.05.2023 15:32:26,000	54,3	59,4	38,0	59,2	64,8	17,2	90,0	4,9
Q1-innen	03.05.2023 15:32:26,000 - 03.05.2023 15:32:31,000	57,5	63,0	38,0	63,0	70,8	17,2	90,0	5,5
Q1-innen	03.05.2023 15:32:31,000 - 03.05.2023 15:32:36,000	55,3	59,8	38,0	59,5	65,7	17,2	90,0	4,2
Q1-innen	03.05.2023 15:33:10,000 - 03.05.2023 15:33:15,000	57,9	61,5	38,0	66,2	77,9	17,2	90,0	8,3
Q1-innen	03.05.2023 15:34:38,000 - 03.05.2023 15:34:43,000	58,1	61,5	38,0	63,5	68,4	17,2	90,0	5,4
Q1-innen	03.05.2023 15:36:20,000 - 03.05.2023 15:36:25,000	61,1	69,4	38,0	60,9	67,3	17,2	90,0	-0,2
Q1-innen	03.05.2023 15:38:11,000 - 03.05.2023 15:38:16,000	63,9	65,9	38,0	65,7	69,7	17,2	90,0	1,8
Q1-innen	03.05.2023 15:38:16,000 - 03.05.2023 15:38:21,000	63,5	65,2	38,0	64,8	67,1	17,2	90,0	1,3
Q1-innen	03.05.2023 15:41:29,000 - 03.05.2023 15:41:34,000	59,2	61,4	38,0	62,1	70,7	17,2	90,0	2,9
Q1-innen	03.05.2023 15:41:34,000 - 03.05.2023 15:41:39,000	61,0	64,6	38,0	62,2	69,7	17,2	90,0	1,2
Q1-innen	03.05.2023 15:41:39,000 - 03.05.2023 15:41:44,000	61,7	63,3	38,0	61,7	65,3	17,2	90,0	0,0
Q1-innen	03.05.2023 15:43:27,000 - 03.05.2023 15:43:32,000	51,1	54,9	38,0	55,6	62,1	17,2	90,0	4,5
Q1-innen	03.05.2023 15:44:57,000 - 03.05.2023 15:45:02,000	48,8	51,3	38,0	61,8	75,7	17,2	90,0	13,0
Q1-innen	03.05.2023 15:45:02,000 - 03.05.2023 15:45:07,000	55,6	65,8	38,0	61,5	75,0	17,2	90,0	5,9
Q1-innen	03.05.2023 15:47:43,000 - 03.05.2023 15:47:48,000	53,7	59,0	38,0	60,0	68,3	17,2	90,0	6,3
Q1-innen	03.05.2023 15:51:15,000 - 03.05.2023 15:51:20,000	50,6	54,8	38,0	59,2	69,1	17,2	90,0	8,6
Q1-innen	03.05.2023 15:51:20,000 - 03.05.2023 15:51:25,000	50,4	53,5	38,0	54,9	62,8	17,2	90,0	4,5

Anhang 5: Rechenmodell SoundPlan 9.0 – Gabelhubwagen 27.04.23

	Schalltechnische Untersuchung Bachelor Thesis: Verladegeräusche in Speditionen - Eingangsdaten-	Anlage A5
---	--	------------------

Projekt-Info

Projekttitel: Bachelor Thesis: Verladegeräusche in Speditionen
 Projekt Nr.:
 Projektbearbeiter: Selin Karagöz
 Auftraggeber:

Rechenlaufparameter

Reflexionsordnung	3	
Maximaler Reflexionsabstand zum Empfänger		200 m
Maximaler Reflexionsabstand zur Quelle		50 m
Suchradius	5000 m	
Filter:	dB(A)	
Zulässige Toleranz (für einzelne Quelle):		0,100 dB
Bodeneffektgebiete aus Straßenoberflächen erzeugen:		Nein
Straßen als geländefolgend behandeln:		Nein

Richtlinien:

