



Handbuch »Geräuscharme Logistik«

Empfehlung zur Berechnung von Schallemissionen
alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge

In Kooperation mit:

**BBG
und
Partner**

Rechtsanwälte

PEUTZ

Gefördert durch:

Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Handbuch »Geräuscharme Logistik«

Empfehlung zur Berechnung von Schallemissionen alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge

Erstellt von:



In Kooperation mit:



Gefördert durch:

Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Impressum

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4
44227 Dortmund, Germany

www.iml.fraunhofer.de/verkehrslogistik

Erstellt von
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Arnd Bernsmann, Daniela Kirsch

BBG und Partner Partnerschaftsgesellschaft mbB
Prof. Dr. Peter Schütte, Dr. Sarah Langstädtler

Peutz Consult GmbH
Axel Hübel, David Kliesch, Michael Wirtz

Layout und Grafiken
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Viktoria Grünwald

Titelbild
© **MAN Truck & Bus**

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in dieser Studie berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten waren und deshalb von jedermann benutzt werden durften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, können die Herausgeber keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

© Fraunhofer IML, 2024

Danksagung

Wir bedanken uns bei folgenden Unternehmen und Institutionen
für die Unterstützung bei der Durchführung der Messreihen



Inhaltsverzeichnis

VORWORT	8	8	EMPFOHLENE EMISSIONSANSÄTZE FÜR DIE SCHALLTECHNISCHE PROGNOSE	62
EXECUTIVE SUMMARY	10		8.1 Prognoseansätze Fahrbewegungen	63
1 EINFÜHRUNG	12		8.2 Prognoseansatz Maximalpegel	63
2 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHEN	16		8.3 Prognoseansätze stationäre Geräusche	64
2.1 Vorgehen	18		9 MUSTERFÄLLE	66
2.2 Eingebundene Akteure	19		9.1 Musterfall 1: Anlieferung über den Kundenparkplatz an offene Rampe	70
3 RECHTSRAHMEN UND GENEHMIGUNGSVERFAHREN	22		9.2 Musterfall 2: Anlieferung über gesonderte Zufahrt an offene Rampe	75
3.1 Rechtliche Grundlagen	25		9.3 Musterfall 3: Verkehrsberuhigte Zone ohne Rampe	79
3.2 Geräuscharme Logistik im Baugenehmigungsverfahren	28		9.4 Zusammenfassung	83
3.3 Herausforderungen für geräuscharme Logistik aus der Genehmigungsperspektive	30		10 VERWENDUNGSHINWEISE	84
4 NUTZFAHRZEUGE, LOGISTIKEQUIPMENT UND TECHNISCHE AUSSTATTUNG	32		10.1 Verwendung des Handbuchs für Genehmigungsbehörden	84
4.1 Nutzfahrzeuge	33		10.2 Verwendung des Handbuchs für Schallgutachter und Unternehmen	84
4.2 Logistikequipment und technische Ausstattung	33		11 FAZIT UND AUSBLICK	86
5 MESSAUFBAU UND VORGEHEN FÜR DIE SCHALLPEGELMESSUNGEN	38		12 LITERATURVERZEICHNIS	90
5.1 Messung der Fahrbewegungen	39		ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	92
5.2 Messung der stationären Geräusche	41		ANHANG	93
5.3 Fahrbewegungen	42			
5.4 Stationäre Geräusche	44			
6 EMPFEHLUNG FÜR DAS BERECHNUNGSVERFAHREN	46			
6.1 Fahrbewegungen	47			
6.2 Stationäre Geräusche	49			
7 MESSERGEBNISSE	50			
7.1 Übersicht der Fahrzeuge	51			
7.2 Gleichmäßige Vorbeifahrt	52			
7.3 Rückwärts Rangierfahrt	54			
7.4 Beschleunigte Anfahrt	57			
7.5 Rollwagen	58			
7.6 Maximalpegel E-Lkw	59			
7.7 Vergleich Diesel-Lkw	60			



Oliver Krischer
Minister für Umwelt, Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

Lastkraftwagen, die Güter transportieren, sind für unsere Volkswirtschaft unverzichtbar. Industrie, Gewerbe, Gastronomie, Einzelhandel, Lebensmittelhandel sind auf zeitgenaue Lieferungen angewiesen. In den Ballungsräumen Nordrhein-Westfalens müssen sehr viele Menschen mit Gütern des täglichen Bedarfs versorgt werden. Konventionelle, mit fossilen Brennstoffen angetriebene Lastkraftwagen fallen hier besonders zur Last. Ihre großen Motoren erzeugen in besonderem Maße Abgase und Lärm.

Alternative Antriebe können die Nachhaltigkeitsbilanz der Logistikbranche verbessern und Güterverkehre für Mensch und Umwelt verträglicher gestalten. So erzeugen elektrisch angetriebene Lkw vor Ort keine Emissionen und fahren deutlich leiser. Befördert durch die neue EU-Flottenverbrauchsregelung sind geräuscharmere Nutzfahrzeuge mit elektrischem Antrieb insbesondere bei den kleinen bis mittleren Fahrzeugen bereits auf dem Markt zu finden. Doch auch bei größeren und schwereren Lastkraftwagen kommt diese Entwicklung langsam in Gang.

Die zunehmende Nutzung von E-Lkw bietet eine große Chance, Lieferprozesse auf der Straße und den gesamten Umschlagsprozess geräuscharmer zu gestalten. Für die Genehmigungsbehörden ergibt sich dadurch die Möglichkeit, Logistik auch in den Tagesrand- oder Nachtzeiten zu genehmigen. Durch eine gleichmäßigere Verteilung des Verkehrs auf den gesamten Tag verbessert sich insgesamt der Verkehrsfluss auf den Straßen. Dadurch sinkt gleichzeitig das Risiko für die Staubildung und die Verkehrssicherheit steigt. Durch die Nutzung der verkehrsarmen Tagesrand- und Nachtzeiten können manche Fahrten sogar vollständig vermieden werden, weil die Auslastung der einzelnen Fahrzeuge aufgrund der besser zu kalkulierenden Fahrtzeiten deutlich höher ausfallen kann.

Bisher fehlten den zuständigen Kommunen allerdings noch verlässliche Werte zu den Schallemissionen alternativ betriebener Lastkraftwagen, um Genehmigungen für den Warenumschlag zu den Tagesrand- oder Nachtzeiten erteilen zu können. Mit dem hier vorliegenden Handbuch stellen wir den Unternehmen, die geräuscharme Logistik einsetzen wollen, und den für die Genehmigung zuständigen Behörden erstmals eine breite und solide Datenbasis der Emissionswerte von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antrieben zur Verfügung. Auf dieser Grundlage können entsprechende Genehmigungsverfahren nach der geltenden technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) durchgeführt werden. Das Handbuch „Geräuscharme Logistik“ bietet also Unternehmen und Kommunen die Chance, Güterverkehre zum Wohle der Menschen und der Umwelt neu zu organisieren.

Dabei wünscht Ihnen gutes Gelingen
Ihr

Oliver Krischer
Minister für Umwelt, Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen

Executive Summary

Die Möglichkeit, täglich aus einem umfassenden Warenangebot auswählen zu können, ist für die Menschen im urbanen Raum selbstverständlich. Diese Erwartungshaltung setzt eine logistische Versorgung voraus, die nicht nur positiv zu bewerten ist. Die logistische Versorgung geht mit einem erheblichen Güterverkehrsaufkommen einher, das stetig steigt. Vor allem in den Innenstädten verdichten sich die Verkehre, auch da sich motorisierte Güter- und Personenverkehre sowie Fuß- und Radverkehr zu Stoßzeiten den knappen Straßenraum teilen müssen. Dies führt u. a. zu vermehrten Staus und Verspätungen in der Auslieferung. Negative Aspekte des dafür notwendigen Güterverkehrs liegen außerdem in der Luftverschmutzung und Lärmbelastung. Um die Waren effizient auszuliefern zu können und Verkehrsbelastungen zu reduzieren, braucht es neue Lösungsansätze.

Die **Grundidee des Logistikkonzeptes der geräuscharmen Logistik** ist es, leisere Nutzfahrzeuge mit alternativen Antriebstechnologien für die Anlieferverkehre vor 6:00 Uhr und nach 22:00 Uhr zu nutzen. Durch die Verlagerung eines Teils des Lieferverkehrs in die Nacht und Tagesrandzeiten kann die Logistik effizienter abgewickelt werden und die Verkehrsinfrastruktur ist tagsüber weniger belastet. Da die zu transportierenden Waren über einen größeren Zeitraum zugestellt werden können, werden in Summe weniger Fahrzeuge benötigt und die Verkehrsbelastung in den Städten reduziert. Die leiseren und umweltfreundlicheren Fahrzeuge können auch für die normalen Zustelltouren im Stadtgebiet eingesetzt werden. So profitieren die Bürger:innen von dem geräuscharmen Logistikkonzept auch am Tage.

Eine Verlagerung von Transporten in die Tagesrand- und Nachtzeiten ist ein Ansatz, um den Güter- und den Personenverkehr zu den Stoßzeiten (am Tag) zu entzerren. Die Nachtruhe ist ein hohes und gesetzlich geschütztes Gut. Ein Großteil der Bevölkerung fühlt sich von Verkehrslärm gestört und belästigt. Durch die neue EU-Flottenverbrauchsregelung kommen immer mehr Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben auf den Markt, welche geräuscharmer fahren. Bislang fehlten den zuständigen Behörden in den Kommunen jedoch verlässliche Werte zu den Schallemissionen dieser Nutzfahrzeuge.

Im Rahmen der Mobilitätsstudie „Geräuscharme Logistik“, welche vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert wurde, wurden Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben (batterieelektrisch, Gas, Wasserstoff) auf ihre Schallemissionen bei Anlieferprozessen an Handelsstandorten untersucht und Empfehlungen für die Verwendung der neuen Daten und die Umsetzung geräuscharmer Logistik erarbeitet. Fokus lag hierbei auf den typischen Prozessen, die bei einer Belieferung von Einzelhandelsfilialen mit Lkw vorkommen.

Für laut brummende Dieselmotoren, dröhnende Kühlaggregate, piepende Rückfahrwarner, die weit in der Umgebung hörbar sind, gibt es leisere Lösungen. Das Handbuch zeigt Ansätze auf, wie die aus schalltechnischer Sicht problematischen Vorgänge geräuscharmer gestaltet werden können. Die An- und Abfahrt der Fahrzeuge wurde in die Prozesse „Vorbeifahrt“, „beschleunigte Anfahrt“ und „Rückwärts Rangierfahrt“ unterteilt. Neben den reinen Fahrprozessen wurden auch die Schallquellen, die aus der Fahrzeugausstattung resultieren, betrachtet. Somit wurde das Gesamtsystem „Anlieferprozess“ schalltechnisch abgedeckt, so dass ein direkter Vergleich zwischen einer konventionellen Belieferung mit einem Diesel-Lkw und einer geräuscharmen Belieferung mit z. B. mit einem batterieelektrischen Lkw möglich ist.

Das Handbuch „Geräuscharme Logistik“ schließt somit eine Wissenslücke und gibt **Schallgutachterbüros und Genehmigungsbehörden** konkrete Werte für Emissionsansätze, mit denen eine Beurteilung von geräuscharmen Anliefersituationen ermöglicht wird. Für den aus Schallemissionssicht kritischen Prozess der beschleunigten Anfahrt ergibt sich beispielsweise im Vergleich zwischen Diesel und batterieelektrischen Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40 t eine Reduktion von 11,1 dB(A). Eine Pegelverringerung um 10 dB(A) empfindet das menschliche Gehör als Halbierung der Lautstärke. Durch den Einsatz von alternativ angetriebenen Nutzfahrzeugen ergibt sich eine Möglichkeit die belastenden Schallemissionen im Straßenverkehr für die Bevölkerung deutlich zu reduzieren.

Für **Unternehmen** liefert das Handbuch „Geräuscharme Logistik“ konkrete Hinweise mit welcher Antriebsart und unter welchen Bedingungen (z. B. Abstände zu Wohnbebauung) eine genehmigungskonforme Belieferung erreicht werden kann. Der Einsatz leiser Nutzfahrzeuge mit niedrigeren Schallemissionen ermöglicht Transporte nun dort, wo der Einsatz von konventionellen Dieselfahrzeugen nur eingeschränkt oder gar nicht genehmigt werden konnte. Damit ist eine Ausweitung von Anlieferzeiten denkbar, so dass Transporte in verkehrlich weniger belastete Zeiten verlagert werden können. Daraus resultieren weniger Verzögerungen durch Staus und somit effizientere Touren für die Logistikdienstleister und Handelsunternehmen und somit ein Anreiz in alternative Antriebstechniken zu investieren. Die Umsetzung geräuscharmer Logistik leistet somit auch einen Beitrag zur Verkehrswende.

Mit dem Konzept der geräuscharmen Logistik ergibt sich die Möglichkeit die vorhandene Verkehrsinfrastruktur besser auszulasten und durch die Verlagerung von Güterverkehren in weniger belastete Zeiten mehr Raum für andere Verkehrsteilnehmer zu schaffen. Zudem verringern sich die Nutzungskonkurrenzen zwischen Wohnen und Logistik, da die Lärmbelastungen verringert werden.

Maßnahmen für eine Schallreduktion bei der Anfahrt oder den Fahrwegen auf Betriebsgeländen waren bisher sehr aufwändig (Schallschutzwände) oder teilweise auch nicht umsetzbar (zu geringe Abstände). Die alternativen Antriebstechniken haben vor allem hier positive Effekte und ermöglichen es bereits bei der Schallentstehung anzusetzen. Ein kritischer Punkt bleiben jedoch die Be- und Entladeprozesse, z. B. an der Filialrampe. Die entstehenden Schallemissionen sind jedoch lokal auf einen sehr kleinen Bereich einzuschränken, an dem durch bauliche Maßnahmen (Einhausung), Mitarbeiterschulung und technische Maßnahmen (z. B. geräuscharmes Umschlagsequipment) gezielter gegengewirkt werden kann.

Zentrales Ergebnis der Mobilitätsstudie sind die neu erhobenen Schallemissionswerte für alternativ angetriebene Nutzfahrzeuge, die in den bisherigen Standardwerken nicht im Fokus standen. Diese belegen, dass diese Nutzfahrzeuge deutlich geräuscharmer sind. Somit bildet die Mobilitätsstudie die Grundlage für die Überprüfung der Genehmigungsfähigkeit im Sinne des Schallimmissionsschutzes von konkreten geräuscharmen Logistikvorhaben. Unternehmen, die in die geräuscharmeren Fahrzeuge und Technologien investieren, können in Bereichen und Zeiten tätig werden, für die die konventionellen Dieselfahrzeuge zu laut sind. Dies schafft Anreize in alternative Antriebstechnologien zu investieren. Zudem ermöglicht das Konzept der geräuscharmen Logistik eine Verlagerung von Straßengütertransporten in weniger verkehrsbelastete Zeiten und schafft über diese Entzerrung des Verkehrs freie Kapazitäten für die Nutzung durch andere Verkehrsteilnehmer am Tage.

1 Einführung



Über 18 Mio. Menschen leben in Nordrhein-Westfalen, rund 8,4 Mio. davon in den 30 Großstädten des Landes. Die Rhein-Ruhr Region ist der größte Ballungsraum Europas, ein polyzentrischer Verdichtungsraum in dem die Siedlungsgrenzen der einzelnen Städte ineinander übergehen. Um die Einwohner:innen Nordrhein-Westfalens jeden Tag mit den benötigten Waren zu versorgen, wird eine Vielzahl von Lastkraftwagen (Lkw) eingesetzt.

Gerade im Nah- und Regionalbereich liegen viele der klassischen Transportaufgaben in der Versorgung von Unternehmen und Endkunden. Hierunter fallen z. B. die Kurier-, Express und Paketdienste (KEP), oder die Distribution von Gütern im Handel (z. B. Lebensmittel), sowie der Stückgutverkehr. Diese Transporte finden zu einem Großteil am Tag statt und teilen sich den Straßenraum mit den anderen Verkehrsteilnehmer:innen. In vielen Ballungsräumen und Städten Nordrhein-Westfalens kommt es täglich zu einer Überlastung der zur Verfügung stehenden Straßeninfrastruktur mit negativen Auswirkungen wie Staus, erhöhte Luftschadstoffe und Lärmbelastungen sowie Unfällen.

Für die Logistikdienstleister bedeuten die Staus aber auch schlechter planbare Touren, Zeitverluste, einen höheren Kraftstoffverbrauch, Effizienzeinbußen beim Einsatz ihres Personals und der Fahrzeuge. Teilweise müssen zusätzliche Fahrzeuge eingesetzt werden, um die Lieferzusagen beim Kunden (Belieferungszeitpunkt) einhalten zu können. Eine zeitliche Entzerrung der Verkehre wäre ein möglicher Lösungsweg. Die Transporte könnten zu Tagesrandzeiten oder in der Nacht durchgeführt werden, also in Zeiten, in denen die Straßen nicht so belastet sind.

Allerdings dürfen viele Einzelhandelsstandorte (z. B. Supermärkte) nur zu den genehmigten Betriebszeiten beliefert werden (Festlegung im Bebauungsplan z. B. 6:00 bis 22:00 Uhr). Dies hängt mit der Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) zusammen. Die TA Lärm dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche und regelt u. a. die zulässigen Immissionsrichtwerte für Schall an Gewerbestandorten. Die Schallimmissionen, die bei der Belieferung mit dieselbetriebenen Straßengüterfahrzeugen entstehen liegen meist über den zulässigen Richtwerten und verhindern somit eine genehmigungskonforme Anlieferung in den Tagesrandzeiten oder in der Nacht.

Ein Alleinstellungsmerkmal batterieelektrisch betriebener Nutzfahrzeuge besteht in dem geräuscharmeren Betrieb. Nach der Feinstaubdebatte und Einrichtung von Umweltzonen in deutschen Ballungsräumen wirken sich mittelfristig die Lärmproblematik und die daraus resultierende Verschärfung der Gesetzgebung auf die urbane Versorgung aus. Verschiedene Forschungs- und Demonstrationsprojekte [6, 12, 19] haben gezeigt, dass es technisch und wirtschaftlich möglich ist, batterieelektrisch betriebene Nutzfahrzeuge erfolgreich für Lieferverkehre einzusetzen und somit auch stadtverträglichere Logistikketten in dichtbesiedelten Räumen zu realisieren. Das vom Fraunhofer IML im Jahr 2017 abgeschlossene Forschungsprojekt „Geräuscharme Nachtlogistik“ (GeNaLog) [9] hat bei der Belieferung von Handelsfilialen im urbanen Raum unter Realbedingungen erfolgreich nachgewiesen, dass die relevanten Lärmrichtwerte je nach Gebietsausweisung im Flächennutzungsplan eingehalten werden können. Bei nächtlichen Belieferungen können Ineffizienzen aufgrund von Staus und stockendem Verkehr vermieden werden.

Der Stand der Technik im Nutzfahrzeugbereich und bei dem eingesetzten Logistikequipment entwickelt sich weiter und viele deutsche Hersteller haben den „geräuscharmen“ Betrieb als Marktsegment bereits erkannt. Auch aufgrund der Nachfrage aus europäischen Nachbarländern (z. B. Niederlande, Frankreich, Skandinavien) sind in den letzten Jahren weitere geräuscharme Innovationen hinzugekommen. Das aktuell stark wachsende Fahrzeugangebot für E-Lkw-Serienfahrzeuge macht geräuscharme Logistik in Deutschland für immer mehr Logistikdienstleister als neues Konzept interessant.

Der Nutzervorteil durch die erweiterten Tourenzeiten bei Nutzung auch an Tagesrand- und Nachtzeiten geräuscharmer Nutzfahrzeuge ist ein Anreiz für Unternehmen, in diese Technologien zu investieren. Die Logistikunternehmen benötigen für die Beschaffung von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien allerdings Rechtssicherheit. Nur wenn die geräuscharme Nachtlogistik in der Anwendung abgesichert ist, lohnen sich die höheren Investitionen und die Umstellung von Logistikprozessen.

Handbuch „Geräuscharme Logistik“

Um die neuen Möglichkeiten des Verkehrskonzepts der geräuscharmen Logistik zu erschließen, wurde das Handbuch „Geräuscharme Logistik“, durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert. Vor allem eine Reduktion der Lärmbelastung durch den Straßengüterverkehr sowie eine Verlagerung von Transporten in die Tagesrand- und Nachtzeiten und hierdurch die Entzerrung des Güter- und Personenverkehrs zu den Stoßzeiten am Tag standen im Fokus.

Das Handbuch stellt eine Hilfestellung für die Ermittlung und Bewertung von Schallimmissionen geräuscharmer Logistik dar. Es enthält Empfehlungen zur Berechnung der Schallimmissionen von alternativ angetriebenen Nutzfahrzeugen und geräuscharmer Fahrzeugausstattung sowie Messergebnisse logistischer Musterfälle. Es bildet somit die benötigte Bewertungsgrundlage für die Genehmigungsbehörden im Rahmen der TA Lärm. Das Handbuch kann in allen Genehmigungsbereichen des Bau-, Immissions- und Fachplanungsrechts angewendet werden, in dem Logistikvorhaben zu genehmigen sind. Geräuscharme Logistik kann somit besser beurteilt und die Reduktion der Schallemissionen durch alternativ angetriebene Nutzfahrzeuge und geräuscharmem Logistikequipment bei dem Genehmigungsverfahren berücksichtigt werden.

Die neuen E-Lkw können die logistischen Anforderungen für die Verteilverkehre im Nah- und Regionalbereich in Bezug auf Reichweite, Nutzlast je nach Einsatzbereich abdecken. Besonders für das Einsatzfeld im urbanen Raum ist die Leistungsfähigkeit meistens ausreichend. Der Einsatz benötigt aber eine bessere Planung der Touren im Vorfeld, da nur so Batteriedimensionierung, Ladebedarf und Ladezeiten berücksichtigt werden können. Entwicklungsbedarf besteht jedoch noch bei der Hängertauglichkeit der E-Lkw. Auch die Reichweiteeinbußen bei kalten Witterungsverhältnissen im Winter müssen im Logistikeinsatz berücksichtigt werden.

Mittelschwere und schwere Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben haben bis heute keine nennenswerte Verbreitung in der Logistik gefunden, obwohl sie große Potenziale für nachhaltige Logistikkonzepte und intelligente Auslieferungssysteme bieten. Um die zwei- bis dreimal höheren Investitionskosten eines schweren E-Lkw [9] über die geringeren Betriebskosten wieder zu kompensie-

ren, müssen die Fahrzeuge möglichst viele Tourkilometer ableisten oder effizienter eingesetzt werden. Eine Verlagerung der Touren in die Tagesrandzeiten und die Nacht bietet hier neue Möglichkeiten. Durch die Ausweitung der Betriebszeiten und einer effizienteren Belieferung in den weniger verkehrsintensiven Zeiten, können die Fahrzeuge für mehr Touren pro Tag eingesetzt werden.

Dies führt dazu, dass für die Zustellung der gleichen Belieferungsmenge weniger Fahrzeuge benötigt werden. Ein mögliches Szenario wäre dann, dass drei konventionelle Diesel-Lkw, die nur am Tag eingesetzt werden können, durch zwei batterieelektrische Fahrzeuge mit ausgeweiteten Betriebszeiten ersetzt werden. Dies wäre ein deutlicher Anreiz für Unternehmen in batterieelektrische Nutzfahrzeuge zu investieren.

Die Nutzung der weniger belasteten Infrastruktur in der Nacht hat zudem positive Umwelteffekte und ist bei knappen Mitteln der öffentlichen Hand ohne hohe Investitionen und lange Planungszeiten umsetzbar.

2 Aufgabenstellung und Vorgehen



© Fraunhofer IML

Logistik findet im Herzen der Städte statt. Sie ver- und entsorgt die ansässigen Unternehmen, den Handel und die Bürger:innen und fördert mit dem Warenangebot attraktive und lebenswerte Städte. Der Güterverkehr verursacht aber auch Belastungen. Durch den Verkehr werden insbesondere Geräusche und Luftschadstoffe emittiert.

Bezüglich der Geräuschimmissionen kann das Konzept der geräuscharmen Logistik durch niedrigere Geräuschemissionen Abhilfe schaffen. Geräuscharme Logistik umschreibt die Nutzung alternativer Fahrzeugantriebe (insbesondere Wasserstoff-, Hybrid- und batterieelektrische Antriebe) und die entsprechende Fahrzeugausstattung zur Lärmreduktion. Hierzu werden Fahrzeuge mit alternativen Antrieben und Fahrzeugtechnik eingesetzt, die geräuschärmer als konventionelle Diesel-Fahrzeuge sind. Zudem werden speziell für den geräuschärmeren Einsatz konzipierte Ladehilfsmittel bei den Be- und Entladevorgängen verwendet. Bauliche Maßnahmen am Belieferungsort und die Schulung des Fahrpersonals sind weitere Möglichkeiten, die bei der geräuscharmen Logistik berücksichtigt werden.

Das vorliegende Handbuch stellt eine Hilfestellung für die Ermittlung und Bewertung von Schallemissionen geräuscharmer Logistik dar. Es enthält Empfehlungen zur Berechnung der Schallemissionen von alternativ angetriebenen Nutzfahrzeugen und geräuscharmer Fahrzeugausstattung sowie Messergebnisse logistischer Musterfälle.

Als **geräuscharme Logistik** wird in diesem Handbuch eine Logistik unter Nutzung alternativer und insbesondere elektrischer Antriebe bezeichnet, deren lärmrelevanten Einzelquellen dem Stand moderner Lärminderungstechnik entsprechen.



Das Handbuch richtet sich insbesondere an Vorhabenträger:innen, die an ihren Vorhabenstandorten geräuscharme Logistik einsetzen möchten. Sofern Vorhabenträger:innen, beispielsweise von Standorten des Handels oder Logistikflächen, eine behördliche Genehmigung für ihre Logistikaktivitäten unter Nutzung geräuscharmer Logistik benötigen, etwa im Rahmen einer Baugenehmigung, immissionsschutzrechtlichen Genehmigung oder Planfeststellung, müssen sie in den notwendigen Genehmigungsverfahren als Antragsteller:innen die Antragsunterlagen für eine Genehmigung erstellen. Dabei können die in diesem Handbuch vorgestellten Messmethoden genutzt werden, um Einzelfallbezogene Schallpegelmessungen durchzuführen. Zudem können die in diesem Handbuch standardisiert ermittelten Werte für Schallemissionen alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge und geräuscharmer Logistikequipments für die Darlegung des Logistikkonzeptes zugrunde gelegt werden.

Zudem können Schallgutachter:innen das Handbuch als Grundlage für die Erstellung von Lärmgutachten nutzen, die ebenfalls in Verfahren zur Genehmigung von Logistikaktivitäten vorgelegt bzw. von Genehmigungsbehörden eingefordert werden können.

Schließlich richtet sich dieses Handbuch auch an die Genehmigungsbehörden, da sie die auf Grundlage dieses Handbuchs in Antragsunterlagen oder Lärmgutachten dargelegten zu erwartenden Schallemissionen von Logistikkonzepten geräuscharmer Logistik leichter nachvollziehen und ihrer Prüfung zugrunde legen können.

2

Das Handbuch kann in allen Genehmigungsbereichen des Bau-, Immissions- und Fachplanungsrechts angewendet werden, in dem Logistikvorhaben zu genehmigen sind. Geräuscharme Logistik kann überall dort eingesetzt werden, wo schon bislang herkömmliche Logistik genutzt wird bzw. zukünftig genutzt werden soll. Dies kann sowohl Vorhabenstandorte betreffen, die einer Baugenehmigung bedürfen, als auch solche, die einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung oder Planfeststellung bedürfen. Gleichwohl fokussiert das Handbuch in seiner Darstellung auf bestimmte Anwendungsfälle. Dabei handelt es sich um die Nutzung von geräuscharmer Logistik an Einzelhandelsstandorten im urbanen Raum. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass die Darstellungen und gewonnenen Erkenntnisse des Handbuchs auch auf andere Anwendungsfälle, an denen geräuscharme Logistik eingesetzt werden soll, wie z. B. Logistiktutzungen im ländlichen Raum, Binnenhäfen oder Umschlagdepots, übertragen werden können.

2.1 VORGEHEN

Als Untersuchungsraum wurde die Urbane Logistik, der städtische Verteilverkehr, ausgewählt, da es hier zu den stärksten Nutzungskonkurrenzen zwischen Wohnen und Logistik kommt. Bei den Anliefersituationen bzw. Prozessen wurden vor allem die Branchen betrachtet, die für einen bedeutenden Anteil der transportierten Waren im urbanen Raum verantwortlich sind (u. a. Lebensmittel, Systemgastronomie).

Als Grundlage für die Erstellung des Handbuchs „Geräuscharme Logistik“ wurde ein Überblick der rechtlichen Grundlagen und Zuständigkeiten für Genehmigungsverfahren erarbeitet. Hierbei wurden die relevanten rechtlichen Verordnungen und Richtlinien in Bezug auf eine geräuscharme Logistik identifiziert (vgl. Kapitel 3). Des Weiteren wurden Einschätzungen zu den Herausforderungen der geräuscharmen Logistik aus der Genehmigungsperspektive eingeholt und die aktuell praktizierten Genehmigungsabläufe für Einzelhandelsstandorte im urbanen Raum aufgenommen. Zudem wurde die derzeitige Rolle der geräuscharmen Logistik in dem Baugenehmigungsverfahren und Möglichkeiten für eine stärkere Beachtung herausgearbeitet. Dazu wurden Gespräche mit Behördenmitarbeiter:innen aus Kommunen in Nordrhein-Westfalen geführt.

Ziel war es, den zu skizzierenden und zu beschreibenden Ablauf der Baugenehmigungsverfahren mit Einblicken aus der Praxis anzureichern. Die Ergebnisse der Gespräche sowie Anpassungsvorschläge zur Einbindung der geräuscharmen Logistik in Genehmigungsverfahren wurden in einem Online-Workshop mit Kommunal-, Landes- und Verbändevertreter:innen diskutiert. Die Hinweise aus den Gesprächen und der Diskussion wurden in die laufende Projektarbeit und die Ausgestaltung des Handbuchs aufgenommen.

In einem nächsten Schritt wurden die typischen Anliefersituationen und logistischen Prozesse, die bei einer Belieferung notwendig sind, identifiziert. Als Ergebnis wurden die Messreihen auf die relevanten Gewichtsklassen der Lkw (7,5 t, 12 t, 18 t, 26 t und 40 t) und die alternativen Antriebe (batterieelektrisch, gasbetrieben (CNG/LNG) und Wasserstoff) ausgerichtet. Zudem wurde geräuscharmes logistisches Equipment (z. B. Rollcontainer) oder technische Ausstattungen (z. B. Kühlaggregate, Rückfahrwarner) schalltechnisch bewertet (vgl. Kapitel 4).

Der Messaufbau und das Vorgehen für die Schallpegelmessungen orientierte sich an den typischen Prozessen, die bei Verteilverkehren (Fahrbewegungen) und der Ent- und Beladung an Handelsfilialen (stationäre Geräusche) vorkommen. Der Messaufbau orientiert sich dabei an bestehenden relevanten Richtlinien und Vorgaben, so dass die Messergebnisse mit Vorgängerstudien und Standardwerken, die die konventionellen Diesel-Lkw schalltechnisch untersuchen, vergleichbar sind (vgl. Kapitel 5).

Für eine bessere Nachvollziehbarkeit der Messergebnisse wurden die Berechnungsverfahren für die Ermittlung der längenbezogenen Schalleistungspegel und die zugehörigen Formeln beschrieben (vgl. Kapitel 6). Die statistischen Auswertungen der schalltechnischen Messungen wurden aufbereitet und unterteilt nach Antriebsart und zulässigem Gesamtgewicht (zGG) der Fahrzeuge für die einzelnen logistischen Vorgänge dargestellt (vgl. Kapitel 7). Eine Zusammenfassung der Messergebnisse erfolgt in den Empfehlungen für die Verwendung der Emissionsansätze für die schalltechnische Prognose (vgl. Kapitel 8).

Um die Vorteile des Einsatzes von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben aus der Sicht des Schallimmissionsschutzes zu zeigen, erfolgte am Beispiel von drei Musterfällen für innerstädtische Anliefersituationen von Lebensmittelmärkten ein Vergleich der Geräuschimmissionen bei Anlieferung durch Diesel-Lkw und batterieelektrische Lkw. Die Unterschiede der Schallimmissionen durch die Auswirkungen der verringerten Schallemissionen wurden durch Isophonenkarten bildlich dargestellt (vgl. Kapitel 9).

2.2 EINGEBUNDENE AKTEURE

Federführend wurde das Vorhaben durch das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML durchgeführt. Mit BBG und Partner wurde für die Berücksichtigung des relevanten Rechtsrahmens und der Genehmigungsverfahren eine Kanzlei für Verwaltungsrecht und Immissionsschutzrecht hinzugezogen. Das Schallgutachterbüro Peutz Consult wurde mit der Auswahl der Mess- und Beurteilungsverfahren sowie der Durchführung der Messreihen beauftragt.

Gefördert wurde diese Mobilitätsstudie durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, welches im Konzept der geräuscharmen Logistik eine Möglichkeit sieht, Verkehre vom Tag in die Tagesrand- und Nachtzeiten zu verlagern und hierdurch Verkehre zu vermeiden, zu verlagern und stadtverträglicher abwickeln zu können.

Da der Güterverkehr und Schallimmissionen ein Querschnittsfeld sind, das viele Lebensbereiche berührt, wurden bereits zu Beginn des Vorhabens im Jahr 2021 Fachabteilungen des Ministeriums für Verkehr und des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen für die Ausrichtung und Durchführung eingebunden. Eine besondere Rolle hat dabei das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) eingenommen. Da die Vergleichbarkeit der Messergebnisse mit anderen Studien (z. B. HLNUG-Studie [11]) und die Anwendbarkeit für schalltechnische Prognosen von Lkw Fahrgeräuschen für die spätere Verwendung durch die Genehmigungsbehörden in Genehmigungsverfahren ein

2

wichtiges Ziel des Vorhabens ist, wurden die gewählten Messverfahren und Auswertungsmethoden mit dem LANUV NRW abgestimmt.

Für die inhaltliche Ausrichtung des Handbuchs und die spätere Verwertbarkeit der Ergebnisse wurden Gespräche mit Verantwortlichen in sieben Kommunen des Landes Nordrhein-Westfalen² geführt. Die Erkenntnisse aus den Gesprächen sind in die rechtliche Betrachtung eingeflossen.

Für die Durchführung der Messreihen wurde das Vorhaben von Herstellern alternativ angetriebener Fahrzeuge und von Logistikdienstleistern, die diese Fahrzeuge einsetzen, unterstützt, indem sie die Fahrzeuge, das Fahrpersonal und ihre Betriebshöfe für die Messreihen zur Verfügung stellten. Zudem wurden Rollwagen als geräuscharmes Logistikequipment und Fahrzeugausstattung, bspw. Kühlaggregate von den jeweiligen Herstellern bzw. Nutzenden für die Messungen bereitgestellt.

Das Vorhaben wurde auf verschiedenen Veranstaltungen einem Fachpublikum aus der Logistikbranche, dem Handel, der Wissenschaft und der öffentlichen Hand vorgestellt. Vor allem im Themenkreis Urbane Logistik der Bundesvereinigung Logistik (BVL), auf Veranstaltungen des Bundesverband Wirtschaft, Verkehr und Logistik (BWVL) und Treffen des Handelsverbands Deutschland (HDE) wurde über den Projektstand informiert und Hinweise aus der Praxis in die Projektarbeit aufgenommen.

Zur Mitte der Projektlaufzeit zeichnete sich ab, dass eine Definition „Geräuscharme Logistik“ und standardisierte Mess- und Auswerteverfahren für die Beurteilung durch Genehmigungsbehörden hilfreich sind. In Abstimmung mit dem LANUV NRW hat das Fraunhofer IML daher einen Antrag beim Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) für die Bildung eines Arbeitskreises „Geräuscharme Logistik“ gestellt. Die konstituierende Sitzung des NA 001-02-03-22 AK „Geräuscharme Logistik“ fand am 28. November 2023 in Berlin statt.

Die Ergebnisse der Messungen zeigen vor allem deutliche Schallreduzierungen bei den Fahrwegen der Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben im Vergleich zu mit Diesel betriebenen Lkw. Kritische Punkte bleiben nach wie vor die Be- und Entladeprozesse, d. h. die Umschlagprozesse an den Wareneingängen der Filialen. Hierzu wurde Anfang 2024 eine weitere Studie durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen bewilligt. Die Studie zu den geräuscharmen Be- und Entladeprozessen bei der Anlieferung von Einzelhandelsstandorten wird durch das Fraunhofer IML, Peutz Consult und die Motion Miners bearbeitet.

² Stadt Bielefeld, Stadt Bochum, Stadt Bonn, Stadt Düsseldorf, Stadt Essen, Stadt Herne, Stadt Köln

3 Rechtsrahmen und Genehmigungsverfahren



© ALDI Nord Deutschland

Basis geräuscharmer Logistikkonzepte sind die neuen Möglichkeiten und Anreize für den Einsatz von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien und die damit verbundene Lärmreduktion. Die hierfür wesentlichen Rechtsvorschriften finden sich im Immissionsschutzrecht. Sollen Vorhabenstandorte unter Einsatz geräuscharmer Logistik betrieben werden, ist die Einhaltung der immissionsschutzrechtlichen Vorgaben im Rahmen des für die Errichtung und den Betrieb des Vorhabens erforderlichen Genehmigungsverfahrens zu prüfen. Dies gilt auch für die im Fokus dieses Handbuchs stehende Logistik an Einzelhandelsstandorten im urbanen Raum unter Nutzung geräuscharmer Logistik.

Das **Immissionsschutzrecht** verfolgt das Ziel, den Menschen und seine Umwelt vor schädlichen Umwelteinwirkungen wie Lärm zu schützen. Dafür sieht das Immissionsschutzrecht unterschiedliche Maßnahmen zur Lärmreduktion und Richt- bzw. Grenzwerte für zulässige Schallemissionen und -immissionen vor.

Unter dem **öffentlichen Baurecht** ist die Gesamtheit aller Rechtsvorschriften zu verstehen, die die Zulässigkeit und die Grenzen, die Ordnung und die Förderung der baulichen Nutzung des Bodens, insbesondere durch Errichtung, bestimmungsgemäße Nutzung, wesentliche Veränderung und Beseitigung baulicher Anlagen, betreffen.

i Neben rechtlichen Vorgaben für zulässige Lärmimmissionen ganzer Logistikkonzepte existieren rechtliche Vorschriften zu den zulässigen Schallemissionen einzelner Fahrzeuge. Diese Vorgaben sind Teil des Straßenverkehrs- bzw. Straßenverkehrszulassungsrechts, das sich auf die Rechte und Pflichten der Teilnehmer am Straßenverkehr und die Zulassungsvoraussetzungen für Fahrzeuge zur Teilnahme am Straßenverkehr bezieht. Das Straßenverkehrs(zulassungs)recht wird in diesem Handbuch nicht ausführlich behandelt. Hierfür relevante Rechtsvorschriften sind jedoch Teil des „Anhangs des Handbuchs ‚Geräuscharme Logistik‘: Erläuterungen zum Rechtsrahmen“. Im Übrigen wird in diesem Handbuch davon ausgegangen, dass Fahrzeuge und deren Ausstattung, die für den Einsatz in geräuscharmen Logistikkonzepten geeignet sind, die Vorgaben des Straßenverkehrs(zulassungs)rechts einhalten.

Weitere Vorschriften, die für geräuscharme Logistik von Relevanz sind, folgen aus dem öffentlichen Baurecht. Die Bedeutung des öffentlichen Baurechts für geräuscharme Logistik folgt aus den in diesem Handbuch im Fokus stehenden Vorhaben, nämlich Einzelhandelsstandorte im urbanen Raum, an denen geräuscharme Logistik eingesetzt werden soll. Hierbei sind zwei Fallkonstellationen zu erwarten:

1. An einem bereits errichteten und betriebenen Einzelhandelsstandort im urbanen Raum soll geräuscharme Logistik eingesetzt werden, um Geräuschimmissionen am Tag zu reduzieren und An- und Ablieferungen gegebenenfalls in die Zeit vor 6:00 Uhr morgens bzw. nach 22:00 Uhr abends zu verlagern. Dies kann zu einer Änderung des Betriebskonzepts führen.
2. Es soll ein neuer Einzelhandelsstandort im urbanen Raum errichtet und betrieben werden, an dem mit geräuscharmer Logistik Geräuschimmissionen am Tag reduziert und An- und Ablieferungen gegebenenfalls in die Zeit vor 6:00 Uhr morgens bzw. nach 22:00 Uhr abends stattfinden. In diesem Fall ist die geräuscharme Logistik von Beginn an Teil des Betriebskonzepts.

Diese beiden Anwendungsfälle werden als „Vorhaben“ der nachfolgenden Darstellung des Status Quo der rechtlichen Grundlagen zugrunde gelegt. Sie bedürfen in der Regel einer Baugenehmigung, deren Voraussetzungen und Genehmigungsverfahren im öffentlichen Baurecht geregelt sind. Mit der Baugenehmigung wird das (geräuscharme) Logistikkonzept als Teil des (geänderten) Betriebs mitgenehmigt.

Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens sind die immissionsschutzrechtlichen Vorgaben zu den zulässigen Lärmimmissionen durch die zuständigen Behörden zu prüfen.

Darüber hinaus sind für die geräuscharme Logistik auch die allgemeinen Vorgaben des Verwaltungsverfahrenrechts von Relevanz, die in sämtlichen Genehmigungsverfahren und damit unter anderem auch in Baugenehmigungsverfahren zu beachten sind.

Einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung oder einer Planfeststellung bedarf es für die im Fokus dieses Handbuchs stehenden Vorhaben regelmäßig nicht. Die immissionsschutzrechtlichen Vorgaben zur Zulässigkeit von Lärmimmissionen gelten jedoch gleichermaßen auch in immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren und Planfeststellungsverfahren, sodass die nachfolgenden Ausführungen auch auf Vorhaben übertragbar sind, die einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung oder einer Planfeststellung bedürfen.

Rechtsrahmen für geräuscharme Logistik

Für geräuscharme Logistik existieren keine gesonderten Rechtsvorschriften, die nur für diese Art von Logistik gelten. Die für geräuscharme Logistik und ihren Einsatz bei den in diesem Handbuch im Fokus stehenden Vorhaben wesentlichen Rechtsvorschriften entstammen dem **Immissionsschutz-, Bau-, Verwaltungsverfahren-** und **Straßenverkehrs(zulassungs)recht**, die bis auf die Letztgenannten in diesem Handbuch bzw. dem Anhang näher erläutert werden.

Nutzung geräuscharmer Logistik bei Vorhaben, die einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung oder Planfeststellung bedürfen

Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen, von denen typischerweise schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen können, bedürfen einer **immissionsschutzrechtlichen Genehmigung**, § 4 Abs. 1 Satz 1 BImSchG. Die betreffenden Arten von Anlagen sind in der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) abschließend aufgeführt. Beabsichtigt der Betreiber bzw. die Betreiberin die Lage, die Beschaffenheit oder den Betrieb einer genehmigungspflichtigen Anlage zu ändern (wozu auch die Änderung des Logistikkonzeptes gehören kann), so muss er bzw. sie auch dafür eine Genehmigung einholen, wenn es sich um eine wesentliche Änderung handelt, § 16 Abs. 1 BImSchG.

Planfeststellungen dienen in der Regel der Zulassung von Vorhaben mit weitreichenden Umweltauswirkungen oder einem großen Kreis an Betroffenen. Bei einer Planfeststellung werden die für das Vorhaben sprechenden Belange gegen die entgegenstehenden privaten und öffentlich-rechtlichen Belange abgewogen. Die Planfeststellung richtet sich nach dem jeweiligen Fachplanungsrecht und den §§ 72 ff. VwVfG i.V.m. den Verwaltungsverfahrensgesetzen der Länder. Für welche Vorhaben eine Planfeststellung erforderlich ist, ist in den Fachgesetzen geregelt.

Es sind immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige oder planfeststellungsbedürftige Vorhaben denkbar, bei denen geräuscharme Logistik genutzt werden soll, beispielsweise um Logistikaktivitäten in die Nacht verlagern zu können. Dazu können etwa größere Logistikansiedlungen oder Binnen- und Seehäfen mit entsprechendem Logistikbetrieb zählen. Im Genehmigungsverfahren für diese Vorhaben ist dann zu prüfen, ob die geräuscharme Logistik in dem angestrebten Logistikkonzept die immissionsschutzrechtlichen Lärmvorgaben einhält. Die in diesem Handbuch dargestellten Ergebnisse können auch in diesen genannten Genehmigungsverfahren verwendet werden.

3.1 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Im Folgenden werden die für den Einsatz von geräuscharmer Logistik an Einzelhandelsstandorten relevanten Gesetze des Bau-, Immissionsschutz- und Verwaltungsverfahrenrechts auf Bundes- und Landesebene erläutert. Landesrechtlich wird beispielhaft auf die Gesetze und Verordnungen in Nordrhein-Westfalen Bezug genommen. Besonders relevante Einzelvorschriften werden näher beleuchtet.

Darüber hinaus ist im „Anhang des Handbuchs ‚Geräuscharme Logistik‘: Erläuterungen zum Rechtsrahmen“ eine überblicksartige Auflistung von für geräuscharme Logistik relevanten Rechtsvorschriften auf Bundes- und Landesebene enthalten, auf landesrechtlicher Ebene konkretisiert für Nordrhein-Westfalen. Die Vorschriften werden inhaltlich dargestellt, in ihrer Bedeutung für geräuscharme Logistik erläutert und es wird aufgezeigt, welche Behörden für die Beachtung und den Vollzug der Vorschriften zuständig sind.

3.1.1 Bundesrecht

Auf bundesrechtlicher Ebene sind für die Nutzung geräuscharmer Logistik sowohl an bestehenden als auch an neuen Einzelhandelsstandorten die bundesrechtlichen Vorgaben des Baurechts und des Immissionsschutzrechts von besonderer Relevanz. Je nach Größe und Lage des Einzelhandelsstandortes können auch Vorgaben des Rechts über die Umweltverträglichkeit einschlägig sein.

Die insofern wichtigsten Vorschriften befinden sich in den nachfolgenden bundesrechtlichen Gesetzen, Verordnungen und Verwaltungsvorschriften und sind zudem überblicksartig mit ihrem Wortlaut und ihrer Bedeutung für geräuscharme Logistik im „Anhang des Handbuchs ‚Geräuscharme Logistik‘: Erläuterungen zum Rechtsrahmen“ dargestellt:

- Baugesetzbuch (BauGB)
- Baunutzungsverordnung (BauNVO)
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)

In ihrer Bedeutung für geräuscharme Logistik besonders hervorzuheben sind Vorgaben der TA Lärm. Die TA Lärm dient dem Schutz und der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche. Dazu enthält die TA Lärm unter anderem Festlegungen zu Immissionsrichtwerten. Nach der TA Lärm ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sichergestellt, wenn die Gesamtbelastung, d. h. die Summe der Geräusche von allen Anlagen, für die die TA Lärm gilt, am maßgeblichen Immissionsort die festgelegten Immissionsrichtwerte nicht überschreitet. Der maßgebliche Immissionsort ist der Ort in der schutzwürdigen Nachbarschaft von Anlagen, an dem eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist.

Bei der Erteilung einer Baugenehmigung oder immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bzw. Planfeststellung ist die Einhaltung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm zu prüfen. So muss beispielsweise bei der Erteilung einer Baugenehmigung für die Errichtung und den Betrieb bzw. geänderten Betrieb eines Einzelhandelsstandortes geprüft werden, ob das Vorhaben die Immissionsrichtwerte der TA Lärm einhält. Dabei kann die Nutzung geräuscharmer Logistik die Einhaltung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm am Tag und in der Nacht gegenüber der Nutzung konventioneller Logistik erleichtern. Insbesondere nachts müssen hohe Immissionsschutzstandards eingehalten werden, wenn Logistikaktivitäten in der Nacht durchgeführt werden sollen.

Unter Nr. A.1.3 „**Maßgeblicher Immissionsort**“ der TA Lärm [21] heißt es:

Die maßgeblichen Immissionsorte nach Nummer 2.3 liegen [...] bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109, Ausgabe November 1989 [...]



² So unterliegt beispielsweise der Bau eines Einkaufszentrums, eines großflächigen Einzelhandelsbetriebes oder eines sonstigen großflächigen Handelsbetriebes im Sinne des § 11 Absatz 3 Satz 1 der Baunutzungsverordnung, für den im bisherigen Außenbereich im Sinne des § 35 des Baugesetzbuchs ein Bebauungsplan aufgestellt wird, mit einer zulässigen Geschossfläche von 5.000 m² oder mehr der Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung bzw. von 1.200 bis 5.000 m² einer allgemeinen Vorprüfung des Einzelfalls, §§ 6,7 UVPG i.V.m. Nr. 18.6 Anlage 1 UVPG.