Gewerbe: ISO 9613-2: 1996
 Luftabsorption: ISO 9613-1
 regulärer Bodeneffekt (Kapitel 7.3.1), für Quellen ohne Spektrum automatisch alternativer Bodeneffekt
 Begrenzung des Beugungsverlusts:
 einfach/mehrfach 20,0 dB /25,0 dB
 Seitenbeugung: ISO/TR 17534-3:2015 konform: keine Seitenbeugung, wenn das Gelände die Sichtverbindung unterbricht
 Verwende Glg (Abar=Dz-Max(Agr,0)) statt Glg (12) (Abar=Dz-Agr) für die Einfügedämpfung
 Umgebung:
 Luftdruck 1013,3 mbar
 relative Feuchte 70,0 %
 Temperatur 10,0 °C
 Meteo. Korr. C0(6-22h)[dB]=0,0; C0(22-6h)[dB]=0,0;
 Cmet für Lmax Gewerbe Berechnungen ignorieren: Nein
 Beugungsparameter: C2=20,0
 Zerlegungsparameter:
 Faktor Abstand / Durchmesser 8
 Minimale Distanz [m] 1 m
 Max. Differenz Bodendämpfung + Beugung 1,0 dB
 Max. Iterationszahl 4
 Minderung
 Bewuchs: ISO 9613-2
 Bebauung: ISO 9613-2
 Industriegelände: ISO 9613-2
 Bewertung: TA-Lärm 1998/2017 - Werktag
 Reflexion der "eigenen" Fassade wird unterdrückt

Geometriedaten

Gabelhubwagen 27-04-23.sit	19.06.2023 13:41:12	
- enthält:		
F001 Bodeneffekt.geo	01.06.2023 12:27:46	
G001 Bebauung.geo	01.06.2023 11:59:38	
MP003 Messpunkte.geo	19.06.2023 13:41:12	
O003 Lkws.geo	01.06.2023 09:47:10	
Q001 Schallquelle Gabelhubwagen 27.04.geo		19.06.2023 12:49:02
RG001 Rechengebiet.geo	01.06.2023 12:31:18	
RDGM9999.dgm	18.04.2023 12:15:40	

Ergebnisnr.: 9

Heine + Jud - Ingenieurbüro für Umweltakustik

SoundPLAN 9.0

HEINE + JUD

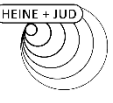
Schalltechnische Untersuchung
Bachelor Thesis: Verladegeräusche in Speditionen
- Mittlere Ausbreitung Leq-

Anlage 5

Legende

Quelle		Quelle
I oder S		Größe der Quelle (Länge oder Fläche)
S	m, m ²	Mittlere Entfernung Schallquelle - Immissionsort
Li	m	Innenpegel
Rw	dB	Schalldämm-Maß
Lw	dB(A)	Schalleistungspegel pro Anlage
L'w	dB(A)	Schalleistungspegel pro m, m ²
KI	dB	Zuschlag für Impulshaltigkeit
KT	dB	Zuschlag für Tonhaltigkeit
Ko	dB	Zuschlag für gerichtete Abstrahlung
Adiv	dB	Mittlere Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
Agr	dB	Mittlere Dämpfung aufgrund Bodeneffekt
Abar	dB	Mittlere Dämpfung aufgrund Abschirmung
Aatm	dB	Mittlere Dämpfung aufgrund Luftabsorption
dLrefl	dB(A)	Pegelerhöhung durch Reflexionen
dLw(LrT)	dB	Korrektur Betriebszeiten
dLw(LrN)	dB	Korrektur Betriebszeiten
ZR(LrT)	dB	Ruhezeitenzuschlag (Anteil)
LrT	dB	Beurteilungspegel Tag
LrN	dB(A)	Beurteilungspegel Nacht

Anhang 6: Rechenmodell SoundPlan 9.0 – Gabelstapler 03.05.2023

	Schalltechnische Untersuchung Bachelor Thesis: Verladegeräusche in Speditionen - Eingangsdaten-	Anlage A6
---	--	------------------

Projekt-Info

Projekttitel: Bachelor Thesis: Verladegeräusche in Speditionen
 Projekt Nr.:
 Projektbearbeiter: Selin Karagöz
 Auftraggeber:

Rechenlaufparameter

Reflexionsordnung	3	
Maximaler Reflexionsabstand zum Empfänger		200 m
Maximaler Reflexionsabstand zur Quelle		50 m
Suchradius	5000 m	
Filter:	dB(A)	
Zulässige Toleranz (für einzelne Quelle):		0,100 dB
Bodeneffektgebiete aus Straßenoberflächen erzeugen:		Nein
Straßen als geländefolgend behandeln:		Nein

Richtlinien:

Gewerbe: ISO 9613-2: 1996
 Luftabsorption: ISO 9613-1
 regulärer Bodeneffekt (Kapitel 7.3.1), für Quellen ohne Spektrum automatisch alternativer Bodeneffekt
 Begrenzung des Beugungsverlusts:
 einfach/mehrfach 20,0 dB /25,0 dB
 Seitenbeugung: ISO/TR 17534-3:2015 konform: keine Seitenbeugung, wenn das Gelände die Sichtverbindung unterbricht
 Verwende Glg (Abar=Dz-Max(Agr,0)) statt Glg (12) (Abar=Dz-Agr) für die Einfügedämpfung
 Umgebung:
 Luftdruck 1013,3 mbar
 relative Feuchte 70,0 %
 Temperatur 10,0 °C
 Meteo. Korr. C0(6-22h)[dB]=0,0; C0(22-6h)[dB]=0,0;
 Cmet für Lmax Gewerbe Berechnungen ignorieren: Nein
 Beugungsparameter: C2=20,0
 Zerlegungsparameter:
 Faktor Abstand / Durchmesser 8
 Minimale Distanz [m] 1 m
 Max. Differenz Bodendämpfung + Beugung 1,0 dB
 Max. Iterationszahl 4
 Minderung
 Bewuchs: ISO 9613-2
 Bebauung: ISO 9613-2
 Industriegelände: ISO 9613-2

 Bewertung: TA-Lärm 1998/2017 - Werktag
 Reflexion der "eigenen" Fassade wird unterdrückt

Geometriedaten

Gabelstapler 03-05-23.sit	19.06.2023 13:55:18	
- enthält:		
F001 Bodeneffekt.geo	01.06.2023 12:27:46	
G001 Bebauung.geo	01.06.2023 11:59:38	
MP004 Messpunkte.geo	19.06.2023 13:16:02	
O004 Lkws.geo	19.06.2023 10:26:00	
Q001 Schallquelle Gabelstapler 03.05.geo		19.06.2023 12:14:38
RG001 Rechengebiet.geo	01.06.2023 12:31:18	
RDGM9999.dgm	18.04.2023 12:15:40	

Ergebnisnr.: 1	Heine + Jud - Ingenieurbüro für Umweltakustik
----------------	---

SoundPLAN 9.0



Schalltechnische Untersuchung
Bachelor Thesis: Verladeräusche in Speditionen
- Mittlere Ausbreitung Leq-

Anlage A6

Legende

Quelle	Quelle
I oder S	Größe der Quelle (Länge oder Fläche)
S	Mittlere Entfernung Schallquelle - Immissionsort
Li	Innenpegel
Rw	Schalldämm-Maß
Lw	Schalleistungspegel pro Anlage
L'w	Schalleistungspegel pro m²
KI	Zuschlag für Impulsartigkeit
KT	Zuschlag für Tonhaltigkeit
Ko	Zuschlag für gerichtete Abstrahlung
Activ	Mittlere Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
Agr	Mittlere Dämpfung aufgrund Bodeneffekt
Abar	Mittlere Dämpfung aufgrund Abschirmung
Aatm	Mittlere Dämpfung aufgrund Luftabsorption
dLw(LrT)	Korrektur Betriebszeiten
ZR(LrT)	Ruhezeitenzuschlag (Anteil)
dLw(LrN)	Korrektur Betriebszeiten
LrT	Beurteilungspegel Tag
LrN	Beurteilungspegel Nacht



Schalltechnische Untersuchung

Bachelor Thesis: Verladegeräusche in Speditionen

- Mittlere Ausbreitung Leq-

Anlage A6

Quelle	I oder S	S	Li	Rw	Lw	L'w	KI	KT	Ko	Adiv	Agr	Abar	Aatm	dLrefl	dLw(LrT)	ZR(LrT)	dLw(LrN)	LrT	LrN
	m, m²	m	dB(A)	dB	dB(A)	dB(A)	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)	dB	dB	dB	dB(A)	dB(A)
140-2 EG	LrT 53,3 dB(A)	LrN 53,3 dB(A)	LrT,max 73,6 dB(A)	LrN,max 73,6 dB(A)															
Zone B	32	31			71,6	56,5	5,4	0,0	3	-40,7	-0,6	0,0	-0,1	1,7	11,5	0,0	11,5	51,8	51,8
Zone C	32	30			71,6	56,5	5,4	0,0	3	-40,5	-0,6	0,0	-0,1	1,0	0,8	0,0	0,8	40,7	40,7
Zone D	32	30			71,6	56,5	5,4	0,0	3	-40,4	-0,6	0,0	-0,1	1,1	5,2	0,0	5,2	45,2	45,2
Zone F	33	30			71,6	56,5	5,4	0,0	3	-40,6	-0,8	0,0	-0,1	1,6	2,3	0,0	2,3	42,4	42,4