Konkret festgelegt sind die Immissionsrichtwerte in Nr. 6 TA Lärm [21]. In Nr. 6.1 TA Lärm sind Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden festgelegt, die nach der Schutzwürdigkeit der Gebietskategorie gestaffelt sind (vgl. Tabelle 1). Die Gebietskategorien entsprechen den Gebietsarten aus §§ 3 ff. BauNVO, beispielsweise Industriegebiete, Gewerbegebiete oder urbane Gebiete. Die Zuordnung der Immissionsorte zur einschlägigen Gebietsart richtet sich nach den Festsetzungen in Bebauungsplänen bzw., wenn diese nicht vorliegen, nach der Schutzbedürftigkeit der tatsächlichen Gebietsnutzung.

	Tag	Nacht
Industriegebiete	70 dB(A)	70 dB(A)
Gewerbegebiete	65 dB(A)	50 dB(A)
Urbane Gebiete	63 dB(A)	45 dB(A)
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)
Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55 dB(A)	40 dB(A)
Reine Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A)	35 dB(A)

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 TA Lärm [21]

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

Die Beurteilungszeiten tags und nachts beziehen sich auf 06:00 bis 22:00 Uhr (tags) und 22:00 bis 06:00 (nachts), Nr. 6.4 TA Lärm.

Fahrzeuggeräusche auf dem Betriebsgrundstück sowie bei der Ein- und Ausfahrt, die in Zusammenhang mit dem Betrieb der Anlage entstehen (wie bspw. Logistikaktivitäten oder Kundenverkehr), sind der zu beurteilenden Anlage zuzurechnen und zusammen mit den übrigen zu berücksichtigenden Anlagengeräuschen bei der Ermittlung der Zusatzbelastung zu erfassen und zu beurteilen. Die Zusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag, der an einem Immissionsort durch die zu beurteilende Anlage voraussichtlich (bei geplanten Anlagen) oder tatsächlich (bei bestehenden Anlagen) hervorgerufen wird. Sonstige anlagenbezogene Fahrzeuggeräusche Dritter auf dem eigentlichen oder auf dem benachbarten Betriebsgrundstücken sind bei der Ermittlung der Vorbelastung zu erfassen und zu beurteilen. Die Vorbelastung ist die Belastung eines Ortes mit Geräuschimmissionen von allen Anlagen, für die die TA Lärm gilt, ohne den Immissionsbeitrag der zu beurteilenden Anlage, vgl. Nr. 2.4 und 7.4 TA Lärm.

3

3.1.2 Landesrecht

Auf landesrechtlicher Ebene bestehen für die Nutzung geräuscharmer Logistik sowohl an bestehenden als auch an neuen Einzelhandelsstandorten landesrechtliche Vorgaben des Baurechts, des Immissionschutzrechts sowie des Verwaltungsverfahrensrechts.

Regelungen mit Relevanz für eine geräuscharme Logistik auf Landesebene finden sich insbesondere in verfahrens- und materiell-rechtlichen Vorschriften, die im Baugenehmigungsverfahren oder immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren bzw. Planfeststellungsverfahren einzuhalten sind. Sie sind überblicksartig am Beispiel Nordrhein-Westfalens mit ihrem Wortlaut und ihrer Bedeutung für geräuscharme Logistik im „Anhang des Handbuchs ‚Geräuscharme Logistik‘: Erläuterungen zum Rechtsrahmen“ dargestellt.

Nachfolgende Gesetze und Verordnungen sind auf Landesebene für geräuscharme Logistik von hervorgehobener Relevanz und werden ebenfalls im „Anhang des Handbuchs ‚Geräuscharme Logistik‘: Erläuterungen zum Rechtsrahmen“ detaillierter mit ihrem Bezug zur geräuscharmen Logistik beschrieben:

- Landes-Verwaltungsverfahrensgesetze
- Landesbauordnungen
- Landesbauprüfverordnungen
- Landes-Immissionsschutzgesetze

3.2 GERÄUSCHARME LOGISTIK IM BAUGENEHMIGUNGSVERFAHREN

Im Baugenehmigungsverfahren wird in mehreren Verfahrensschritten vorbereitet bzw. geprüft, ob ein Betriebskonzept mit geräuscharmer Logistik die gesetzlichen Genehmigungsvoraussetzungen einhält. Dazu gehören unter anderem die Vorbereitung der Antragsunterlagen zur Darlegung, dass ein geräuscharmes Logistikkonzept die gesetzlichen Anforderungen an den Lärmschutz erfüllt sowie die diesbezügliche behördliche Prüfung im Baugenehmigungsverfahren selbst. Dies wird anhand eines Baugenehmigungsverfahrens im Land Nordrhein-Westfalen verdeutlicht.

Für Baugenehmigungen sind in Nordrhein-Westfalen die unteren Bauaufsichtsbehörden zuständig, § 57 Abs. 1 Satz 2 BauO NRW. Die Nutzung geräuscharmer Logistik ist Teil beziehungsweise ändert das für einen Einzelhandelsstandort notwendige Betriebskonzept. Dieses muss den immissionsschutzrechtlichen Anforderungen entsprechen, was jede Stufe des Genehmigungsverfahrens berührt. Das Verfahren zum Erhalt einer Baugenehmigung lässt sich zusammengefasst wie in Abbildung 1 dargestellt skizzieren. Diejenigen Stufen des Baugenehmigungsverfahrens, auf denen eine Bewertung der Immissionssituation bei Nutzung geräuscharmer Logistik behandelt wird, sind farbig (blau) hervorgehoben. Eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Schritte mit ihrer Einordnung ist ebenfalls im „Anhang des Handbuchs ‚Geräuscharme Logistik‘: Erläuterungen zum Rechtsrahmen“ enthalten.



Abbildung 1: Ablaufschema Baugenehmigungsverfahren (in Anlehnung an [2])

3.3 HERAUSFORDERUNGEN FÜR GERÄUSCHARME LOGISTIK AUS DER GENEHMIGUNGSPERSPEKTIVE

Im Zeitraum Juli bis September 2022 fanden per Videokonferenz Gespräche mit Behördenvertreter:innen von sieben unteren Bauaufsichtsbehörden und Immissionsschutzbehörden Nordrhein-Westfalens zu Herausforderungen für geräuscharme Logistik aus der Genehmigungsperspektive statt. Im Oktober 2022 folgte ein Workshop mit Kommunal-, Landes- und Verbändevertreter:innen zur Präsentation dieser Ergebnisse und zur Diskussion über mögliche Verbesserungsvorschläge zur Erhöhung der Attraktivität geräuscharmer Logistik aus genehmigungsrechtlicher Perspektive.

Obwohl bereits technisch verfügbare Lösungen für geräuscharme Logistikkonzepte existieren, wie bspw. geräuscharme Fahrzeugantriebe oder Ladeequipment, zeigt sich in der Praxis eine gewisse Zurückhaltung in der Nutzung dieses Ansatzes. Dies könnte, entsprechend der geführten Gespräche, nach Einschätzung der für die Genehmigung geräuscharmer Logistikkonzepte zuständigen Behörden und von Branchenverbänden unter anderem an folgenden Ursachen liegen:

- Keine einheitliche Definition geräuscharmer Logistik: Bei geräuscharmer Logistik handelt es sich nicht um einen geschützten oder definierten Begriff. Es existieren weder gesetzliche Festlegungen dessen, was unter „Geräuscharmer Logistik“ zu verstehen ist, noch Möglichkeiten einer Zertifizierung geräuscharmer Logistikfahrzeuge und -equipments.
- Keine einheitlichen Vorgaben für die Messung und Bewertung der Schallemissionen geräuscharmer Logistik: Es existierten bislang keine Richtlinien oder Leitfäden für die Messung und Bewertung der Schallemissionen geräuscharmer Logistik. Auch bestanden bisher keine einheitlich ermittelten Immissionswerte für die Nutzung geräuscharmer Logistik unter unterschiedlichen äußeren Rahmenbedingungen, auf die für die Erstellung von Antragsunterlagen bzw. Bauvorlagen zurückgegriffen werden könnte. Dies führt dazu, dass bei geplanter Nutzung geräuscharmer Logistik zeit- und kostenaufwändige Einzelfallmessungen notwendig werden können. Dadurch entstehen Unsicherheiten bei der Erstellung von Schall- bzw. Lärmgutachten. Legen Antragsteller:innen den Genehmigungsbehörden Konzepte für geräuscharme Logistik zur Genehmigung vor, kann dies auch für die Genehmigungsbehörden bzw. die beteiligten Immissionsschutzbehörden zu aufwändigen Prüfungen des Einzelfalls führen. Die Genehmigungsbehörden müssen auf Basis des Schallgutachtens im jeweiligen Einzelfall entscheiden, ob bei den individuellen baulichen Gegebenheiten und in den konkret vorgesehenen An- und Ablieversituationen unter Nutzung unterschiedlicher geräuscharmer Logistikfahrzeuge und geräuscharmen -equipments die gesetzlichen Vorgaben und Richtwerte für Lärm eingehalten werden. Ohne einheitliche Leitlinien binden aufwändige Einzelfallprüfungen Personalkapazitäten in den Genehmigungs- und Fachbehörden, führen zu Verzögerungen in den Genehmigungsverfahren und riskieren für vergleichbar gelagerte Anwendungsfälle eine uneinheitliche Behördenpraxis.
- Fehlende gesicherte Vorteile: Bislang fehlen gesicherte Vorteile für die Nutzung geräuscharmer Logistik, um ihre Attraktivität für potenzielle Nutzer:innen zu erhöhen. Potenzielle Nutzer:innen geräuscharmer Logistik sind etwa Einzelhandelsunternehmen oder Logistikdienstleister. Setzen sie herkömmliche Logistik ein, kann dies eventuell aus Lärmschutzgründen zu Einschränkungen des Betriebs führen, etwa durch das Verbot von Nachtanlieferungen, zeitliche Nutzungs-

beschränkungen für Tore und Rampen, Beschränkungen von Öffnungszeiten, Einhausungen oder Anordnungen zur geräuscharmeren Ausstattung von Fahrzeugen, wie Elektroantriebe für Hubwagen. Diese Einschränkungen scheinen jedoch in einem besseren Kosten-Nutzen-Verhältnis zu stehen als die zusätzlichen monetären Aufwendungen zur Anschaffung und Nutzung geräuscharmer Logistikfahrzeuge und equipments, da hierfür bisher keine nennenswerten Vorteile geboten werden. Zu diesen Vorteilen könnte etwa die Möglichkeit zählen, mit geräuscharmer Logistik zukünftig nachts anliefern zu dürfen, sofern das konkret vorgesehene Logistikkonzept die immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für den konkreten Standort einhält.

4 Nutzfahrzeuge, Logistikequipment und technische Ausstattung



Bei den Anliefersituationen im urbanen Raum verursachen die Fahrzeuge bei der An- und Abfahrt und dem Rangieren Schallemissionen. Je nach technischer Ausstattung der Fahrzeuge und den notwendigen Be- und Entladeprozessen kommen zusätzliche Schallquellen hinzu. Diese Schallquellen werden im Folgenden beschrieben.

4.1 NUTZFAHRZEUGE

Im Fokus der Messreihen stehen die Schallemissionen von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antrieben. Die Nutzfahrzeuge sind nach ihrem zulässigen Gesamtgewicht (zGG) und der Antriebsart unterteilt. In den Messreihen sind Nutzfahrzeuge mit einem zGG von 7,5 t, 18 t, 26 t und Sattelzugmaschinen (SZM) mit Trailer (40 t) vermessen worden. Bei den Antriebsarten wurden batterieelektrische, gasbetriebene (CNG/LNG) und wasserstoffbetriebene Fahrzeuge betrachtet.

Bei den Messungen wurden die typischen Fahrbewegungen in Einzelprozesse aufgeteilt und unter Realbedingungen vermessen.

4.2 LOGISTIKEQUIPMENT UND TECHNISCHE AUSSTATTUNG

Bei den logistischen Abläufen entstehen eine Vielzahl an Geräuschemissionen bspw. durch das Öffnen und Schließen der Fahrzeugtür oder dem Überfahren der Ladebordwand mit Ladehilfsmittel. Abbildung 2 gibt einen Überblick der relevanten Geräuschquellen.

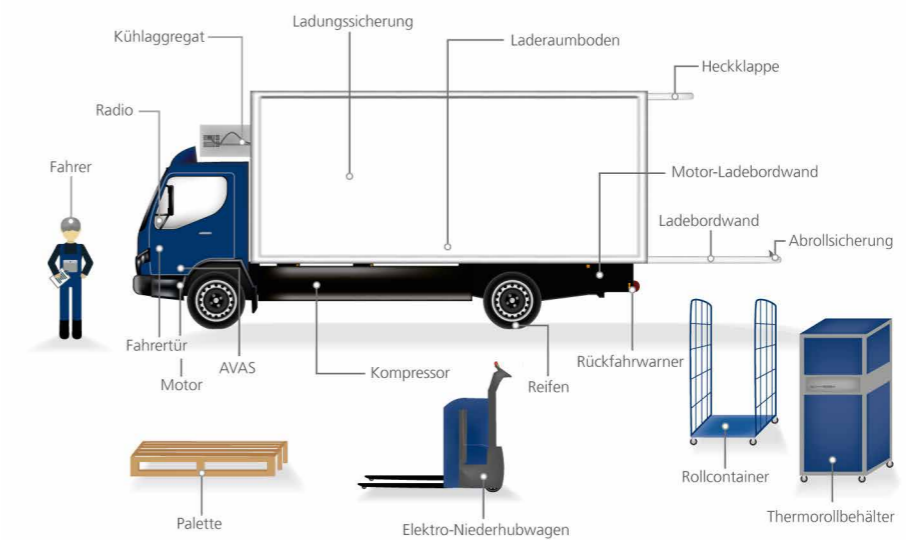


Abbildung 2: Identifizierte Geräuschquellen beim Anlieferprozess an der Filiale [9]

4

Nachfolgend wird das Logistikequipment bzw. die technische Ausstattung beschrieben, die im Rahmen der Studie näher untersucht wurden.

4.2.1 Kühlaggregate

Kühlaggregate werden verwendet, um Lebensmittel oder andere Waren, die bestimmte Temperaturzonen benötigen, zu transportieren. Standardmäßig werden sie mit Diesel aus dem Fahrzeugtank betrieben. Es gibt jedoch zunehmend auch hybride (Diesel/elektrisch) oder rein elektrisch betriebene Geräte, die geringere Geräuschemissionen verursachen. Für den niederländischen Markt gibt es spezielle Modelle mit einem Leise-Modus (PIEK-Modus), der in sensiblen Gebieten für eine gewisse Zeit aktiviert werden kann. Bei Solo-Fahrzeugen (Lkw mit Kofferaufbau) sind die Kühlaggregate meist an der Stirnseite des Koffers, über der Fahrkabine, montiert (vgl. Abbildung 3). Es gibt auch Unterflurlösungen, bei denen die Geräte an der Unterseite des Koffers angebracht sind. Diese Bauweise wirkt sich positiv auf die Geräuschemissionen aus, da die Schallausbreitung geringer ist.

In den Niederlanden wurde im Jahr 2004 das **PIEK-Zertifikat** [20] für Lkw und Logistikequipment eingeführt. Nach einheitlichen Messmethoden werden die Maximalpegel ($L_{A,max}$) verschiedener Schallquellen, die bei Anlieferungsprozessen und dem Be- und Entladen auftreten, gemessen. Anhand der gemessenen Maximalpegel ($L_{A,max}$) lässt sich für die niederländischen Genehmigungsbehörden abschätzen, ob beim Einsatz dieser Lkw und des Equipments in Praxissituationen die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten werden können. Zudem können die Lkw und das Logistikequipment in Bezug auf die Maximalpegel miteinander verglichen werden. Zur Bestimmung der Beurteilungspegel gemäß TA-Lärm, wie von den Genehmigungsbehörden in Deutschland gefordert, sind die PIEK-Methoden nicht geeignet.



● Kühlaggregat

Abbildung 3: Positionierung Kühlaggregate bei Solo-Fahrzeugen

Bei Sattelzugmaschinen mit Trailer sind die Kühlaggregate meist an der Stirnseite des Trailers, also im Raum zwischen Fahrzeug und Trailer, angebracht. Moderne Lüftertechnologien mit langsameren Drehzahlen oder schallabsorbierende Schäume werden ebenfalls eingesetzt, um die Schallemissionen weiter zu reduzieren [15].

4.2.2 Ladebordwand

Ladebordwände oder auch Hubladebühnen werden eingesetzt, um den Höhenunterschied zwischen dem Kofferaufbau und dem Straßenniveau bzw. dem Raum zwischen dem Kofferaufbau und der Anlieferrampe zu überwinden. Die Ladebordwand ist an der Rückseite des Fahrzeugs angebracht, verschleibt den Kofferaufbau und lässt sich über einen Elektromotor und Hydraulik absenken.

Das Aufsetzen der Ladebordwand auf dem Untergrund erzeugt eine Lärmspitze. Ein automatisiertes, langsames Absetzen (Soft-Landing) oder gedämmte Aufsetzkanten (Gummilippe) werden in der Verteillogistik nicht eingesetzt. Es gibt aber geräuschkindernde Beschichtungen, die die Geräuschentwicklung beim Überfahren der Ladebordwand mit bspw. Rollcontainern reduziert. Robustheit und Rutschfestigkeit (auch bei Nässe) sind im Logistikeinsatz wichtige Eigenschaften. Schallabsorbierende Materialien sind oft weich, offenporig und halten unter den harten Beanspruchungen nicht dauerhaft. Hier fehlen meist noch Materialuntersuchungen und Tests unter Realbedingungen.

4.2.3 Rückwärtswarner

Akustische Signale bei der Rückwärtsfahrt sollen vor Personenschäden schützen. Hierzu wird ein lauter Piepton erzeugt, sobald der Rückwärtsgang am Fahrzeug eingelegt wird. Dieser Ton soll Personen hinter dem Lkw warnen, ist aber auch weit im Umfeld hörbar. Die Verwendung eines Rückwärtswarners ist in Deutschland gesetzlich nicht vorgeschrieben, wird aber häufig aus Arbeitsschutzgesichtspunkten von Berufsgenossenschaften eingefordert.

Neben den Rückwärtswarnern mit Piepton sind auch Geräte mit einem gerichteten Rauschen am Markt erhältlich. Hier ist der Warnton vornehmlich im Gefahrenbereich hinter dem Lkw wahrnehmbar und wird durch die nicht vorhandene Tonalität weniger störend empfunden. Zur Erhöhung der Sicherheit werden Rückwärtskameras zunehmend eingesetzt. Vereinzelt werden auch Assistenzsysteme verwendet, die Bewegungen hinter dem Lkw bei der Rückwärtsfahrt melden und das Fahrzeug abbremsen. Auch optische Signale (Blinklichter) sind im Einsatz, haben aber ebenfalls störende Effekte für Anwohner.

4.2.4 Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)

Elektrisch betriebene Fahrzeuge sind deutlich geräuschärmer als konventionelle Fahrzeuge. Gerade bei geringen Geschwindigkeiten sind die Motorengeräusche und die Abrollgeräusche der Reifen für das menschliche Gehör nur schwer wahrnehmbar. Vor allem in belebtem urbanen Umfeld, wie bspw. Fußgängerzonen, kann es so zu Gefahrensituationen für Fußgänger:innen und Fahrradfahrer:innen kommen. Daher müssen in der EU seit dem 01.07.2021 alle Hybridelektro- und reinen Elektrofahrzeuge mit einem Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS) ausgestattet sein [1]. Das AVAS generiert ein akustisches Signal, damit die Fahrzeuge eher bzw. besser wahrgenommen werden. Die technischen Anforderungen an das AVAS sind von der EU in dem Dokument UNECE R 138 festgelegt [22].

Zu den weiteren technischen Aspekten des AVAS gehört, dass das System bei Geschwindigkeiten unter 20 km/h aktiv sein muss, da Elektrofahrzeuge und Hybridfahrzeuge bei niedrigen Geschwindigkeiten nahezu geräuschlos fahren. Das akustische Signal sollte intuitiv als ein Fahrzeuggeräusch erkennbar sein und die Frequenzbereiche abdecken, die für das menschliche Gehör gut wahrnehmbar

4

sind. Zudem muss das AVAS so gestaltet sein, dass es sich bei Rückwärtsfahrten und beim Starten des Fahrzeugs aktiviert. Ein weiterer technischer Aspekt ist die Möglichkeit, die Lautstärke des AVAS in verschiedenen Umgebungen automatisch anzupassen, um sowohl die Wahrnehmbarkeit zu gewährleisten als auch unnötige Lärmbelastung zu vermeiden.

4.2.5 Rollwagen und Rollen

Rollwagen sind ein Hilfsmittel in der Logistik und werden eingesetzt, um den Transport und die Handhabung von Gütern zu erleichtern. Es gibt eine Vielzahl verschiedener Typen von Rollwagen. Für den Transport im Lebensmittelbereich werden hauptsächlich Gitterwagen oder Rollcontainer eingesetzt. Je nach Einsatzzweck verfügen die Rollwagen über zusätzliche Ausstattungen wie bspw. Bremsen, Lenkrollen oder ergonomische Griffe. Je nach Untergrund erzeugen gerade unbeladene Gitterrollwagen hohe Schallemissionen. Die in der Logistik eingesetzten Rollen sind hohen Belastungen (Gewicht) ausgesetzt und müssen zudem günstig sein. In der Regel werden daher Hartplastikrollen (Polyamid oder Polypropylen) eingesetzt. Diese verfügen über keine dämpfende Wirkung und führen bei unebenem Untergrund (z. B. Knochenpflaster) zu hohen Schallemissionen.

Zwar existieren bereits Rollen mit einem Hartplastikkörper und Laufflächen aus elastischem, weicherem Material für die Handelslogistik (sog. Leiselaufrollen) [11], jedoch sind diese Modelle teurer als die Standardrollen und in der Logistikbranche noch nicht weit verbreitet. Da die Rollwagen im Handel aus einem großen Wagenpool eingesetzt werden, gestaltet sich die Umrüstung von nur einem Teil der Rollwagen mit Leiselaufrollen schwierig. Diese müssten für geräuscharme Touren gesondert bereitgestellt werden.

5 Messaufbau und Vorgehen für die Schallpegelmessungen



Die Luftschallmessungen der Fahrbewegungen erfolgten in Anlehnung an die Vorgaben der 70/157/ EWG Richtlinie [8]. Der dort beschriebene Messaufbau eignet sich für die messtechnische Erfassung aller betriebstypischen Fahrvorgänge. Die Schallmessungen zur Ermittlung der Emissionen der Lkw unterschiedlicher Antriebsarten erfolgten zeitgleich mit zwei geeichten Schallpegelmessern der Klasse 1 der Firma Bruel & Kjaer vom Typ 2250.

Die Messungen erfolgten „in situ“ auf für die Messung geeigneten Flächen, häufig auf dem Betriebsgelände der teilnehmenden Unternehmen, teilweise auf Parkplätzen oder Teststrecken. Bei allen Messungen wurde auf eine ruhige Umgebung und passende Wetterbedingungen geachtet. Die Messungen erfolgten an Orten mit den folgenden Bedingungen:

- Das zu erfassende Nutzsignal hob sich deutlich von dem ständig vorherrschenden Hintergrundpegel der weiteren Umgebung ab.
- Die Messumgebung war frei von reflektierenden Objekten (mindestens 3 m Abstand zu reflektierenden Flächen).
- Die Messungen erfolgten außerhalb der verkehrsreichen Stoßzeiten des Unternehmens.
- Die Messungen erfolgten, wenn möglich auf einer fugenfreien Fahrbahndecke und bei trockenen Witterungsverhältnissen und nahezu Windstille.

Als Grundlage für die Ermittlung der Geräuschemissionen werden bei der Beurteilung von Gewerbelärm gemäß der TA Lärm die Messwertarten der TA Lärm verwendet, wobei die Wahl der zusätzlich zum Mittelungspegel L_{Aeq} zu erfassenden Messwertart vom Einzelfall abhängt. Neben den Messwertarten wurde für die Auswertung die benötigte Zeit der jeweiligen Vorgänge dokumentiert.

Messwertarten nach Nr. A.3.3.1 der TA Lärm [21]:

L_{Aeq}	Der aus dem zeitlichen Verlauf des Schalldruckpegels gebildete Mittelwert
L_{AFmax}	Durch Einzelereignisse hervorgerufene Maximalpegel des Schalldruckpegels
L_{AFTeq}	Die energetische Summe der Maximalpegel des Schalldruckpegels während der zugehörigen Taktzeit T, die Taktzeit beträgt 5 Sekunden
L_{AF95}	Der Perzentilpegel der den Pegel angibt, der zu 95 % der Messzeit erreicht wird

5.1 MESSUNG DER FAHRBEWEGUNGEN

Aktuelle Normen, wie die Regelung Nr. 138 der Wirtschaftskommission der Europäischen Union [7], sehen für Messungen elektrisch betriebener Fahrzeuge einen Messabstand von 2 m vor. In Abstimmung mit dem LANUV NRW wurden für den hier dargestellten Messaufbau ein Abstand von je 7,5 m zur Fahrbahnmitte gewählt. Neben den elektrisch betriebenen Lkw wurden weitere Lkw mit alternativen Antrieben messtechnisch erfasst, bei denen höhere Geräuschemissionen zu erwarten sind.

5

Der Messaufbau umfasst die folgenden Randbedingungen (vgl. Abbildung 4):

- Zwei Messpunkte, mittig zu beiden Seiten des Fahrwegs
- Fahrstrecke einer Durchfahrt: 20 m
- Messabstand zur Fahrstrecke: 7,5 m
- Messhöhe: 1,2 m

Für den Messaufbau ist eine freie Fläche von etwa 300 m² notwendig.

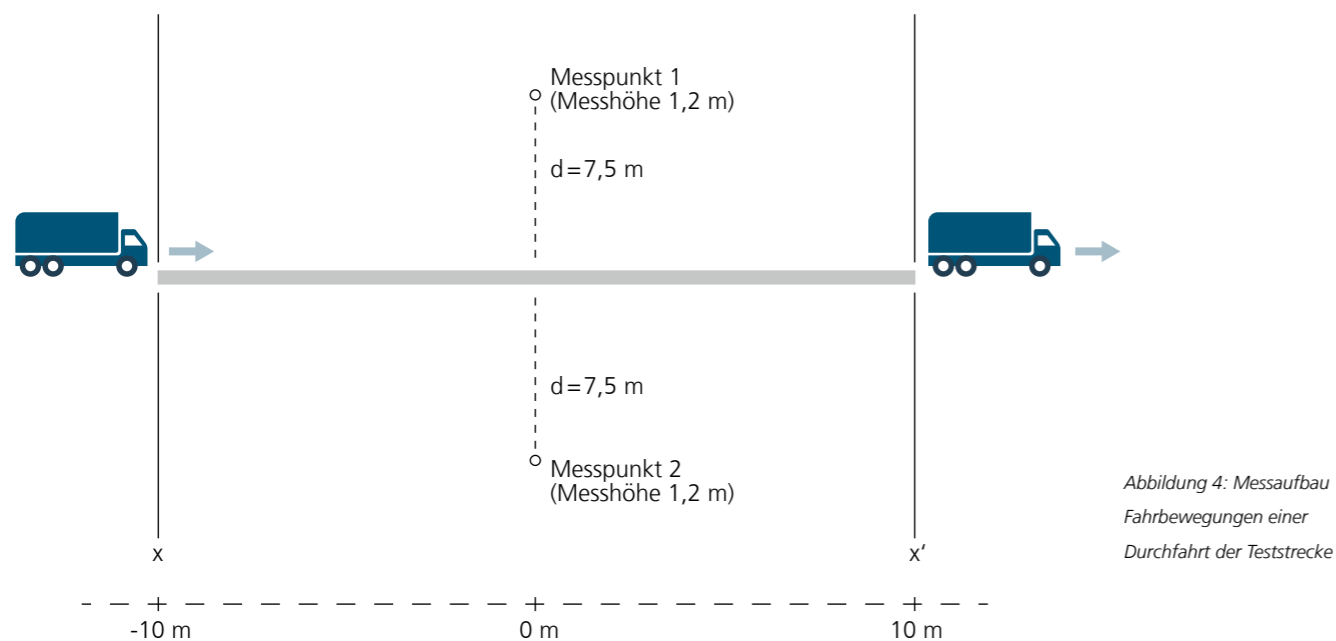


Abbildung 4: Messaufbau
Fahrbewegungen einer
Durchfahrt der Teststrecke

Zusätzlich wurden für die Messauswertung die folgenden technischen Daten der Lkw dokumentiert:

- Länge des Lkw
- Gewichtsklasse des Lkw
- Antriebsart

Die Messungen erfolgten ohne Beladung des Lkw, da ansonsten eine normierte Beladung zur Vergleichbarkeit der Lkw hätte vorgeschrieben werden müssen. Die verschiedenen Unternehmen bzw. Hersteller, die ihre E-Lkw zur Verfügung gestellt haben, hätten diese normierte Ladung zusätzlich zur Verfügung stellen müssen, was in der Praxis kaum darstellbar gewesen wäre. Eine Vergleichsmessung zeigte, dass eine Beladung von etwa 12 t bei einer Sattelzugmaschine zu einer Pegelerhöhung von rund 0,3 dB führte. Diese Pegelerhöhung könnte sich jedoch auch auf die Messunsicherheit, bspw. durch eine geringfügig höhere Durchschnittsgeschwindigkeit zurückführen lassen. Des Weiteren wurde das Fahrpersonal angewiesen, mittig auf der Messstrecke zu fahren. Um Ungenauigkeiten auf der Fahrstrecke oder bei der Fahr-

geschwindigkeit auszugleichen, erfolgten für die statistische Auswertung je Vorgang und je Situation mindestens zehn störungsfreie Messwiederholungen. Die Überfahrt der Start- und Ziellinie des Lkw wurde bei der Signalaufzeichnung der Messung markiert und später zur Ermittlung bzw. Überprüfung der Geschwindigkeit verwendet.

5.2 MESSUNG DER STATIONÄREN GERÄUSCHE

Zur Messung der stationären Geräusche, wie die Verfahrgeräusche der Ladebordwand, d. h. Öffnen der Ladebordwand aus dem geschlossenen Zustand bis zur Fahrbahndecke und umgekehrt, und die Betriebsgeräusche der Kühlaggregate, wurde ein Aufbau analog zum Messaufbau der Fahrbewegungen gewählt. Der Lkw wurde so positioniert, dass sich das Messobjekt, bzw. die hiervon ausgehende Emission mittig zwischen den Schallpegelmessern befand.

Für die Messung der Ladebordwand wurde, wie in Abbildung 5 dargestellt, je ein Messgerät in 7,5 m Abstand zu beiden Seiten der Fahrbahnmitte und 1,2 m Höhe positioniert.

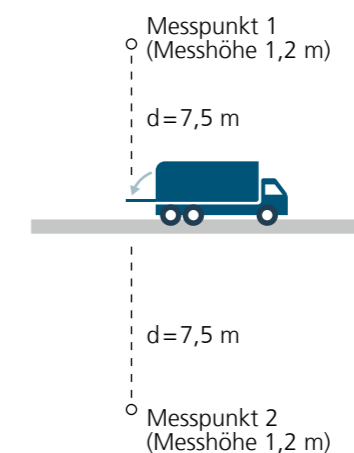


Abbildung 5: Messaufbau
Ladebordwand

Die Position der Messgeräte und die Messhöhe wurde je nach Positionierung des Kühlaggregates am Lkw angepasst. Unterschieden wurde zwischen:

- Kühlaggregat auf dem Dach der Fahrkabine, Messgeräte auf beiden Seiten des Lkw in 7,5 m Abstand in Höhe des Kühlaggregates (ca. 3 m)
- Kühlaggregat zwischen Fahrkabine und Auflieger, Messgeräte auf beiden Seiten des Lkw in 7,5 m Abstand in Höhe des Kühlaggregates
- Kühlaggregat unter dem Lkw, meist einseitig emittierend; Messgeräte auf der entsprechenden Seite in 3 m und 6 m Abstand

5.3 FAHRBEWEGUNGEN

Für die Fahrbewegungen der Lkw wurden die folgenden Vorgänge untersucht:

- Gleichmäßige Vorbeifahrt bei 20 km/h
- Gleichmäßige Vorbeifahrt bei 30 km/h
- Rückwärts Rangierfahrt
- Beschleunigte Anfahrt
- Verzögerungsvorgang

Für diese Vorgänge wurden dabei für jeden Lkw folgende fahrzeugspezifische Ausstattungen, sofern vorhanden, messtechnisch erfasst:

- Messung mit bzw. ohne AVAS
- Messung mit und ohne Kühlaggregat falls vorhanden
- Messung mit und falls möglich ohne akustischen Rückfahrwarner

5.3.1 Gleichmäßige Vorbeifahrt bei 20 km/h bzw. 30 km/h

Die Messstrecke bzw. Messung beginnt, sobald der Lkw mit der Vorderachse die x-Linie überfährt und endet, sobald er mit der Hinterachse die x'-Linie überschreitet. Insgesamt ergibt sich somit eine Messstrecke von 20 m zuzüglich des Radstands des Lkw. Für die Vorbeifahrt bei 20 km/h bzw. 30 km/h wurde durch eine ausreichend lange Beschleunigungsstrecke sichergestellt, dass der Lkw gleichmäßig 20 km/h bzw. 30 km/h entlang der Messstrecke fährt. Die Einhaltung der Fahrtgeschwindigkeit wurde während der Messung mittels einem Laserhandmessgerät für Geschwindigkeiten überprüft. Zusätzlich wurde, falls möglich, durch das Fahrpersonal die Zielgeschwindigkeit durch den fahrzeugeigenen Tempomat eingestellt. Bei der Auswertung der Messergebnisse konnte die Geschwindigkeit im Nachgang durch die Messzeit (Start und Stopp der Messung) überprüft werden.

Es erfolgten mindestens zehn störungsfreie Messwiederholungen für jeweils 20 km/h und 30 km/h. Falls vorhanden, wurden die Messung unter Zuschaltung des Kühlaggregates wiederholt. Es erfolgt die Auswertung des L_{Aeq} für eine Durchfahrt.

5.3.2 Rückwärts Rangierfahrt

Die Messstrecke beginnt, sobald der Lkw mit der Hinterachse die x Linie überfährt und endet, sobald er mit der Vorderachse die x' Linie überschreitet. Dies entspricht einer zu vermessenden Durchfahrt. Insgesamt ergibt sich somit eine Messstrecke von 20 m zuzüglich des Radstands des Lkw. Die Geschwindigkeit der Rückwärtsrangierfahrt ist stark abhängig vom Verhalten des Fahrpersonals. Die im Nachgang ermittelten Geschwindigkeiten bei der Rückwärtsrangierfahrt lagen zwischen 2 km/h und 10 km/h.

Zuschlag für **Ton- und Informationshaltigkeit** gemäß Nr. A.3.3.5 der TA Lärm [21]:

Treten in einem Geräusch während bestimmter Teilzeiten T_i ein oder mehrere Töne hörbar hervor oder ist das Geräusch informationshaltig, so beträgt der Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit K_{Ti} für diese Teilzeiten je nach Auffälligkeit 3 oder 6 dB.

i

Es wurden mindestens zehn störungsfreie Messwiederholungen für die Rückwärtsrangierfahrt durchgeführt. Unterschieden wurde dabei nach Einstellungsoptionen des Rückfahrwarntons, der je nach Lkw zu- und abschaltbar war bzw. zwischen mehreren Signaltypen, typischerweise Einzelton oder Breitbandwarnton und zwei Lautstärken wechseln konnte. Je nach Warnton ist ein Tonhaltigkeitszuschlag von 3 dB gemäß TA Lärm zu berücksichtigen.

Es erfolgt die Auswertung des L_{Aeq} für eine Durchfahrt und zur Bestimmung des maximalen Schallleistungspegels einer Durchfahrt die Auswertung des Maximalpegels L_{AFmax} .

5.3.3 Beschleunigte Anfahrt

Die Messstrecke beginnt, sobald der Lkw mit der Vorderachse die x Linie überfährt und endet, sobald er mit der Hinterachse die x' Linie überschreitet. Insgesamt ergibt sich somit eine Messstrecke von 20 m zuzüglich des Radstands des Lkw. Der Lkw beschleunigt dabei von der x Startlinie aus dem Stand auf maximal 20 km/h und fährt die Messstrecke gleichmäßig bis zur x' Ziellinie. Die Geschwindigkeit der Beschleunigungsvorgänge ist stark fahrpersonal- und Lkw-spezifisch. Die im Nachgang ermittelten Geschwindigkeiten bei der Beschleunigung lagen im Mittel entlang der Strecke zwischen 7 km/h und 15 km/h. Es erfolgten mindestens zehn störungsfreie Messwiederholungen.

Es erfolgte die Auswertung des L_{Aeq} für eine Durchfahrt und zur Bestimmung des maximalen Schallleistungspegels einer Durchfahrt die Auswertung des Maximalpegels L_{AFmax} .

5.3.4 Verzögerungsvorgang / Abstellvorgang

Der Lkw fährt die Messstrecke entlang und bremst bis zum Stillstand auf der 0 m Linie auf Höhe der Schallpegelmessung und beschleunigt anschließend wieder aus dem Stand. Die im Nachgang ermittelten typischen Geschwindigkeiten vor dem Bremsvorgang lagen bei etwa 15 km/h. Es erfolgten mindestens zehn störungsfreie Messwiederholungen. Der Verzögerungsvorgang ist Teil des gesamten Abstellvorgang des Lkw in dem auch Nebengeräusche wie bspw. das mit dem Abstellen verbundenen Türenschlagen berücksichtigt werden.

Es erfolgt die Auswertung des L_{AFmax} zwischen dem Verzögerungsvorgang und dem Beschleunigungsvorgang. Aus dem L_{AFmax} wird der maximale Schallleistungspegel L_{WAmax} ermittelt und daraus der auf eine Stunde bezogene Beurteilungsschallleistungspegel $L_{WAreq,1h}$ gebildet.

5

5.4 STATIONÄRE GERÄUSCHE

Die Messung der stationären Vorgänge erfolgt entsprechend des in Kapitel 5.2 dargestellten Aufbaus. Der Lkw steht mit der zu messenden fahrzeugspezifischen Ausstattung mittig zwischen bzw. vor den beiden Schallpegelmessern.

5.4.1 Ladebordwand

Ein Vorgang der Verfahrgeräusche der Ladebordwand beginnt bei geschlossener Ladebordwand. Die Ladebordwand wird geöffnet, bis zum Boden herabgelassen und anschließend wieder geschlossen. Die Messungen wurden mehrfach wiederholt.

Es erfolgt die Auswertung des L_{AFTeq} für einen Vorgang.

5.4.2 Kühlaggregat

Das Kühlaggregat wird über die Dauer von mindestens einer Minute gemessen. Falls vorhanden, wurden alle unterschiedlichen Betriebszustände wie bspw. der Teillastbetrieb des Kühlaggregates (PIEK-Modus), messtechnisch erfasst. Die Positionierung der Messgeräte ist hierbei abhängig von der Position des Kühlaggregates (vgl. Kapitel 5.2). Es ist davon auszugehen, dass Kühlaggregate, die dem Stand der Technik entsprechen, nicht tonhaltig sind, da deren Betriebsgeräusch breitbandig ist.

Es erfolgt daher die Auswertung des L_{Aeq} über die Dauer von einer Minute.

5.4.3 Ladeequipment (Rollwagen)

Im Rahmen einer separaten Messung erfolgte die messtechnische Erfassung typischer für Verladezwecke genutzter Rollwagen. Die Messungen und Messdurchführung erfolgten in Anlehnung an den in den vorherigen Abschnitten dargestellten Messaufbau für Fahrtgeräusche. Analog erfolgt die Auswertung des L_{Aeq} für einen gleichmäßigen manuellen Schiebevorgang des Rollcontainers.

Für die Messung wurde der Rollcontainer in Schrittgeschwindigkeit im beladenen und unbeladenen Zustand über die Messstrecke geschoben. Es kamen verschiedene Rollentypen über eine Strecke von 20 m zum Einsatz bzw. auf der Ladefläche der Lkw (Rollgeräusch auf dem Wagenboden der Ladefläche). Zusätzlich wurden die stationären Geräusche des Überfahrens der Ladebordkante zwischen Asphalt und Ladebordwand bzw. zwischen Ladebordwand und Ladefläche messtechnisch erfasst. Hierfür wurde die Ladebordwand mittig zwischen den beiden Schallpegelmessern positioniert.

Es erfolgt die Auswertung des L_{AFmax} für das Überfahren der Ladebordkante.

6 Empfehlung für das Berechnungsverfahren



Zur Verwendung der Messergebnisse in Schallausbreitungsrechnungen ist es notwendig bei den Fahrbewegungen den längenbezogenen Schalleistungspegel auszuweisen. Nachfolgend wird hierfür das Verfahren zur Berechnung hergeleitet und die verwendeten Formeln dargestellt. Analog hierzu wird für die stationären Geräusche die Bestimmung des Schalleistungspegels beschrieben.

6.1 FAHRBEWEGUNGEN

Es liegen die folgenden Daten der dargestellten Messsituationen vor:

- Mittelungspegel einer Vorbeifahrt L_{Aeq} in dB(A) nach dem in Kapitel 5.1 dargestellten Messaufbau
- Dauer der Vorbeifahrt in Sekunden
- Länge des Lkw in Meter

Das messtechnisch zu erfassende Wegelement beträgt 20 m. Für ein Messgerät wurde der Bezugspunkt $(x;y) = (0;0)$ gewählt, für das andere $(0;15)$. Die Auswertung für das zweite Messgerät erfolgt analog zum ersten. Der Start der Messstrecke beginnt bei $x = -10$ m wenn die Front des Lkw die Startlinie überschreitet und endet bei $x' = +10$ m sobald das Heck des Lkw die Ziellinie überschreitet. Die resultierende Gesamtlänge, die der Lkw zurückgelegt hat, beträgt 20 m plus die Länge des Lkw.

Für die Auswertung der Schalleistungspegel der Fahrgeräusche ist der mittlere Abstand zwischen Messgerät und gedachter Fahrstrecke notwendig. Der hierzu notwendige Bezugspunkt des Lkw liegt etwa auf Höhe der Fahrkabine, da hier davon auszugehen ist, dass etwa auf Höhe der Fahrkabine die Geräusche der Fahrbewegungen emittiert werden.

Aus der Messung nach dem dargestellten Messaufbau resultiert der Mittelungspegel L_{Aeq} sowie die Durchfahrzeit für ein Wegelement von 20 m plus des Radstands des Lkw. In Schallausbreitungsrechnungen wird typischerweise mit dem längenbezogenen Schalleistungspegel für einen Meter Wegstrecke bezogen auf eine Stunde $L'_{WAeq,1h}$ gerechnet.

Ein beliebiges Wegelement wird in Segmente von je 1 m unterteilt und der Anteil jedes Segments am resultierenden Summenpegel bestimmt. Ein Wegelement lässt sich so als Punktschallquelle darstellen und eine Fahrstrecke als eine Ansammlung von Punktschallquellen in einem Abstand von 1 m in Reihe entlang des Fahrweges. Bei einer gedachten Durchfahrt durch ein Segment erzeugt der untersuchte Lkw einen Schalleistungspegel abhängig von der Geschwindigkeit. Steigt die Geschwindigkeit, steigen die Schallemissionen des Lkw und damit steigt der Schalleistungspegel jedes Segmentes. Die Aufenthaltzeit innerhalb jedes Segmentes sinkt jedoch, so dass analog der Schalleistungspegel jedes Segmentes wieder sinkt.

6

Die Bestimmung des längenbezogenen Schalleistungspegels bezogen auf eine Stunde aus dem dargestellten Messaufbau kann nach der folgenden Formel (1) bestimmt werden.

$$L'_{WA,1h} = L_{Aeq} + A_{Div} + A_T \quad (1)$$

$$A_{Div} = 10 \lg(2\pi \cdot d_{Avg}^2) \quad (2)$$

$$A_T = -10 \lg(3600v_d) \quad (3)$$

Mit:

L_{Aeq}	Mittelungspegel einer Durchfahrt in dB(A)
A_{Div}	Zuschlag für den Abstand zwischen Messgerät und Fahrstrecke in dB
d_{Avg}	Mittlerer Abstand zwischen Fahrstrecke und Messgerät in m
A_T	Zuschlag für den Zeitbezug auf eine Stunde in dB
v_d	Geschwindigkeit einer Durchfahrt in m/s

Der Zuschlag für den Abstand vom Messgerät zur Fahrstrecke, die mittlere Distanz A_{Div} , wird nach Formel (2) bestimmt. Hierbei ist zu beachten, dass der Schalldruckpegel quadratisch mit zunehmender Distanz abnimmt, so dass Segmente, deren Abstand zum Messpunkt gering ist, höher gewichtet werden, als Segmente deren Abstand zum Messpunkt hoch ist.

Der Zuschlag für den Zeitbezug auf eine Stunde A_T ergibt sich nach Formel (3). v_d ist die durchschnittliche Geschwindigkeit auf der Messstrecke und ergibt sich aus der Durchfahrtsdauer und der Länge der Messstrecke. Hierbei ist die Länge des Lkw zu berücksichtigen.

Herleitung r_{Avg} :

$$\frac{1}{d_{Avg}^2} = \frac{1}{x-x'} \int_x^{x'} \frac{1}{d^2+z^2} dz = \frac{1}{x-x'} \cdot \frac{\tan^{-1}(\frac{x'}{d}) - \tan^{-1}(\frac{x}{d})}{d}$$

$$\Rightarrow d_{Avg} = \sqrt{\frac{(x-x') \cdot d}{\tan^{-1}(\frac{x'}{d}) - \tan^{-1}(\frac{x}{d})}}$$

Mit:

x	Start des Fahrweges, hier $x = -10$
x'	Ende des Fahrweges, hier $x' = +10 + L_{Lkw}$
d	Abstand der Messgeräte zur Fahrstrecke in m, hier $d = 7,5$ m

6.2 STATIONÄRE GERÄUSCHE

Es liegen die folgenden Daten der dargestellten Messsituationen vor:

- Mittelungspegel des Vorgangs L_{AFeq} bzw. Takt-Maximalpegel L_{AFTeq} oder Maximalpegel L_{AFmax} des Vorgangs in dB(A) nach dem in Kapitel 5.2 dargestellten Messaufbau in Abhängigkeit des Geräuschtyps
- Dauer des stationären Vorgangs in Sekunden

Die Bestimmung des Schalleistungspegels des Vorgangs kann nach Formel (4) ermittelt werden

$$L_{WAT,1h} = L_{AF(T)eq} + A_{Div} + A_T \quad (4)$$

$$A_{Div} = 10 \lg(2\pi d^2) \quad (5)$$

$$A_T = 10 \lg\left(\frac{t}{3600}\right) \quad (6)$$

Mit:

$L_{AF(T)eq}$	Mittelungspegel (Kühlaggregat) / Takt-Maximalpegel (Ladebordwand) in dB(A)
A_{Div}	Zuschlag für den Abstand zwischen Messgerät und Fahrstrecke in dB
d	Abstand zwischen Fahrstrecke und Messgerät in m
A_T	Zuschlag für den Zeitbezug auf eine Stunde (nur für Ladebordwand und Überfahren der Ladebordwand mit Rollcontainer) in dB
T	Messdauer eines Verfahrensvorganges der Ladebordwand in Sekunden

Der Zuschlag für den Abstand zwischen Messgerät und Quelle ist abhängig von dem zu messenden Geräusch. Für das Verfahrensgeschäft der Ladebordwand ergibt sich der Aufbau nach Abbildung 5 mit einem Abstand zwischen den Messgeräten und dem Kühlaggregat von $d = 7,5$ m. Für Kühlaggregate ist der Abstand abhängig von der Position des Kühlaggregates und muss entsprechend berücksichtigt werden. Der Zuschlag für den Abstand ist entsprechend Formel (5) in Abhängigkeit des Messabstandes zu ermitteln.

Der Zuschlag für den Zeitbezug auf eine Stunde A_T ergibt sich nach Formel (6). T ist hierbei die Dauer in Sekunden eines Verfahrensvorganges der Ladebordwand bzw. im Fall von Kühlaggregaten ein gedachter durchgehender Betrieb von einer Stunde ($A_T = 0$ dB).

7 Messergebnisse



Die entsprechend dem Messaufbau ermittelten und nach Kapitel 6 in längenbezogene Schallleistungspegel umgerechneten Messpegel wurden statistisch ausgewertet. Hierfür werden die Fahrzeuge in drei Kategorien in Abhängigkeit ihrer Gewichtsklasse und Antriebsart geclustert und zwischen den folgenden Gewichtsklassen unterschieden:

- Zulässiges Gesamtgewicht $\leq 7,5$ t
- Zulässiges Gesamtgewicht zwischen 7,5 t und 27 t
- Sattelzugmaschine mit Trailer (zulässiges Gesamtgewicht 40 t)

Es erfolgt die graphische Darstellung des Mittelwertes aller Messungen einer Klasse. Die Darstellung der oberen und unteren Vertrauensgrenze, sowie die Darstellung des Minimal- und Maximalwertes einer Gewichtsklasse. Im Rahmen des Handbuchs wurde für die obere und untere Vertrauensgrenze das 90 % Perzentil und das 10 % Perzentil gewählt. Zudem erfolgt in tabellarischer Form die Darstellung der Standardabweichung und des Stichprobenumfangs.

7.1 ÜBERSICHT DER FAHRZEUGE

Insgesamt wurden 29 verschiedene Lkw unterschiedlicher Gewichtsklassen und Antriebstypen messtechnisch erfasst. Die Kategorisierung der Lkw erfolgt in Gruppen ähnlicher Messwerte. Hierbei konnten drei Gruppen mit unterschiedlichen Messergebnissen wie in der folgenden Tabelle 2 dargestellt identifiziert werden.

Gewichtsklasse	zGG $\leq 7,5$ t	7,5 t < zGG ≤ 27 t	SZM mit Trailer (zGG 40 t)
E-Lkw	5 Lkw	7 Lkw	6 Lkw
CNG-/LNG-Lkw	–	3 Lkw	3 Lkw
Diesel-Lkw	–	–	2 Lkw
H2-Lkw	–	2 / 1 Lkw*	–

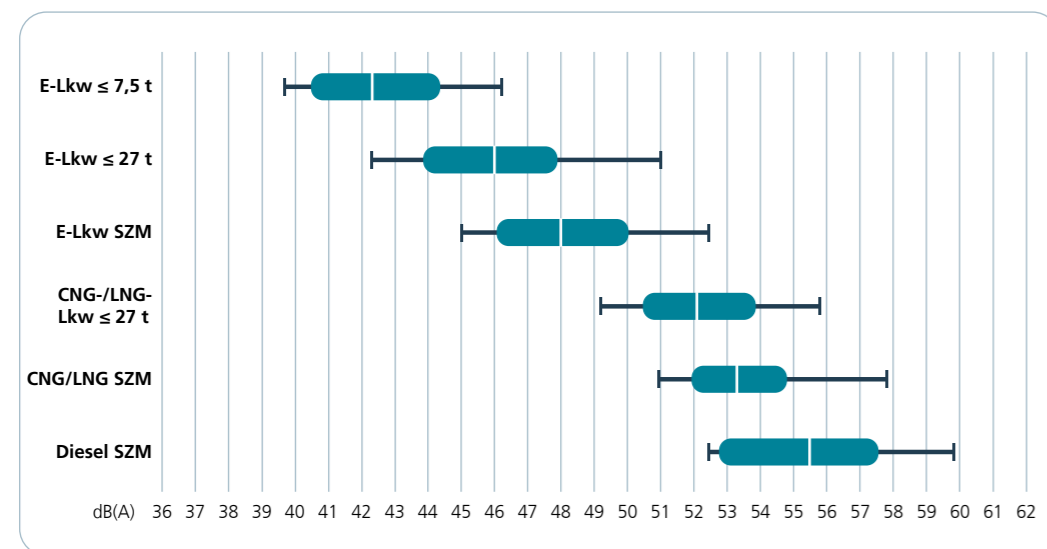
Tabelle 2: Anzahl der messtechnisch erfassten Lkw nach zGG

*2 der 3 wasserstoffbetriebenen Lkw baugleich, 1 Diesel-Lkw umgerüstet zum Wasserstoffverbrenner

Bei den beiden messtechnisch erfassten Diesel-Lkw handelte es sich um ein Neufahrzeug, sowie ein zwei Jahre altes Gebrauchtfahrzeug ohne Beladung.

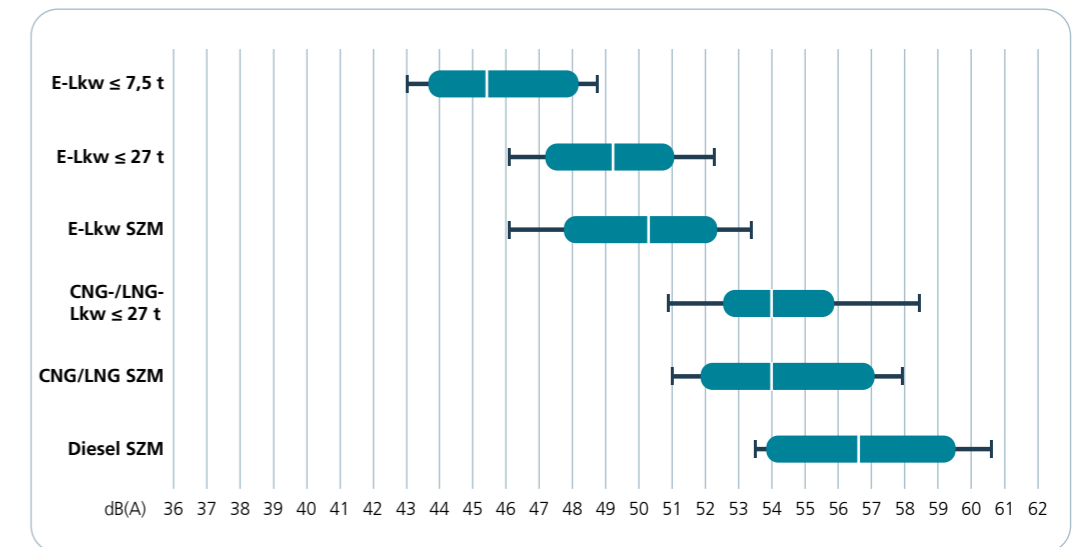
7.2 GLEICHMÄSSIGE VORBEIFAHRT

In Abbildung 6 und Abbildung 7 ist die statistische Auswertung der in längenbezogene Schallleistungspegel umgerechneten Messergebnisse für die gleichmäßige Vorbeifahrt bei 20 km/h und 30 km/h dargestellt.



Kategorie	Mittelwert $L'_{WA,1h,avg}$	$L'_{WA,1h,Q90}$	Standardabweichung	Stichprobenumfang
	[dB(A)]		dB	n
E-Lkw ≤ 7,5 t	42,3	44,4	1,4	139
E-Lkw ≤ 27 t	46,0	47,9	1,7	108
E-Lkw SZM	48,0	50,1	1,5	173
CNG-/LNG-Lkw ≤ 27 t	52,1	53,9	1,6	20
CNG/LNG SZM	53,3	54,8	1,4	41
Diesel SZM	55,5	57,6	2,2	42

Abbildung 6:
Auswertung gleich-
mäßige Vorbeifahrt
20 km/h



Kategorie	Mittelwert $L'_{WA,1h,avg}$	$L'_{WA,1h,Q90}$	Standardabweichung	Stichprobenumfang
	[dB(A)]		dB	n
E-Lkw ≤ 7,5 t	45,4	48,2	1,7	139
E-Lkw ≤ 27 t	49,2	51,1	1,4	110
E-Lkw SZM	50,3	52,4	1,7	177
CNG-/LNG-Lkw ≤ 27 t	54,0	55,9	1,5	62
CNG/LNG SZM	54,0	57,1	1,9	63
Diesel SZM	56,6	59,5	2,5	44

Abbildung 7:
Auswertung gleich-
mäßige Vorbeifahrt
30 km/h

Die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen. Die längenbezogenen Schallleistungspegel steigen mit steigender Gewichtsklasse der Lkw. CNG-, LNG- und Diesel-Lkw sind vergleichsweise lauter als batterieelektrisch betriebene Lkw.

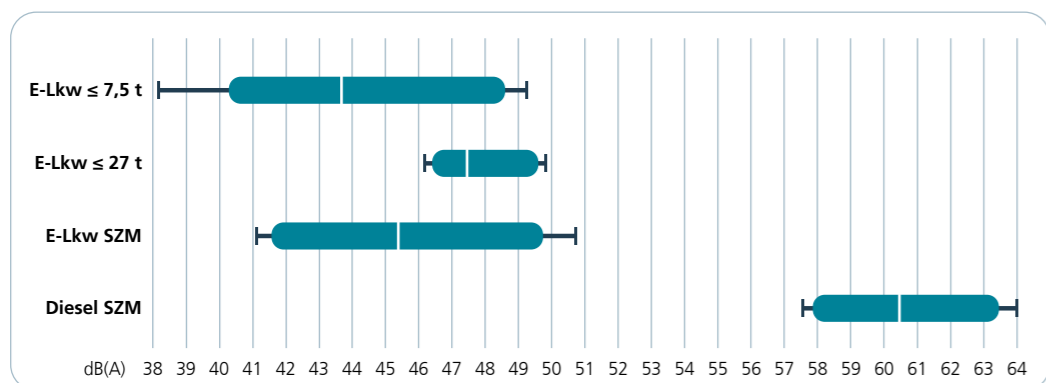
7.3 RÜCKWÄRTS RANGIERFAHRT

Die statistischen Auswertungen der in längenbezogene Schalleistungspegel umgerechneten Messergebnisse für die Rückwärtsrangierfahrt wurden getrennt nach den Einstelloptionen ohne bzw. mit Warnton (Breitband und Einzelton) ausgewertet und dargestellt. Die Abbildungen 8 bis 10 zeigen die jeweiligen Ergebnisse hierzu auf.

Für die Rückwärtsrangierfahrten wurden keine Geschwindigkeiten vorgegeben. Vielmehr war das Fahrpersonal dazu angehalten, so rückwärts zu rangieren, wie es typisch bei Fahrvorgängen auf dem Gelände erfolgt. Es sind somit höhere Standardabweichungen der Messreihen zu erwarten.

7.3.1 Ohne Warnton

Von den Fahrzeugen, die vermessen wurden, konnten nur einige den Warnton komplett ausschalten. Hierzu gibt es keine einheitliche Regelung.



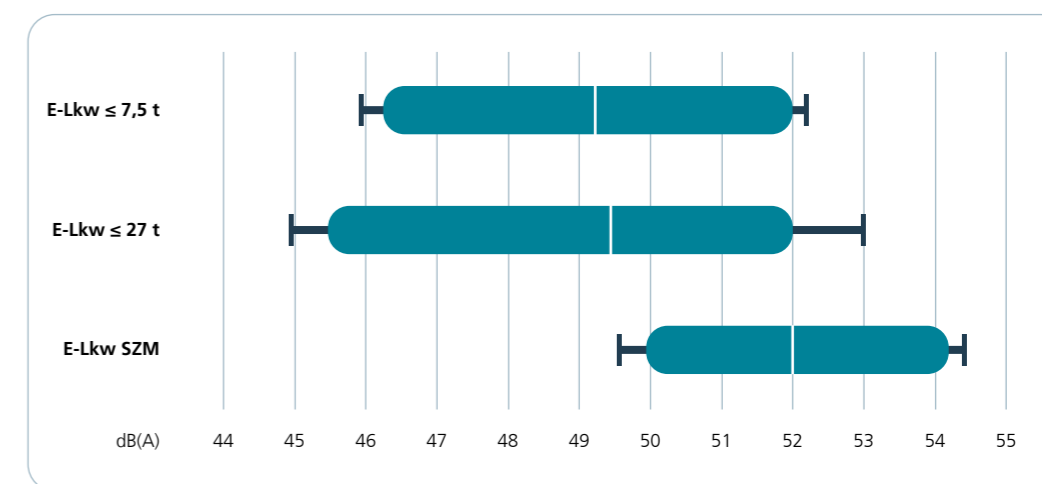
Kategorie	Mittelwert L'WA,1h,avg	L'WA,1h,Q90	Standardabweichung	Stichprobenumfang
	[dB(A)]		dB	n
E-Lkw ≤ 7,5 t	43,6	48,6	3,4	49
E-Lkw ≤ 27 t	47,4	49,6	1,4	24
E-Lkw SZM	45,4	49,8	3,3	49
CNG-/LNG-Lkw ≤ 27 t	–	–	–	–
CNG/LNG SZM	–	–	–	–
Diesel SZM	60,5	63,5	2,4	19

Abbildung 8:
Rückwärtsrangierfahrt
ohne Warnton

Für die innerhalb der Messreihen erfassten CNG-/LNG-Lkw war das Abstellen des Rückwärtswarntons nicht möglich. Eine Ergebnisdarstellung für CNG-/LNG-Lkw erfolgt daher nicht.

7.3.2 Mit Warnton (Breitband)

Der Breitbandwarnton, hierbei handelt es sich um ein wahrnehmbares Rauschen, wurde im Rahmen der innerhalb der Studie untersuchten Fahrzeuge ausschließlich bei E-Lkw verbaut. Die Ergebnisse des Rauschwarntons sind in Abbildung 9 dargestellt.



Kategorie	Mittelwert L'WA,1h,avg	L'WA,1h,Q90	Standardabweichung	Stichprobenumfang
	[dB(A)]		dB	n
E-Lkw ≤ 7,5 t	49,2	52,0	2,7	25
E-Lkw ≤ 27 t	49,5	52,0	2,6	66
E-Lkw SZM	52,0	54,2	1,7	22
CNG-/LNG-Lkw ≤ 27 t	–	–	–	–
CNG/LNG SZM	–	–	–	–
Diesel SZM	–	–	–	–

Abbildung 9:
Rückwärtsrangierfahrt mit
Warnton (Breitband)

Bei den konventionell betriebenen Lkw bzw. den CNG-/LNG-Lkw war der Einsatz eines impulshaltigen Einzeltons die Regel.

7.3.3 Mit Warnton (Einzelton)

Im Bereich der batterieelektrisch betriebenen Lkw sind sowohl breitbandige Geräusche als auch impulshaltige Einzelwarntöne etwa zu gleichen Anteilen vertreten. Für die maximal zulässige Lautstärke existiert keine einheitliche Regelung, so dass sowohl leise Einzelwarntöne als auch laute Einzelwarntöne unabhängig von dem zulässigen Gesamtgewicht des Lkw erfasst wurden. Allgemein wurden jedoch an messtechnisch erfassten E-Lkw mit einem zGG von weniger als 7,5 t ausschließlich leise Warntöne verbaut.

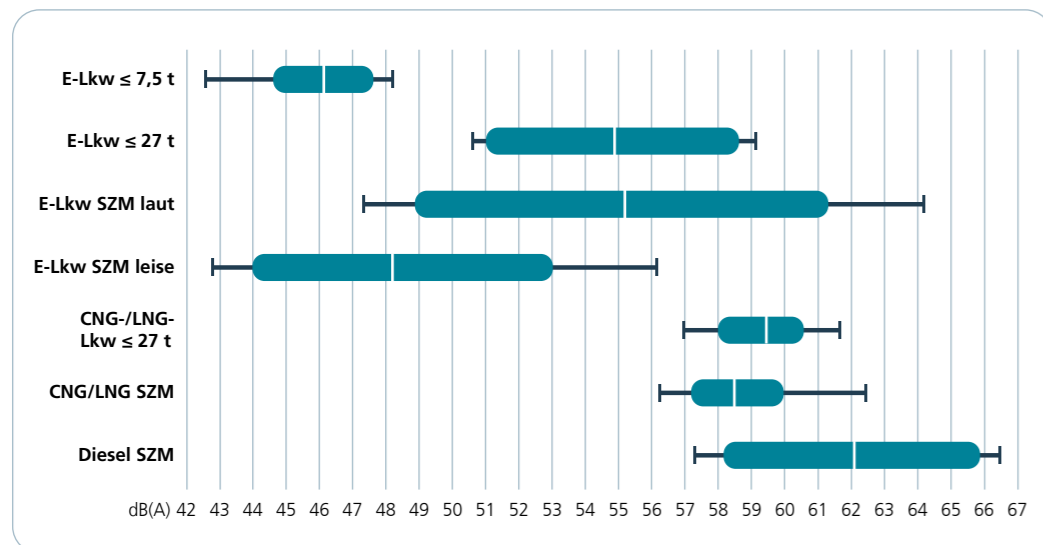


Abbildung 10: Rückwärtsrangierfahrt mit Warnton (Einzelton)

Der Rückfahrwarnton der messtechnisch erfassten batterieelektrischen Sattelzugmaschinen war häufig nicht mittig am Lkw verbaut, wodurch sich teilweise große Pegeldifferenzen zwischen den Messgeräten ergaben, die dann zu der vergleichsweise hohen Standardabweichung führten.

7.4 BESCHLEUNIGTE ANFAHRT

Abbildung 11 zeigt die statistische Auswertung der in längenbezogene Schallleistungspegel umgerechneten Messergebnisse für die beschleunigte Anfahrt mit Einzelton auf.

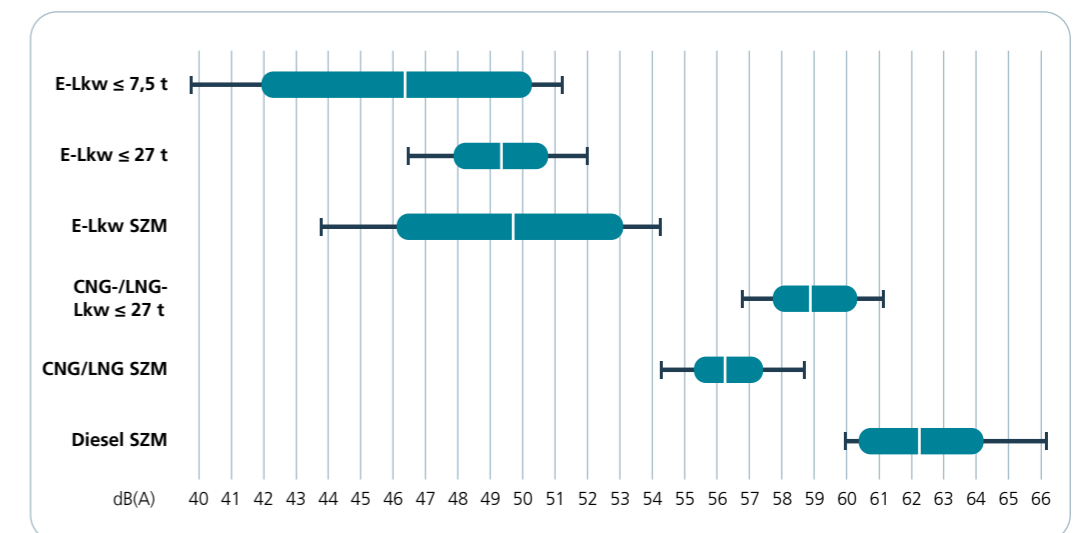


Abbildung 11: Beschleunigte Anfahrt

Insbesondere im Fall der E-Lkw $\leq 7,5$ t ergeben sich teilweise deutliche Differenzen zwischen den betrachteten Herstellern. Vorgabe bei der beschleunigten Anfahrt war es, bis zur Endgeschwindigkeit von 20 km/h zu beschleunigen und anschließend die Messstrecke gleichmäßig zu Ende zu fahren. Durch unterschiedliche Leistungsklassen innerhalb einer Gewichtsklasse von Lkw und durch das Verhalten des Fahrpersonals kam es hierbei teils zu größeren Schwankungen zwischen den Messungen.

7.5 ROLLWAGEN

Die statistische Auswertung der in längenbezogene Schalleistungspegel umgerechneten Messergebnisse für Rollwagen mit Standardrollen (Polypropylen) erfolgte auf zwei unterschiedlichen Bodenbelägen jeweils beladen und unbeladen. Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse einer Messreihe für einen Rollwagentyp sowohl auf Pflaster als auch auf Asphalt.

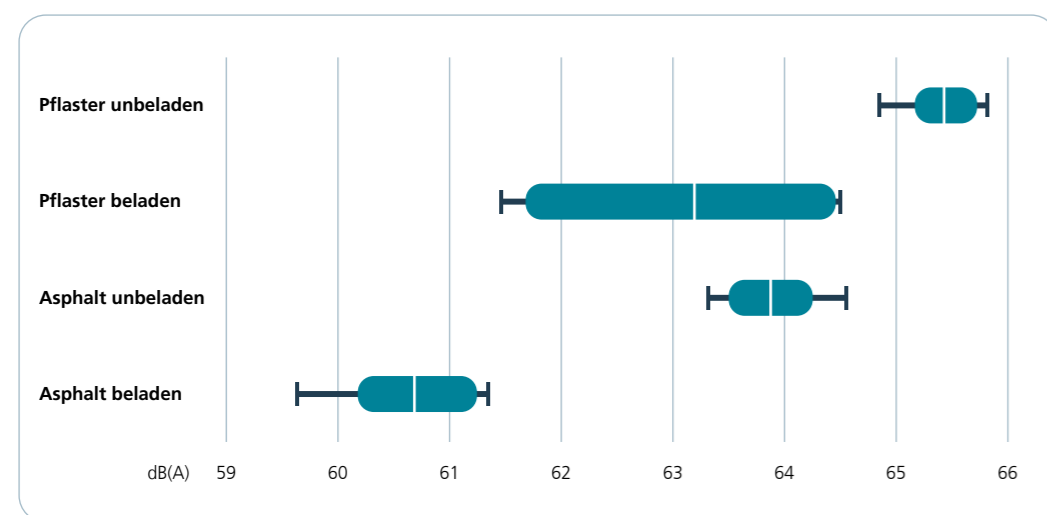


Abbildung 12: Rollwagen mit Standardrollen

Die Ergebnisse gelten für einen gleichmäßigen Schiebevorgang mit konstanter Geschwindigkeit, wenn Waren über größere Distanzen geschoben werden. Im Falle von Anlieferungen insbesondere über die „Bordsteinkante“ sind diese Emissionsansätze für konstante Schiebe-/Rollvorgänge nicht schematisch übertragbar, da hier davon auszugehen ist, dass die Fahrwege kurz und die Schiebevorgänge teils ruckartig sind und die Tätigkeit auf teils unebenen Untergründen mit kantigen Übergängen erfolgt. Die Ergebnisse sind eher anzuwenden für Anliefersituationen mit größeren Abständen zwischen dem anliefernden Lkw und der Verladezone mit Untergründen ohne kantige Übergänge.

7.6 MAXIMALPEGEL E-LKW

Neben den längenbezogenen Schalleistungspegeln der Fahrtbewegungen erfolgte die Auswertung der messtechnisch erfassten Maximalpegel der Durchfahrten. Hierbei ergeben sich keine relevanten Pegeldifferenzen bei den unterschiedlichen Leistungs- und Gewichtsklassen. Die in Abbildung 13 dargestellte statistische Auswertung der maximalen Schalleistungspegel der Durchfahrten ist daher unabhängig von der Leistungs- und Gewichtsklassen.

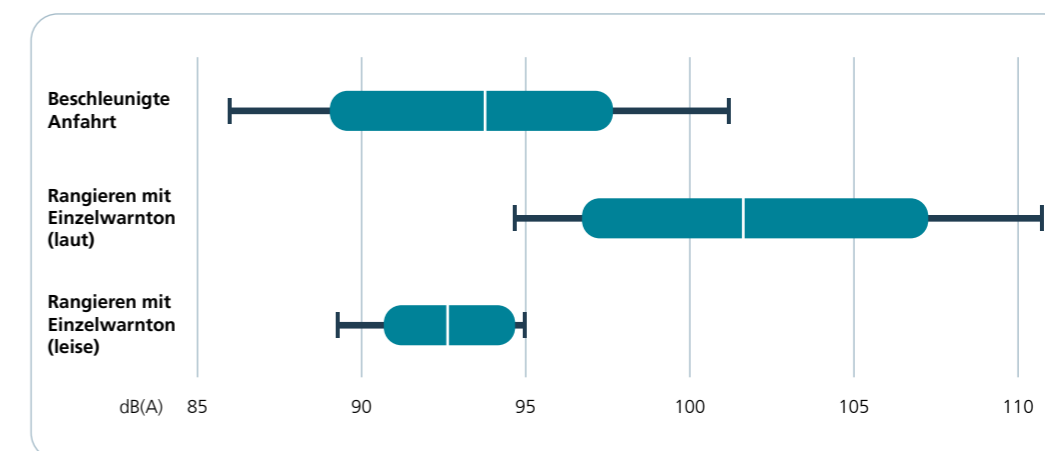


Abbildung 13: Maximalpegel E-Lkw

Die Ergebnisdarstellung der Maximalpegel beschränkt sich auf die beschleunigte Anfahrt und die Rangierfahrten mit und ohne Einzelwarnton. Neben den Maximalpegeln der Warntöne ergeben sich erwartungsgemäß die höchsten Maximalpegel bei der beschleunigten Anfahrt. Bei typischen Verladestituationen ist davon auszugehen, dass auch im Bereich der Fahrtstrecken auf dem Gelände, der Zufahrtsituation und während der Rangiervorgänge Beschleunigungen erfolgen. Für alle Fahrtbewegungen mit Ausnahme des Rangierens mit lautem Einzelwarnton ist daher die Berücksichtigung des Maximalpegels für Beschleunigungsvorgänge sinnvoll.

7.7 VERGLEICH DIESEL-LKW

Neben den Lkw mit alternativen Antrieben wurden auch zwei dieselbetriebene Sattelzugmaschinen zum Vergleich der Emissionsansätze mit anderen Studien (HLNUG-Studie [11], RLS-19 [17], Parkplatzlärmstudie [16]) messtechnisch erfasst. Die Studie des HLNUG, „Technischer Bericht: Lkw-Studie: Untersuchung von Geräuschemissionen durch logistische Vorgänge von Lastkraftwagen“ [11] liefert bspw. Emissionsansätze der beschleunigten Anfahrt und der gleichmäßigen Vorbeifahrt für dieselbetriebene Lkw. Ein Abgleich der im Handbuch „Geräuscharme Logistik“ ermittelten Schalleistungspegel mit den Ergebnissen der HLNUG-Studie zeigt Tabelle 3 anhand der beschleunigten Anfahrt und Vorbeifahrt auf.

	HLNUG-Studie	Handbuch „Geräuscharme Logistik“	
	Mittelwert	Mittelwert	90% Perzentil
Beschleunigte Anfahrt	63 dB(A)	62,5 dB(A)	64 dB(A)
Vorbeifahrt	60,5 dB(A) Geschwindigkeiten variabel	56,6 dB(A) 30 km/h	59,5 dB(A) 30 km/h

Tabelle 3: Abgleich der Ergebnisse der HLNUG-Studie mit den im Handbuch „Geräuscharme Logistik“ ermittelten Werten

Der in der HLNUG-Studie [11] gewählte Messaufbau unterscheidet sich von dem in Kapitel 5.1 dargestellten Messaufbau. Innerhalb der HLNUG-Studie aus dem Jahr 2024 erfolgte die schalltechnische Erfassung der Fahrgeräusche von Lkw entlang eines 100 m langen Straßensegmentes einer öffentlichen Straße, wobei die zugelassene Geschwindigkeit auf einem Abschnitt von 350 m in beiden Richtungen für den Zeitraum der Messung auf 30 km/h reduziert wurde. Während der Messung wurde die Geschwindigkeit und die Gewichtskasse der Lkw dokumentiert und ausgewertet. Die Ergebnisse der HLNUG-Studie aus dem Jahr 2005 konnten so für die gleichmäßige Vorbeifahrt verifiziert werden. Für die beschleunigte Anfahrt gelten weiterhin die Ergebnisse der HLNUG-Studie aus dem Jahr 2005.

Die Ergebnisse der im Rahmen dieses Handbuchs durchgeführten Messungen an Diesel-Lkw der beschleunigten Anfahrt entsprechen etwa den Ergebnissen der HLNUG-Studie aus dem Jahr 2005. Die Messungen der gleichmäßigen Vorbeifahrt erfolgten für das Handbuch unter Idealbedingungen. Die Fahrer der Lkw waren angewiesen, die Geschwindigkeit von 20 km/h bzw. 30 km/h möglichst exakt einzuhalten, so dass keine Beschleunigungsvorgänge oder Schaltvorgänge Teil der Messungen waren. Dies wurde auch teilweise durch den im Fahrzeug verbauten Tempomaten sichergestellt.

8 Empfohlene Emissionsansätze für die schalltechnische Prognose



© Fraunhofer IML

8.1 PROGNOSEANSÄTZE FAHRBEWEGUNGEN

Die in Kapitel 7 dargestellten statistischen Auswertungen, der in längenbezogene Schallleistungspegel umgerechneten Messergebnisse, sind zusammenfassend in Tabelle 4 dargestellt.

Als Prognoseansatz für die Fahrbewegungen wird im Rahmen des Handbuches im Sinne einer oberen Abschätzung zur Berücksichtigung möglicher Messunsicherheiten für die Fahrbewegungen das 90 % Perzentil empfohlen. Entsprechend lagen 90 % aller erfassten Messwerte unterhalb der in Tabelle 4 dargestellten Prognoseansätze. Insbesondere in Bezug auf die vorhandenen Abweichungen zwischen den verschiedenen Herstellern der Lkw einer Gewichtsklasse lassen sich so die Unsicherheiten im Rahmen einer Immissionsprognose abdecken.

Kategorie	Gleichmäßige Vorbeifahrt		Beschleunigte Anfahrt	Rückwärts ohne Warnton	Rückwärts mit Warnton (Einzelton) (laut / leise)	Rückwärts mit Warnton (Breitband)
	20 km/h	30 km/h				
L'WA,1h,Q90 in [dB(A)]						
Elektro Lkw						
zGG ≤ 7,5 t	44,4	48,2	50,3	48,6	47,6	52,0
7,5 t < zGG ≤ 27 t	47,9	51,1	50,8	49,6	58,6	52,0
SZM	50,1	52,4	53,1	49,8	61,3/53,0	54,2
CNG / LNG						
7,5 t < zGG ≤ 27 t	53,9	55,9	60,3	–	60,6	–
SZM	54,8	57,1	57,4	–	60,0	–
Wasserstoff (Brennstoffzelle / Verbrenner)						
7,5 t < zGG ≤ 27 t	49,4	51,8	56,1	56,5	58,8	–

Tabelle 4: Empfohlene Emissionsansätze

8.2 PROGNOSEANSATZ MAXIMALPEGEL

Für die Maximalpegel von E-Lkw werden die folgenden Prognoseansätze empfohlen:

- Beschleunigte Anfahrt $L_{WA,max} = 98$ dB(A)
- Rangier-Rückwärtsfahrt mit lautem Einzelwarnton $L_{WA,max} = 107$ dB(A)

Für die Rangier-Rückwärtsfahrt mit leisem Einzelwarnton sollte ebenfalls der Maximalpegel für beschleunigte Anfahrten berücksichtigt werden, da diese auch während der Rangiervorgänge auftreten.

Für CNG-/LNG- und Wasserstoff-Lkw ergeben sich mit Diesel-Lkw vergleichbare Maximalpegel. Für die Antriebsarten wird empfohlen, die Emissionsansätze für Diesel-Lkw, bspw. auf Grundlage der HLNUG-Studie, zu berücksichtigen.

In Tabelle 5 sind die aus den Maximalpegeln resultierenden Mindestabstände zu den nächstgelegenen Immissionsorten bei freier Schallausbreitung über reflektierendem Boden dargestellt. Führt beispielsweise ein Fahrweg eines E-Lkws zum Nachtzeitraum näher als 17 m an einem Immissionsort mit einer Einstufung entsprechend einem Mischgebiet (MI) vorbei, so führt dies überschlägig berechnet zu einer Überschreitung der kurzzeitig zulässigen Geräuschspitzen gemäß TA Lärm für ein Mischgebiet.

Im innerstädtischen Raum ist die Einhaltung der in Tabelle 4 aufgeführten Mindestabstände insbesondere in Wohngebieten (WRWA) im Bereich der Ein- bzw. Ausfahrt des Betriebsgeländes schwer erreichbar, da es sonst zu Überschreitungen der kurzzeitig zulässigen Geräuschspitzen kommen könnte.

Gebietseinstufung	Zeitraum	Zulässiger Maximalpegel	Mindestabstand für E-Lkw		
			Beschleunigte Anfahrt	Rangieren, lauter Warnton	Rangieren, leiser Warnton
			[m]		
Reines Wohngebiet (WR)	Tag	80	3	10	2
	Nacht	55	54	170	39
Allgemeines Wohngebiet (WA)	Tag	85	2	5	1
	Nacht	60	31	96	22
Mischgebiet (MI)	Tag	90	1	3	0
	Nacht	65	17	54	12
Gewerbegebiet (GE)	Tag	95	1	2	0
	Nacht	70	10	30	7

Tabelle 5: Erforderliche Mindestabstände für E-Lkw zur Einhaltung der kurzzeitig zulässigen Geräuschspitzen gemäß TA Lärm in Abhängigkeit der Gebietseinstufung

8.3 PROGNOSEANSÄTZE STATIONÄRE GERÄUSCHE

Neben den Fahrbewegungen wurden u. a. die Geräusche der Kühlaggregate und Ladebordwände erfasst.

Hierbei wurden fünf elektrisch- und drei LNG-betriebene Kühlaggregate untersucht. Empfohlen werden die folgenden Emissionsansätze:

- Kühlaggregat elektrisch $L_{WAeq,1h} = 89 \text{ dB(A)}$
- Kühlaggregat CNG/LNG $L_{WAeq,1h} = 97 \text{ dB(A)}$

Die Kühlaggregate sind gemäß TA Lärm Nr. A2.5.3 und Nr. A3.3.6 [21] nicht impulsartig im Sinne der DIN 45645-1 [4].

Für das Fahrgeräusch der Ladebordwand wird der folgende Prognoseansatz auf Grundlage von acht messtechnisch erfassten Modellen empfohlen:

- Ladebordwand $L_{WATEq,1h} = 69 \text{ dB(A)}$

Der Verzögerungsvorgang bei E-Lkw ist stark abhängig vom zulässigen Gesamtgewicht des Lkw. Während bei E-Lkw mit einem zGG $\leq 7,5 \text{ t}$ bei dem Verzögerungsvorgang kaum Geräusche emittiert wurden, war dies bei Sattelzugmaschinen wahrnehmbar. Als Emissionsansatz für alle E-Lkw wird auf Grundlage der Messungen der folgende Emissionsansatz empfohlen:

- Verzögerungsvorgang ohne Türenschnallen $L_{WATEq,1h} = 69 \text{ dB(A)}$
- Verzögerungsvorgang mit Türenschnallen $L_{WATEq,1h} = 75 \text{ dB(A)}$

Im Rahmen der Messung der Schiebevorgänge der Rollcontainer wurde auch das Überfahren der Ladebordkante im beladenen und unbeladenen Zustand messtechnisch erfasst. Auf Grundlage der Messreihe werden die folgenden Prognoseansätze für einen Vorgang (das einmalige Überfahren der Ladebordkante) empfohlen:

- Überfahren der Ladebordkante (unbeladen, 1 Vorgang) $L_{WATEq,1h} = 75,0 \text{ dB(A)}$
- Überfahren der Ladebordkante (beladen, 1 Vorgang) $L_{WATEq,1h} = 76,3 \text{ dB(A)}$

Innerhalb der DIN 45645-1 [4] heißt es:

Zur Berücksichtigung der erhöhten **Störwirkung von impulsartigen Geräuschen** wird zum äquivalenten Dauerschallpegel gegebenenfalls in einzelne Teilzeiten ein Impulzzuschlag K_i addiert. Der Impulzzuschlag ist $K_i = L_{FTEq} - L_{eq}$.

[...] Wenn diese Differenz nicht größer als 2 dB ist, kann auf den Impulzzuschlag verzichtet werden.

9 Musterfälle



Um die Vorteile des Einsatzes von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben aus der Sicht des Schallimmissionsschutzes aufzuzeigen, erfolgte am Beispiel von Musterfällen für häufig vorzufindende innerstädtische Anliefersituationen von Lebensmittelmärkten ein Vergleich der Geräuschimmissionen bei Anlieferung durch Diesel-Lkw, CNG-/LNG-Lkw und batterieelektrische Lkw. In den Musterfällen wurden Anlieferprozesse an typischen Lebensmittelmärkten dargestellt, um vor allem den Vorteil eines Anlieferprozesses eines E-Lkw gegenüber eines Diesel-Lkw darzustellen. Die Darstellung basiert auf den in den vorherigen Kapiteln ermittelten Emissionsansätzen und veranschaulicht diese anhand dreier typischer Musterfälle.

Bei der Ein- bzw. Ausfahrt zu der Anlieferstelle handelt es sich häufig um eine immissionsrelevante Geräuschquelle im Bereich schutzwürdiger Nutzungen (Wohnbebauung) unmittelbar auf der gegenüberliegenden Straßenseite.

In den LAI-Hinweisen [13] vom 24.02.2023 zur Auslegung der TA Lärm heißt es hierzu:

Die Ein- und Ausfahrt wird durch die Teilnahme am öffentlichen Verkehr begrenzt. Das Fahrzeug nimmt nicht mehr am öffentlichen Verkehr teil, wenn die erste Achse des Fahrzeuges den öffentlichen Verkehrsweg verlassen hat. Das Fahrzeug nimmt am öffentlichen Verkehr teil, sobald die letzte Achse sich auf dem öffentlichen Verkehrsweg befindet. Unter Verkehrsweg ist hier die Fahrbahn für den Kfz-Verkehr zu verstehen, nicht der Fußweg.

Das Land Nordrhein-Westfalen schreibt abweichend hiervon eine andere Vorgehensweise vor. Mit Schreiben vom 17.03.1999 (AZ: VB2 - 8850.2 - Ht -) [14] liegt eine Ergebnismitschrift einer Dienstbesprechung vom 09.02.1999 mit Erörterung von Fragen zur TA Lärm vor.

Unter Punkt 7.7 (Wie weit ist der Bereich „Ein- und Ausfahrt“ zu definieren?) heißt es u. a.:

Die Ein- und Ausfahrt wird begrenzt durch die Teilnahme am öffentlichen Verkehr. Das Fahrzeug nimmt nicht mehr am öffentlichen Verkehr teil, wenn die letzte Achse des Fahrzeuges den öffentlichen Verkehrsweg verlassen hat. Das Fahrzeug nimmt am öffentlichen Verkehr teil, sobald die erste Achse sich auf dem öffentlichen Verkehrsweg befindet.

Übertragen auf die beschriebenen Musterfälle bedeutet dies für Nordrhein-Westfalen, dass die durch eine Linienschallquelle berücksichtigten Ein- und Ausfahrten der Lkw bei der Einfahrt erst ab der Betriebsgrundstückgrenze, d. h. sobald die letzte Achse des Lkw sich auf dem Betriebsgrundstück befindet und bei der Ausfahrt nur bis zur Betriebsgrundstückgrenze, d. h. sobald die erste Achse des Lkw das Betriebsgrundstück verlässt, berücksichtigt werden. Hiernach wird, entsprechend dem Schreiben vom 17.03.1999 [14] ein Lkw-Geräusch so lange als Betriebsgeräusch berücksichtigt, wie der Lkw sich mit allen Achsen auf dem Betriebsgelände befindet.

Dies kann zum Tageszeitraum, insbesondere in der morgendlichen Ruhezeit (Zuschläge bei Wohngebieten) bei einer Gesamtbetrachtung des Lebensmittelmarktes mit zusätzlicher Berücksichtigung des Kundenparkplatzes, der Einkaufswagensammelbox und der raumlufttechnischen Aggregate (RLT-Aggregate wie Lüftungs- bzw. Kälteaggregate), zu Überschreitungen der gebietsabhängigen

Immissionsrichtwerte führen. Gleiches gilt für den Nachtzeitraum. Die eigentliche Anlieferstelle stellt eine Geräuschquelle dar, welche durch geeignete Maßnahmen (z. B. Einsatz von schalloptimiertem Verladeequipment, Einhausung) schalltechnisch gut „in den Griff“ zu bekommen sind.

Bei den im Folgenden beschriebenen drei Musterfällen, werden die in den Tabelle 6 und Tabelle 7 aufgeführten Emissionsansätze für Lkw der mittleren Gewichtsklasse zwischen 7,5 t und 27 t berücksichtigt. Entsprechend des Schreibens vom 17.03.1999 [14] werden die Fahrbeziehungen der betrachteten Lkw nur auf dem Betriebsgelände berücksichtigt.

Antriebsart	Vorwärts-fahrt	Rückwärts- / Rangierfahrt mit Rückfahrwarner			Abstell-vorgang	Fahrzeugeigenes Kühlaggregat		
		klassisch (mit Einzelton)	Breitband (ohne Einzelton)	Lästigkeits-zuschlag Tonhaltigkeit		Antriebsart	Fahrt	Stand
							L _{WAeq,1h}	L _{WAeq,1h}
		dB(A)	dB(A)	dB		dB(A)	dB(A)	
Diesel-Lkw	63,0*	69,0	–	3	81,5	Diesel	57	97
E-Lkw	50,8	–	52,0	0	75,0	Elektrisch	48	91
CNG-/LNG-Lkw	60,3	52,4	–	3	81,5	CNG/LNG	57	97

*HLUNG-Studie [11]

Tabelle 6: Emissionsansätze Lkw und Kühlaggregate

Verladevorgang Außenrampe (Standardequipment)		Verladung „Bordsteinkante“ über heruntergefahrte Ladebordwand (Standardequipment)	
Rollgeräusch Wagenboden L _{WAeq,1h} = 65 dB(A) je Impuls*	Überfahren Ladebordwand L _{WAeq,1h} = 74 dB(A) je Impuls*	Rollgeräusch Wagenboden L _{WAeq,1h} = 78 dB(A) je Impuls**	Überfahren Ladebordwand L _{WAeq,1h} = 73 dB(A) je Impuls**
8 Rollwagen à 2 Impulse / Vorgänge (insgesamt 16 Impulse / Vorgänge)		8 Rollwagen à 2 Impulse / Vorgänge (insgesamt 16 Impulse / Vorgänge)	
L _{WAeq,1h}		L _{WAeq,1h}	
dB(A)		dB(A)	
77	86	90	85

*HLUNG-Studie [11]

**eigene Messung im Rahmen des Handbuchs

Tabelle 7: Emissionsansätze Ent-/Beladung

Gemäß Ziffer 3.2.1 der TA Lärm [21] kann eine detaillierte Untersuchung der Gewerbelärmvorbelastung durch dritte gewerbliche Nutzungen in der Nachbarschaft entfallen, wenn die von der zu beurteilenden Anlage ausgehende Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 der TA Lärm am maßgeblichen Immissionsort um mindestens 6 dB unterschreitet.

In den drei Musterfällen wird ausschließlich die Anliefersituation schalltechnisch betrachtet. Eine detaillierte Gesamtbetrachtung des Lebensmittelmarktes mit zusätzlicher Berücksichtigung des Kundenparkplatzes, der Einkaufswagensammelbox(en) und der RLT-Außenaggregate erfolgt nicht, da im Rahmen des Handbuchs der Fokus auf der Anliefersituation durch Lkw mit alternativen Antrieben liegt. Da die sog. „Irrelevanzregelung“ nach Nr. 3.2.1. (Unterschreitung des Immissionsrichtwertes um 6 dB) der TA Lärm [21] bei vorhandener Ausschöpfung durch Dritte rechnerisch einer Überschreitung des Immissionsrichtwertes um 1 dB entspricht, erfolgt zur Berücksichtigung der anteiligen Geräuschimmissionen der genannten sonstigen Quellen eine weitere Reduktion der Immissionsrichtwerte zum Tageszeitraum um 4 dB. Insgesamt erfolgt somit eine Reduktion der Immissionsrichtwerte zum Tageszeitraum um 10 dB.



Unter Nr. 3.2.1 „Prüfung im Regelfall“ der TA Lärm [21] heißt es u. a.:

Der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche (§ 5 Abs.1 Nr. 1 BImSchG) ist vorbehaltlich der Regelungen in den Absätzen 2 bis 5 sichergestellt, wenn die Gesamtbelastung am maßgeblichen Immissionsort die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 nicht überschreitet. Die Genehmigung für die zu beurteilende Anlage darf auch bei einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte aufgrund der Vorbelastung aus Gründen des Lärmschutzes nicht versagt werden, wenn der von der Anlage verursachte Immissionsbeitrag im Hinblick auf den Gesetzeszweck als nicht relevant anzusehen ist. Das ist in der Regel der Fall, wenn die von der zu beurteilenden Anlage ausgehende Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 am maßgeblichen Immissionsort um mindestens 6 dB(A) unterschreitet.

Bei einer mathematischen Rundung ergibt sich somit in der Summe aus der Vorbelastung durch Dritte (Ausschöpfung Immissionsrichtwert) mit der Zusatzbelastung durch die Anlieferung eine Einhaltung des Immissionsrichtwertes. Der sich hiernach für den Tageszeitraum ergebende um 10 dB reduzierte Immissionsrichtwert wird im Folgenden „anteiliger Immissionsrichtwert“ (IRW_{anteilig}) genannt.

Bezogen auf den Nachtzeitraum wird davon ausgegangen, dass außer der betrachteten Warenanlieferung keine weiteren relevanten Gewerbelärmimmissionen vorliegen (Ausschöpfung des Immissionsrichtwertes (IRW)).

Berücksichtigt wird bei allen drei Musterfällen die Anlieferung von drei Fahrzeugen werktags zum Tageszeitraum (1 Fahrzeug zwischen 6:00 und 7:00 Uhr innerhalb der gesetzlichen Ruhezeiten sowie zwei Fahrzeuge zwischen 7:00 und 20:00 Uhr außerhalb der gesetzlichen Ruhezeiten) sowie von einem Fahrzeug innerhalb der lautesten Nachtstunde. Verglichen werden bei den drei Musterfällen die Situationen „konventionell“ (Diesel-Lkw mit klassischem Einzelton haltigem Rückfahrwarnton ohne/mit Kühlaggregat im Dieselbetrieb) und „geräuscharm“ (batterieelektrischer Lkw mit breitbandigem

Rückfahrwarnton ohne/mit Kühlaggregat im Elektrobetrieb). Zudem wurde als weiterer Vergleich die geräuscharmere Anlieferung mit CNG-/LNG-Lkw (mit klassischem Einzelton haltigem Rückfahrwarnton ohne / mit Kühlaggregat im Gasbetrieb) betrachtet.

Die Immissionsberechnungen erfolgen auf Grundlage von digitalen Simulationsmodellen mit dem Berechnungsprogramm SoundPLAN (Version 8.2) gemäß den Vorgaben der TA Lärm in Verbindung mit der DIN ISO 9613-2 [5]. Hierbei wurden sowohl Einzelpunktberechnungen für jeweils einen Immissionsort als auch flächenhafte Isophonenberechnungen (Absolutwerte sowie Differenzkarten) für die konventionelle und geräuscharme Anlieferung durchgeführt.

9.1 MUSTERFALL 1: ANLIEFERUNG ÜBER DEN KUNDENPARKPLATZ AN OFFENE RAMPE

Bei dem Musterfall 1 handelt es sich um die Filiale eines Lebensmittelmarktes mit einer im westlichen Teil des Gebäudes befindlichen Anlieferstelle und einem nordöstlich hierzu gelegenen Kundenparkplatz über welchen die Anlieferstelle zur (öffentlichen) Straße hin erschlossen ist. Die ankommenden und abfahrenden Lkw befahren das Grundstück über den Kundenparkplatz, rangieren rückwärts (mit Rückfahrwarnton) an die offene nicht eingehauste Laderampe, um hier zu entladen. Bei den Lkw mit Kühlaggregaten ist das Kühlaggregat während der Fahrt sowie während der Ent- und Beladung für 30 Minuten je Lkw eingeschaltet.

Unmittelbar auf der gegenüberliegenden Straßenseite zu der Ein- bzw. Ausfahrt befindet sich ein Wohngebäude mit einem Schutzanspruch entsprechend einem allgemeinen Wohngebiet (WA). Die zulässigen Immissionsrichtwerte betragen hier $55 - 10 = 45 \text{ dB(A)}$ zum Tages- und 40 dB(A) zum Nachtzeitraum.

Die Fahr- bzw. Rangiertätigkeiten vor der Anlieferstelle über den Kundenparkplatz stellen eine Geräuschquelle mit einer relativ großen Flächenausdehnung dar, aktive und wirksame Schallschutzmaßnahmen (z. B. Lärmschutzwände, -wälle) sind dabei auf der Freifläche bzw. dem Kundenparkplatz nur schwer umsetzbar. Abbildung 14 zeigt den Übersichtslageplan des Simulationsmodells für den Musterfall 1 mit Darstellung der Geräuschquellen und des Immissionsortes.

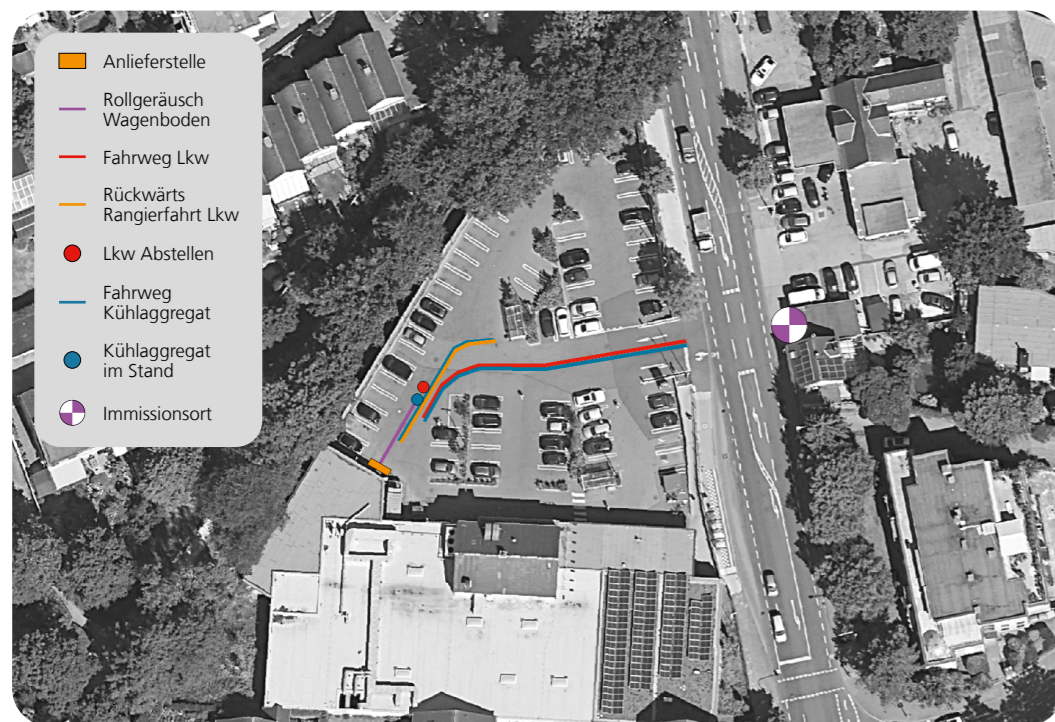


Abbildung 14: Übersichtslageplan Musterfall 1 (Kartendarstellung durch Google Earth)

In den Tabellen 8 bis 10 sind die Ergebnisse der Einzelpunktberechnungen (Musterfall 1) für die Berechnungsvarianten

- mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung,
- ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung und
- nur Fahrbewegungen, ohne Kühlaggregat, ohne Ent-/Beladung

jeweils mit Gegenüberstellung der konventionellen (Diesel-Lkw) und der geräuscharmen (E-Lkw und CNG-/LNG-Lkw) Anlieferprozess dargestellt.

Tabelle 8: Berechnung am Immissionsort Musterfall 1 (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung)

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _r	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
		dB	IRW _{anteilig}	L _r	Diff.	IRW	L _r	Diff.		
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	Diesel	WA	45	49	+4	40	51	+11
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	Gas	WA	45	48	+3	40	51	+11
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	elektrisch	WA	45	42	-3	40	45	+5

Tabelle 9: Einzelpunktberechnungen Musterfall 1 (ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung)

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _r	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
		dB	IRW _{anteilig}	L _r	Diff.	IRW	L _r	Diff.		
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	–	WA	45	45	0	40	47	+7
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	–	WA	45	42	-3	40	45	+5
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	–	WA	45	40	-5	40	42	+2

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _r dB	Kühl- aggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
					IRW _{anteilig} dB(A)	L _r dB	Diff. dB	IRW dB(A)	L _r dB	Diff. dB
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	–	WA	45	43	-2	40	46	+6
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	–			40	-5		42	+2
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	–			31	-14		33	-7

Tabelle 10: Einzelpunktbe-
rechnungen Musterfall 1
(nur Fahrbewegungen, ohne
Ent-/Beladung)

- GE Gebietseinstufung
- WA Allgemeines Wohngebiet
- IRW_{anteilig} anteiliger um 10 dB reduzierter Immissionsrichtwert in dB(A)
- IRW Immissionsrichtwert in dB(A)
- K_r Lästigkeitszuschlag für die Tonhaltigkeit gemäß Ziffer A.2.5.2 der TA Lärm in dB
- L_r Beurteilungspegel in dB(A)
- Diff. Über- (positiver Wert) bzw. Unterschreitung (negativer Wert) des (anteiligen) IRW in dB

Tageszeitraum (6:00 bis 22:00 Uhr)

Wie die in den Tabellen 8 bis 10 dargestellten Ergebnisse der Einzelpunktberechnung zeigen, wird der anteilige Immissionsrichtwert von 45 dB(A) tags in Abhängigkeit der betrachteten Variante mit bzw. ohne Kühlaggregat und Ent-/Beladung bei der konventionellen Anlieferung mit Diesel-Lkw ausgeschöpft (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung – vgl. Tabelle 8) sowie eingehalten (ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung – vgl. Tabelle 9) bzw. um 2 dB unterschritten (nur Fahrbewegungen, ohne Ent-/Beladung, ohne Kühlaggregat – vgl. Tabelle 9).

Bei einer Anlieferung mit einem CNG-/LNG-Lkw wird der anteilige Immissionsrichtwert von 45 dB(A) um 3 dB überschritten (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung – vgl. Tabelle 8) bzw. um 3 dB (ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung – vgl. Tabelle 9) und 5 dB unterschritten (nur Fahrbewegungen, ohne Ent-/Beladung, ohne Kühlaggregat – vgl. Tabelle 10).

Bei der geräuscharmen Anlieferung mit einem batterieelektrischen Lkw wird der angestrebte anteilige Immissionsrichtwert von 45 dB(A) bei allen drei betrachteten Varianten eingehalten bzw. um 3 bis 14 dB unterschritten.

Durch den Einsatz eines batterieelektrischen Lkw mit Kühlaggregat wäre am Beispiel des Musterfalles 1 somit eine morgendliche Anlieferung innerhalb der Ruhezeit zwischen 6:00 und 7:00 Uhr möglich. Ohne bzw. mit ausgeschaltetem Kühlaggregat wäre rechnerisch sogar die Anlieferung mit zwei der drei berücksichtigten batterieelektrischen Lkw innerhalb der Ruhezeit möglich.

Anmerkung: Bei einer Einstufung des Immissionsortes als Mischgebiet (MI) mit einem dann anzustrebenden Immissionsrichtwert von $60 - 10 = 50$ dB(A), hier entfällt der Ruhezeitenschlag für die Anlieferung zwischen 6:00 und 7:00 Uhr, ergäben sich für den Tageszeitraum um 4,8 dB geringere Beurteilungspegel. In diesem Falle wird der angestrebte Immissionsrichtwert bei allen drei Varianten und Antriebsarten der anliefernden Lkw eingehalten bzw. ausgeschöpft (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung – vgl. Tabelle 8).

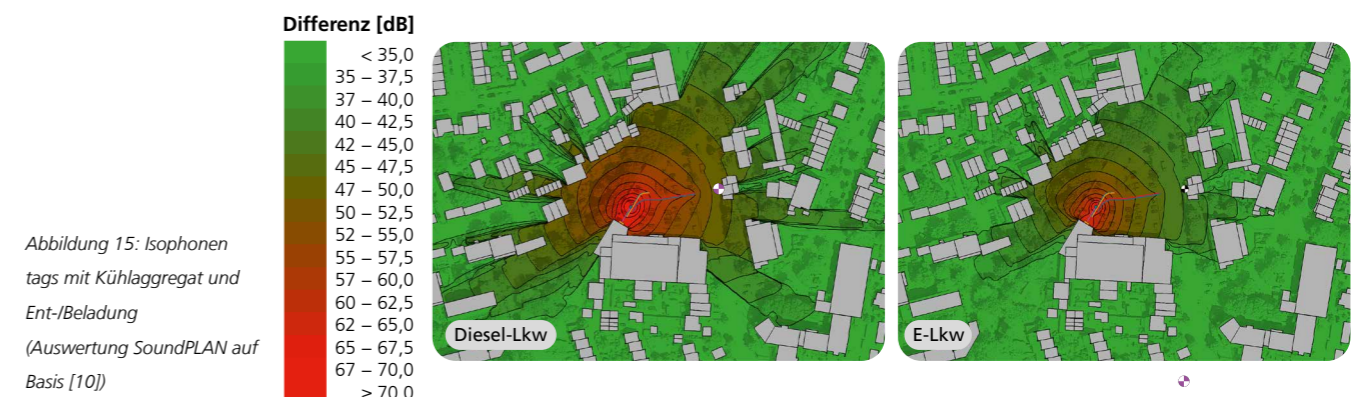
Nachtzeitraum (lauteste Stunde zwischen 22:00 und 6:00 Uhr)

Wie die in den Tabellen 8 bis 10 dargestellten Ergebnisse der Einzelpunktberechnung zeigen, wird der Immissionsrichtwert von 40 dB(A) nachts bei allen drei Varianten sowohl beim Einsatz konventioneller Diesel-Lkw als auch bei CNG-/LNG-Lkw um 2 bis 11 dB überschritten.

Bei der geräuscharmen Anlieferung mit batterieelektrischen Lkw wird der Immissionsrichtwert von 40 dB(A) mit und ohne Kühlung um 2 dB und 5 dB überschritten. Lediglich eine Zufahrt zum Gelände (inklusive Abstellvorgang) ohne Ent-/Beladung wäre rechnerisch zulässig. Hierdurch lässt sich nur in Verbindung mit schalltechnischen Optimierungen im Bereich der Ent-/Beladung eine Nachtanlieferung durch einen batterieelektrischen Lkw am Beispiel des Musterfalles 1 umsetzen.

Anmerkung: Bei einer Einstufung des Immissionsortes als Mischgebiet (MI) mit einem dann zulässigen Immissionsrichtwert von 45 dB(A) ist eine Nachtanlieferung mit batterieelektrischen Lkw auch ohne schalltechnische Optimierungen im Bereich der Ent-/Beladung rechnerisch möglich.

In Abbildung 15 sind die Isophonenkarten für den Tageszeitraum (Musterfall 1) für die Berechnungsvarianten (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung) für die konventionelle im Vergleich zur geräuscharmen Anlieferung mit batterieelektrischen Lkw dargestellt.



Der Vergleich der beiden Abbildungen zeigt deutlich geringere Geräuschimmissionen im Bereich der nächstgelegenen schutzwürdigen Nutzungen durch den Einsatz von geräuscharmen batterieelektrischen Lkw.

In Abbildung 16 sind die Differenzisophonenkarten (Musterfall 1) einer konventionellen Anlieferung durch Diesel-Lkw und einer geräuscharmen Anlieferung durch batterieelektrische Lkw für die Berechnungsvarianten ohne Kühlaggregat und mit Kühlaggregat dargestellt.

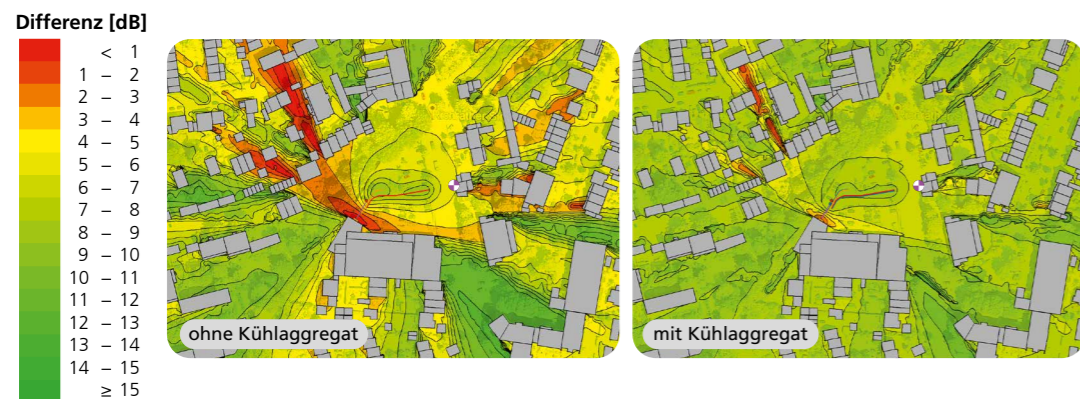


Abbildung 16: Differenzisophonen Vergleich Diesel-Lkw und E-Lkw (Auswertung SoundPLAN auf Basis [10])

Die Differenzisophonenkarten zeigen die Pegelunterschiede zwischen Diesel- und E-Lkw der Isophonenkarten (Abbildung 15). Rot sind die Bereiche dargestellt, in denen sich keine Unterschiede ergeben, bspw. im Bereich der Anlieferstelle. In den gelben und grünen Bereichen wird deutlich, dass der geräuscharmere Antrieb die Schallpegel hier reduziert.

Im Bereich der Anlieferstelle ergeben sich lediglich sehr geringe Pegelminderungen, da hier die anteiligen Geräusche der von der Antriebsart unabhängigen Ent- und Beladung bestimmend sind. Die höchsten Pegelminderungen ergeben sich im Bereich der Anfahrt zu der Anlieferstelle bzw. im Bereich der hierzu nächstgelegenen Immissionsorte oder in Bereichen, in denen die Anlieferstelle durch vorgelagerte Gebäude gegen Schallemissionen abgeschirmt ist (z. B. südöstlich zu der Anlieferstelle). Eine solche Abschirmung bzw. deren Effekt ist vergleichbar mit der Wirksamkeit von Lärmschutzmaßnahmen im Bereich der Anlieferstelle selbst, wie bspw. eine Einhausung oder der Einsatz von geräuscharmem Ladeequipment.

9.2 MUSTERFALL 2: ANLIEFERUNG ÜBER GESONDERTE ZUFAHRT AN OFFENER RAMPE

Bei dem Musterfall 2 handelt es sich um die Filiale eines Lebensmittelmarktes bzw. -discounters mit einer im südwestlichen Teil des Gebäudes befindlichen Anlieferstelle und einem nordwestlich hierzu gelegenen Kundenparkplatz. Die Anfahrt zu der Anlieferstelle erfolgt von der nordwestlich verlaufenden öffentlichen Straße über eine getrennte südwestlich zum Parkplatz bzw. zum Gebäude verlaufenden Zufahrt. Die ankommenden und abfahrenden Lkw befahren das Grundstück über die nordwestlich gelegene Zufahrt, rangieren rückwärts (mit Rückfahrwarnton) an die offene nicht eingehaute Laderampe, um hier zu entladen. Bei den Lkw mit Kühlaggregaten ist das Kühlaggregat während der Fahrt sowie während der Ent- und Beladung für 30 Minuten je Lkw eingeschaltet.

Unmittelbar auf der gegenüberliegenden Straßenseite zu der Ein- bzw. Ausfahrt befindet sich ein Wohngebäude mit einem Schutzanspruch entsprechend einem Mischgebiet (MI). Die zulässigen Immissionsrichtwerte betragen hier $60 - 10 = 50$ dB(A) zum Tages- und 45 dB(A) zum Nachtzeitraum.

Die Fahrbewegungen auf der gesonderten Zufahrt sowie die teilweise auf dem Kundenparkplatz stattfindenden Rangiervorgänge stellen wie bei Musterfall 1 eine Geräuschquelle mit einer relativ großen Flächen- bzw. Längenausdehnung dar, aktive und wirksame Schallschutzmaßnahmen (z. B. Lärmschutzwände, -wälle) sind hier bedingt durch die Lage der Zufahrt unter 90 Grad zu der Einfahrt bzw. zum Immissionsort nicht umsetzbar (keine Maßnahmen im Einfahrtbereich möglich). Die Anlieferstelle selbst befindet sich im Vergleich zu Musterfall 1 in einer größeren Entfernung zu dem Immissionsort. Abbildung 17 zeigt den Übersichtslageplan des Simulationsmodells für den Musterfall 2 mit Darstellung der Geräuschquellen und des Immissionsortes.



Abbildung 17: Übersichtslageplan Musterfall 2 (Kartendarstellung durch Google Earth)

In den Tabellen 10 bis 12 sind die Ergebnisse der Einzelpunkt-berechnungen (Musterfall 2) für die Berechnungsvarianten

- mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung,
- ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung und
- nur Fahrbewegungen, ohne Kühlaggregat, ohne Ent-/Beladung

jeweils mit Gegenüberstellung der konventionellen (Diesel-Lkw) und der geräuscharmen (E-Lkw und CNG-/LNG-Lkw) Anlieferung dargestellt.

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _r dB	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
					IRW _{anteilig} dB(A)	L _r dB	Diff. dB	IRW dB(A)	L _r dB	Diff. dB
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	Diesel	MI	50	42	-8	45	49	+4
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	Gas			39	-11		46	+1
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	elektrisch			31	-19		38	-7

Tabelle 11: Einzelpunkt-berechnungen „Musterfall 2“ (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung)

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _r dB	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
					IRW _{anteilig} dB(A)	L _r dB	Diff. dB	IRW dB(A)	L _r dB	Diff. dB
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	–	MI	50	41	-9	45	48	+3
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	–			35	-15		42	-3
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	–			28	-22		35	-10

Tabelle 12: Einzelpunkt-berechnungen „Musterfall 2“ (ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung)

Tabelle 13: Einzelpunkt-berechnungen „Musterfall 2“ (nur Fahrbewegungen, ohne Ent-/Beladung)

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _r dB	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
					IRW _{anteilig} dB(A)	L _r dB	Diff. dB	IRW dB(A)	L _r dB	Diff. dB
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	–	MI	50	41	-9	45	48	+3
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	–			34	-16		41	-4
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	–			24	-26		31	-14

- GE Gebieteinstufung
- MI Mischgebiet
- IRW_{anteilig} anteiliger um 10 dB reduzierter Immissionsrichtwert in dB(A)
- IRW Immissionsrichtwert in dB(A)
- K_r Lästigkeitszuschlag für die Tonhaltigkeit gemäß Ziffer A.2.5.2 der TA Lärm in dB
- L_r Beurteilungspegel in dB(A)
- Diff. Über- (positiver Wert) bzw. Unterschreitung (negativer Wert) des (anteiligen) IRW in dB

Tageszeitraum (6:00 bis 22:00 Uhr)

Wie die in den Tabellen 11 bis 13 dargestellten Ergebnisse der Einzelpunkt-berechnung zeigen, wird der anteilige Immissionsrichtwert von 50 dB(A) tags bei allen Arten der Anlieferung und Situationen eingehalten bzw. um mindestens 8 dB unterschritten.

Nachtzeitraum (lauteste Stunde zwischen 22:00 und 6:00 Uhr)

Wie die in den Tabellen 11 bis 13 dargestellten Ergebnisse der Einzelpunkt-berechnung zeigen, wird der Immissionsrichtwert von 45 dB(A) nachts bei allen drei Varianten beim Einsatz konventioneller Diesel-Lkw um 3 bis 4 dB überschritten.

Beim Einsatz von CNG-/LNG-Lkw wird der Immissionsrichtwert von 45 dB(A) um 1 dB überschritten (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung – vgl. Tabelle 11) sowie eingehalten bzw. um 3 und 4 dB unterschritten.

Bei der geräuscharmen Anlieferung mit batterieelektrischen Lkw wird der Immissionsrichtwert von 45 dB(A) bei allen drei Varianten eingehalten bzw. um bis zu 14 dB unterschritten. Aufgrund des höheren Abstandes zwischen der Anlieferstelle und dem Immissionsort ist eine Anlieferung mit geräuscharmen batterieelektrischen Lkw und eine Verladung zum Nachtzeitraum innerhalb der lautesten Stunde möglich.

In Abbildung 18 sind die Isophonenkarten für den Nachtzeitraum (Musterfall 2) für die Berechnungsvarianten (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung) für die konventionelle im Vergleich zur geräuscharmen Anlieferung dargestellt.

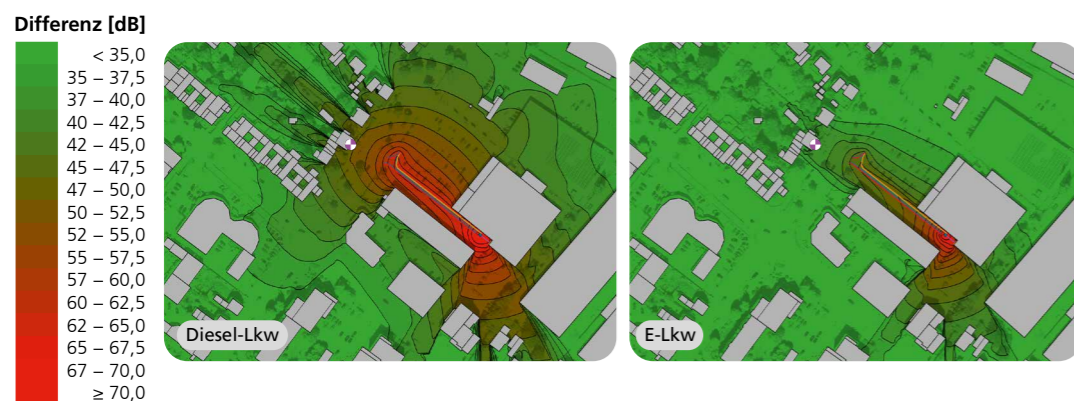


Abbildung 18: Isophonen nachts mit Kühlaggregat und Ent-/Beladung (Auswertung SoundPLAN auf Basis [10])

Der Vergleich der beiden Abbildungen zeigt deutlich geringere Geräuschimmissionen im Bereich der nächstgelegenen schutzwürdigen Nutzungen durch den Einsatz von geräuscharmen batterieelektrischen Lkw.

In Abbildung 19 sind die Differenzisophonenkarten (Musterfall 2) einer konventionellen Anlieferung durch Diesel-Lkw und einer geräuscharmen Anlieferung durch batterieelektrische Lkw für die Berechnungsvarianten ohne Kühlaggregat und mit Kühlaggregat dargestellt.



Abbildung 19: Differenzisophonen Vergleich Diesel- und E-Lkw (Auswertung SoundPLAN auf Basis [10])

Wie bei Musterfall 1 ergeben sich im Bereich der Anlieferstelle nur sehr geringe Pegelminderungen. Die höchsten Pegelminderungen ergeben sich im Bereich nördlich und westlich der Anfahrt zu der Anlieferstelle, da hier die Anlieferstelle durch die vorgelagerten Gebäude abgeschirmt wird, aber noch teils eine freie Sichtverbindung auf die Fahrwege der Lkw vorliegt.

9.3 MUSTERFALL 3: VERKEHRSBERUHIGTE ZONE OHNE RAMPE

Bei dem Musterfall 3 handelt es sich um die Filiale eines Lebensmittelmarktes in einer verkehrsberuhigten Zone.

Zwar erfolgen die Ladetätigkeiten hier auf einer öffentlichen Verkehrsfläche, diese sind jedoch gemäß den Vorgaben der TA Lärm zu berücksichtigen.

In den LAI-Hinweisen vom 24.02.2023 [13] zur Auslegung der TA Lärm heißt es hierzu:

Verladetätigkeiten oder vor- bzw. nachbereitende Tätigkeiten sind dem Anlagengeräusch zuzurechnen, wenn sie auch auf öffentlichen Verkehrsflächen im näheren Umfeld entstehen. [...]

Die An- und Abfahrt des anliefernden Lkw auf der öffentlichen Verkehrsfläche bleibt hierbei unberücksichtigt. Hier wäre eine gesonderte Betrachtung gemäß Nr. 7.4 „Berücksichtigung von Verkehrsgläuschen“ der TA Lärm [21] erforderlich. Berücksichtigt wird neben der Ent- und Beladung lediglich die Rangierfahrt zu der Anlieferstelle.

Die anliefernden Fahrzeuge fahren in die verkehrsberuhigte Zone ein, rangieren rückwärts und werden in Höhe der Filiale, welche über keine Laderampe verfügt, in einer Haltebucht bzw. ausgewiesenen Anlieferstelle abgestellt. Die Fahrzeugent- und -beladung erfolgt über die sogenannte Bordsteinkante, d. h. über den Bürgersteig zwischen der abgesenkten Ladebordwand und der ebenerdigen Tür des Lagers mittels Rollcontainern. Bei den Lkw mit Kühlaggregaten ist das Kühlaggregat während der Fahrt sowie während der Ladetätigkeiten für 30 Minuten je Lkw eingeschaltet.

Unmittelbar auf der gegenüberliegenden Seite der Filiale bzw. der Anlieferstelle befindet sich eine Gebäudezeile mit Ladenlokalen im Erdgeschoss und schutzwürdigen Nutzungen ab dem 1. Obergeschoss mit einem Schutzanspruch entsprechend eines Mischgebiets (MI). Die zulässigen Immissionsrichtwerte betragen hier 60 – 10 = 50 dB(A) zum Tages- und 45 dB(A) zum Nachtzeitraum. Abbildung 20 zeigt den Übersichtsplan des Simulationsmodells für den Musterfall 3 mit Darstellung der Geräuschquellen und des Immissionsortes.



Abbildung 20: Übersichtslageplan Musterfall 3 (Kartendarstellung durch Google Earth)

In den Tabellen 14 bis 16 sind die Ergebnisse der Einzelpunktberechnungen (Musterfall 3) für die Berechnungsvarianten

- mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung,
- ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung und
- nur Rangierbewegungen, ohne Kühlaggregat, ohne Ent-/Beladung

jeweils mit Gegenüberstellung der konventionellen (Diesel-Lkw) und der geräuscharmen (E-Lkw und CNG-/LNG-Lkw) Anlieferung dargestellt.

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _T dB	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
					IRW _{anteilig} dB(A)	L _r	Diff.	IRW	L _r	Diff.
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	Diesel	MI	50	49	-1	45	56	+11
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	Gas			49	-1		56	+11
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	elektrisch			46	-4		53	+3

Tabelle 14: Einzelpunktberechnungen „Musterfall 3“ (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung)

Tabelle 15: Einzelpunktberechnungen „Musterfall 3“ (ohne Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung)

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _T dB	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
					IRW _{anteilig} dB(A)	L _r	Diff.	IRW	L _r	Diff.
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	–	MI	50	45	-5	45	52	+7
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	-I			45	-5		52	+7
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	–			44	-6		52	+7

Tabelle 16: Einzelpunktberechnungen „Musterfall 3“ (nur Rangierbewegungen und Abstellvorgänge, ohne Ent-/Beladung)

Art der Anlieferung	Rückfahrwarner	K _T dB	Kühlaggregat	Immissionsort						
				GE	Tageszeitraum			Nachtzeitraum		
					IRW _{anteilig} dB(A)	L _r	Diff.	IRW	L _r	Diff.
Konventionell (Diesel)	Klassisch (Einzelton)	3	–	MI	50	36	-14	45	44	-1
CNG/LNG	Klassisch (Einzelton)	3	–			35	-15		43	-2
Geräuscharm (Elektro)	Breitband (Rauschen)	0	–			27	-23		35	-10

- GE Gebietseinstufung
- MI Mischgebiet
- IRW_{anteilig} anteiliger um 10 dB reduzierter Immissionsrichtwert in dB(A)
- IRW Immissionsrichtwert in dB(A)
- K_T Lästigkeitszuschlag für die Tonhaltigkeit gemäß Ziffer A.2.5.2 der TA Lärm in dB
- L_r Beurteilungspegel in dB(A)
- Diff. Über- (positiver Wert) bzw. Unterschreitung (negativer Wert) des (anteiligen) IRW in dB

Tageszeitraum (6:00 bis 22:00 Uhr)

Wie die in den Tabellen 14 bis 16 dargestellten Ergebnisse der Einzelpunktberechnung zeigen, wird der anteilige Immissionsrichtwert von 50 dB(A) tags bei allen Arten der Anlieferung und Situationen eingehalten bzw. um mindestens 1 dB unterschritten. Der Einfluss der Fahrwege auf die Gesamtgeräuschsituation, hier wurde lediglich die Rangiertätigkeit mit Rückfahrwarnton berücksichtigt, ist im Musterfall 3 im Vergleich zu den höheren Geräuschemissionen der Ent- und Beladung über die sogenannte Bordsteinkante von untergeordneter Bedeutung.

Nachtzeitraum (lauteste Stunde zwischen 22:00 und 6:00 Uhr)

Wie die in den Tabellen 14 bis 16 dargestellten Ergebnisse der Einzelpunktberechnung zeigen, ist eine Anlieferung mit Ent- und Beladung aufgrund der hohen Überschreitung des Immissionsrichtwertes von 45 dB(A) nachts um bis zu 11 dB aus schalltechnischer Sicht nicht möglich. Aufgrund der örtlichen Situation des Musterfalls 3 sind hier keine effektiven Schallschutzmaßnahmen gegenüber der Ent- und Beladung umsetzbar.

In Abbildung 21 sind die Isophonenkarten für den Tageszeitraum (Musterfall 3) für die Berechnungsvarianten (mit Kühlaggregat, mit Ent-/Beladung) für die konventionelle und die geräuscharme dargestellt.

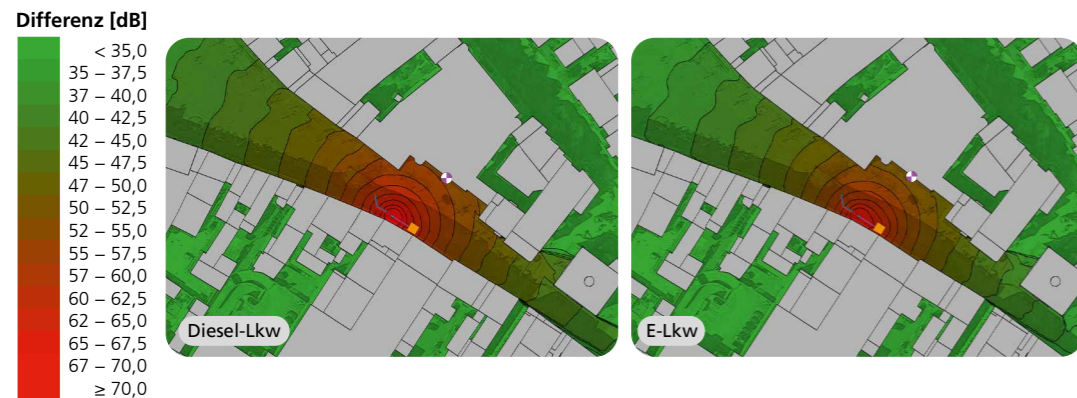


Abbildung 21: Isophonenkarten mit Kühlaggregat und Ent-/Beladung (Auswertung SoundPLAN auf Basis [10])

Der Vergleich der beiden Abbildungen zeigt nur einen sehr geringen Nutzen des Einsatzes von batterieelektrischen Lkw, da die anteiligen Geräuschimmissionen der Ent- und Beladung im Bereich der nächstgelegenen schutzwürdigen Nutzungen Pegel bestimmend sind.

In Abbildung 22 sind die Differenzisophonenkarten (Musterfall 3) einer konventionellen Anlieferung durch Diesel-Lkw und einer geräuscharmen Anlieferung durch batterieelektrische Lkw für die Berechnungsvarianten ohne Kühlaggregat und mit Kühlaggregat dargestellt.



Abbildung 22: Differenzisophonenkarten Vergleich Diesel- und E-Lkw (Auswertung SoundPLAN auf Basis [10])

Wie zu erwarten sind die Pegeldifferenzen aufgrund der Pegel bestimmenden anteiligen Geräusche der Ent- und Beladung nur sehr gering. Vorbehaltlich einer Prüfung wäre hier gegebenenfalls der Einsatz von geräuscharmem Ladeequipment zielführend.

9.4 ZUSAMMENFASSUNG

Um die Vorteile des Einsatzes von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben aus der Sicht des Schallimmissionsschutzes aufzuzeigen, erfolgte am Beispiel von drei Musterfällen für häufig vorzufindende innerstädtische Anliefersituationen von Lebensmittelmärkten ein Vergleich der Geräuschimmissionen bei Anlieferung durch Diesel-Lkw und batterieelektrische Lkw.

Folgende Musterfälle wurden hierbei betrachtet:

- Musterfall 1 (Anlieferung über den Kundenparkplatz an offene Rampe)
- Musterfall 2 (Anlieferung über gesonderte Zufahrt an offene Rampe)
- Musterfall 3 (Verkehrsberuhigte Zone ohne Rampe)

Die Ein- bzw. Ausfahrt zu der Anlieferstelle ist hierbei häufig im Einwirkungsbereich schutzwürdiger Nutzungen (Wohnbebauung) bspw. unmittelbar auf der gegenüberliegenden Straßenseite (Musterfälle 1 und 2). Die Fahr- bzw. Rangiertätigkeiten vor der Anlieferstelle über den Kundenparkplatz (Musterfall 1) sowie über die gesonderte Zufahrt (Musterfall 2) stellen eine Geräuschquelle mit einer relativ großen Flächen- bzw. Längenausdehnung dar. Aktive und wirksame Schallschutzmaßnahmen (z. B. Lärmschutzwände, -wälle) sind hier nur schwer (Musterfall 1) bzw. nicht (Musterfall 2) umsetzbar. Die eigentliche Anlieferstelle stellt eine Geräuschquelle dar, welche durch geeignete Maßnahmen (z. B. Einsatz von schalloptimiertem Verladeequipment, Einhausung) schalltechnisch gut „in den Griff“ zu bekommen ist (Musterfälle 1 und 2).

Erst der Einsatz von batterieelektrischen Lkw ermöglicht hier eine Anlieferung innerhalb der Ruhezeiten (bei Wohngebieten) bzw. in Verbindung mit schalltechnischen Optimierungen im Bereich der Verladetätigkeiten auch zum Nachtzeitraum zwischen 22:00 und 6:00 Uhr (vgl. Musterfall 1). Beim Musterfall 2 ist aufgrund des höheren Abstandes zwischen der Anlieferstelle und dem Immissionsort eine Anlieferung mit geräuscharmen batterieelektrischen Lkw ohne Optimierungen im Bereich der Ent- und Beladung möglich.

Beim Musterfall 3 erfolgt die Fahrzeugent- und -beladung über die sogenannte Bordsteinkante, d. h. über den Bürgersteig zwischen der abgesenkten Ladebordwand und der ebenerdigen Tür des Lagers. Unmittelbar auf der gegenüberliegenden Seite der Filiale bzw. der Anlieferstelle befindet sich eine Gebäudezeile mit Ladenlokalen im Erdgeschoss und schutzwürdigen Nutzungen ab dem ersten Obergeschoss. Der Einfluss der Fahrwege auf die Gesamtgeräuschsituation, hier wurde lediglich die Rangiertätigkeit mit Rückfahrwarnton berücksichtigt, ist im Musterfall 3 im Vergleich zu den höheren Geräuschemissionen der Ladetätigkeiten über die sogenannte Bordsteinkante von untergeordneter Bedeutung.

Aufgrund der hohen Überschreitung des Immissionsrichtwertes sind Ladetätigkeiten zum Nachtzeitraum zwischen 22:00 und 6:00 Uhr auch beim Einsatz von Lkw mit alternativen Antrieben aus schalltechnischer Sicht nicht möglich. Aufgrund der örtlichen Situation des Musterfalls 3 sind hier keine Schallschutzmaßnahmen gegenüber den Ladetätigkeiten umsetzbar. Hier ist nur der Einsatz von geräuscharmem Equipment oder einer Handverladung zielführend.

10

Verwendungshinweise

10.1 VERWENDUNG DES HANDBUCHS FÜR GENEHMIGUNGSBEHÖRDEN

Über die Bereitstellung und Anwendung dieses Handbuchs können Genehmigungsbehörden dazu beitragen, dass die Ermittlung von Schallemissionen sowie die Berechnung und Bewertung von Lärmimmissionen geräuscharmer Logistik auf einer einheitlichen Basis stattfinden. Sie können das Handbuch sowohl im Rahmen der Antragsberatung bereitstellen bzw. auf seine Anwendung hinweisen als es auch anschließend ihrer Bewertung eingereichter Antragsunterlagen zugrunde legen.

Der Einsatz geräuscharmer alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge und die Verwendung von geräuscharmer Fahrzeugausstattung bietet bei Beschwerdesituationen neue Handlungsmöglichkeiten, um gute Lösungen für Anwohner:innen und Unternehmen zu finden. Mit den empfohlenen Emissionsansätzen können Genehmigungsbehörden nun den Logistik- und Handelsunternehmen in der Antragsberatung nach den Umständen des Einzelfalls auf den Einsatz und die Potenziale geräuscharmer Logistik hinweisen, um die Genehmigungsfähigkeit eines Vorhabens zu sichern oder Nachbarschaftskonflikten vorzubeugen und Belastungen zu mindern. Die aufgeführten Musterfälle können dazu genutzt werden, bereits in der Antragsberatung, vergleichbare Situationen besser einzuschätzen und Hinweise auf kritische Punkte (z. B. zu geringer Abstand zu Wohnnutzung) zu geben.

Die Bereitstellung und Anwendung des Handbuchs erleichtert Antragsteller:innen und von ihnen beauftragten Lärmgutachter:innen, Antragsunterlagen zu erstellen, mit denen sie der Behörde gegenüber nachweisen, dass die von ihnen geplante Nutzung geräuscharmer Logistik die immissionsrechtlichen Anforderungen an den Lärmschutz einhält. Zudem besteht für die Behörden bei Anwendung des Handbuchs ihrerseits die Möglichkeit einer einheitlichen Vorgehensweise bei der Beurteilung entsprechend erarbeiteten Antragsunterlagen, zu denen auch Schall-/ Lärmgutachten zählen.

10.2 VERWENDUNG DES HANDBUCHS FÜR SCHALLGUTACHTER UND UNTERNEHMEN

Der Einsatz von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antrieben reduziert die Schallemissionen und ermöglicht, je nach Anliefersituation, Verkehrsverlagerungen für Unternehmen in verkehrlich weniger belastete Zeiten. Diese Studie zeigt, dass vor allem der batterieelektrische Antrieb und Wasserstoff-Antriebe deutlich leiser als konventionelle Diesel-Motoren sind. Für eine geräuscharme Belieferung muss aber das Gesamtsystem des Fahrzeugs und die relevanten Prozesse (An- und Abfahrt, Rangieren, Ent- und Beladung) betrachtet werden. Daher ist es wichtig bereits beim Fahrzeugkauf auf lärmarme Komponenten (z. B. leise Kühlaggregate) zu achten. Es gibt viele Fahrzeugaufbauer/-ausrüster, auch auf dem deutschen Markt, die sich bereits am niederländischen PIEK-Zertifikat orientieren und PIEK-zertifizierte Produkte im Angebot haben, da in Deutschland kein solches Zertifikat existiert. PIEK-zertifizierte Fahrzeuge bzw. Komponente dürfen in den Niederlanden bspw. zur Belieferung von Handelsfilialen in der Nacht eingesetzt werden, da sie entsprechend dem Zertifikat als geräuscharm gelten. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass das PIEK-Zertifikat nur in den Niederlanden anerkannt ist. Die nach PIEK zertifizierten Fahrzeuge und das Logistikequipment sind zwar deutlich lärmärmer, aber die Schallimmissionen können je nach Gebietsausweisung der TA Lärm und den Abständen zum relevanten Immissionsort (Wohnnutzung) über den genehmigungsfähigen Richtwerten in Deutschland liegen.

Aus diesem Grund ist eine direkte Übertragung des PIEK-Zertifikats auf Deutschland nicht umsetzbar, jedoch der Ansatz für eine Verkehrsverlagerung durch die Umsetzung geräuscharmer Konzepte durchaus relevant.

Die geräuscharmen alternativen Antriebe bringen bei der Beurteilung innerhalb von Genehmigungsverfahren vor allem Vorteile bei den Anfahrtswegen (linienförmige Schallquelle) auf den Betriebsgeländen. Überschreiten die Schallimmissionen bei der An- und Abfahrt die Richtwerte konnten bisher meist nur aufwändige Maßnahmen wie bspw. Schallschutzmauern die Schallausbreitung reduzieren. Gerade bei langen Anfahrtswegen (vgl. Musterfall 1 und 2) oder Anfahrten, die nah an Wohngebäuden vorbei führen bieten die geräuscharmen Nutzfahrzeuge eine gute Möglichkeit die Beurteilungspegel zu reduzieren.

Die Antriebsart hat jedoch keinen Einfluss auf die Be- und Entladetätigkeiten (wenn der Motor abgestellt ist). Ist Wohnnutzung in der Nähe, sind hier nach wie vor Probleme mit Schallimmissionen zu erwarten. Bauliche Änderungen im Bestand sind oft sehr aufwändig, eine Berücksichtigung der Schallausbreitung in der Planungsphase des Gebäudes und des Außengeländes ist sinnvoll. In den Messungen hat sich ein ebener Boden mit Asphaltdecke positiv auf die Rollgeräusche (z. B. von Gitterrollwagen) ausgewirkt. Jede Unebenheit, jede Kante, die überfahren werden muss, erzeugt zusätzliche Schallemissionen. Müssen Überfahrbleche eingesetzt werden (z. B. Bordsteinkante, Regenablauf) entstehen hohe Schallereignisse [11]. Die Lage und Ausrichtung der Rampe, des Wareneingangs hat den größten Einfluss auf die Schallausbreitung. Eine bauliche Integration der Laderampe in das Gebäude ist aus schalltechnischer Sicht sicherlich oft die beste Lösung. Sprechen Kosten, Aufwand, Platzmangel oder Anfahrtswegen gegen eine komplette Einhausung, so sollte eine Teileinhausung der Anlieferstelle, die Abschirmung zu schützenswerter Wohnbebauung durch andere Gebäudeteile sowie die Ausrichtung der Laderampe (Schallreflexion) auf unkritische Bereiche (ohne Wohnnutzung) bereits in der Planungsphase der Filiale Berücksichtigung finden.

11

Fazit und Ausblick



Das vorliegende Handbuch „Geräuscharme Logistik“ zeigt, dass die Schallemissionswerte von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien in verschiedenen Fahrsituationen deutlich unter den von konventionellen Diesel-Lkw liegen. Bisher lagen nur Werte von konventionellen Dieselfahrzeugen vor oder vereinzelte Herstellerangaben bei denen nicht nachvollziehbar war, unter welchen Messbedingungen die Werte entstanden sind. Die Vorgehensweise bei der Gestaltung der Messreihen wurde in dem vorliegenden Handbuch so gewählt, dass eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse mit den existierenden Standardwerken gegeben ist. Schallgutachterbüros können die in diesem Handbuch empfohlenen Emissionsansätze für alternativ angetriebene Nutzfahrzeuge für Schallprognosen verwenden. Genehmigungsbehörden ermöglichen die Werte eine bessere Beurteilung dieser neuen Technologien im Rahmen von Antragsstellungen. Für Unternehmen bieten sich neue Möglichkeiten zur Einhaltung der immissionsschutzrechtlichen Vorgaben durch den Einsatz von geräuscharmer Logistik. Hier helfen die Werte zu den Schallemissionen, Entscheidungen bei der Auswahl von Fahrzeug und Ausstattung zu treffen.

In Summe ermöglicht das Handbuch „Geräuscharme Logistik“ Anreize für einen insgesamt geräuscharmeren Güterverkehr. Gerade die Verteilverkehre für die Versorgung von Städten und Ballungsräumen sorgen oft für Störungen und Belästigungen von Bürger:innen. Viele Nahversorgungszentren und Supermärkte liegen in direkter Nähe zur Wohnbebauung. Hier kommt es zu Nutzungskonflikten. Die Warenversorgung der Bürger:innen ist notwendig und ein breites Warensortiment im Handel steigert die Attraktivität der Innenstädte. Eine geräuscharmere Abwicklung der notwendigen Transporte ist stadtverträglicher und der Einsatz von alternativ angetriebenen Nutzfahrzeugen reduziert nicht nur die Lärmbelastung, sondern bringt auch Vorteile in Bezug auf Luftschadstoffe und Feinstaub. In urbanen Räumen werden die größten Vorteile einer geräuscharmen Logistik gesehen, da hier tagsüber die Straßen oft überlastet sind und häufig Nutzungskonkurrenzen zwischen Wohnen und Logistik entstehen. Aber auch im ländlichen Raum, in dem viele Logistiknutzungen (z. B. Umschlagdepots, Lager) angesiedelt sind, kann die geräuscharme Logistik die empfundenen Lärmbelastigungen des Straßengüterverkehrs reduzieren.

Die Ergebnisse der Messreihen entsprechen den Erwartungen. Die Schallpegel steigen mit steigender Gewichtsklasse der Lkw. Diesel-Lkw sind vergleichsweise lauter als CNG-/LNG-Fahrzeuge und am geräuscharmsten sind die batterieelektrisch betriebenen Lkw. Die im Handbuch, im Vergleich zum Diesel-Lkw, ermittelten niedrigeren Schallemissionen zeigen Möglichkeiten auf, Transporte zu Zeiten durchzuführen, wo der Einsatz von konventionellen Dieselfahrzeugen nur eingeschränkt oder gar nicht genehmigt werden konnte. Damit ist eine Ausweitung von Anlieferzeiten denkbar, so dass Transporte in verkehrlich weniger belastete Zeiten verlagert werden können. Daraus würden weniger Verzögerungen durch Staus und somit effizientere Touren für die Logistikdienstleister und Handelsunternehmen resultieren.

Es zeigt sich, dass batterieelektrische Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40 t bei der beschleunigten Anfahrt im Vergleich zu entsprechenden Diesel-Lkw 11,1 dB(A) weniger emittieren. Eine Pegelverringerung um 10 dB(A) empfindet das menschliche Gehör als Halbierung der Lautstärke. Die aus den aufgeführten neuen Einsatzmöglichkeiten alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge entstehenden Effizienzsteigerungen auf den innerstädtischen Verteiltouren waren nicht Teil dieser Studie. Ein genauerer Blick in welcher Höhe aus den nächtlichen Touren zeitliche Einsparungen und Kraftstoffein-

sparungen resultieren wäre hier lohnend. Diese konkreten Vorteile für Logistikunternehmen können zu einer Steigerung des Anteils an umweltschonenderen Fahrzeugen bei den Zulassungszahlen führen und die Verkehrswende im Straßengütersegment somit unterstützen.

Die alternativen Antriebe sind im Vergleich zum konventionellen Diesel-Lkw recht junge Technologien, die sich aktuell noch stark wandeln. Innovationen in der Batterietechnologie oder der Wasserstoffspeicherung lassen neue Fahrzeugkonzepte (z. B. Lkw mit Niederflur-Fahrkabine) zu. Die Neuaufgabe der „Lkw-Studie: Untersuchung von Geräuschemissionen durch logistische Vorgänge von Lastkraftwagen“ [6] von 2024 zeigt, dass im Bereich der konventionellen Lkw keine großen Sprünge bei der Reduktion von Schallemissionen zu erwarten sind. Anders sieht es bei den alternativ angetriebenen Fahrzeugen aus. Standen bisher Reichweite, Zuverlässigkeit und Kosten im Fokus der Fahrzeugentwickler, treten jetzt speziell für den Einsatzzweck „urbaner Raum“ zugeschnittene Fahrzeugkonzepte ins Blickfeld. Hierbei spielen dann Schallemissionen verstärkt eine Rolle. Eine regelmäßige Überprüfung der hier ermittelten Werte ist daher sinnvoll.

Im europäischen Ausland existieren bereits Label (z. B. Label CERTIBRUIT in Frankreich [24]) oder Zertifikate (z. B. PIEK-Zertifikat in den Niederlanden [25]), die bescheinigen, dass die eingesetzten Nutzfahrzeuge und das Logistikequipment geräuscharm sind und landesspezifische Schallemissionsgrenzen eingehalten werden können. So halten Fahrzeuge und Equipment mit dem PIEK-Zertifikat die zulässigen Spitzenpegel beim Be- und Entladen in niederländischen Wohngebieten ein und dürfen daher dort auch für nächtliche Belieferungen eingesetzt werden. Ein solcher Standard oder Zertifizierungsverfahren existiert für Deutschland nicht und ist aufgrund der unterschiedlichen rechtlichen Grundlagen auch nicht direkt übertragbar. Für Hersteller von Nutzfahrzeugen oder bspw. Kühlaggregaten wäre jedoch ein ähnliches Label oder Zertifikat als Orientierung für die Entwicklung und Ausgestaltung geräuscharmer Produkte hilfreich.

Die von Behörden und Branchenvertretern genannten drei Punkte (vgl. Kapitel 3.3), die eine Umsetzung der geräuscharmen Logistik verzögern, wurden während der Projektlaufzeit bereits aktiv angegangen und werden im Nachgang weiterverfolgt:



Dass eine einheitliche Definition für „geräuscharme Logistik“ fehlt und keine standardisierten Mess- und Auswerteverfahren vorliegen, soll durch die angestrebte DIN-Norm behoben werden. Diese wird vom Arbeitskreis „Geräuscharme Logistik“ beim Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) erarbeitet.



Die Wissenslücke bei den Schallemissionen von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien wurde durch die Messreihen in diesem Handbuch geschlossen. Offener Punkt bleiben die Ent- und Beladeprozesse an den Wareneingängen der Filialen. Hierzu wurde Anfang 2024 eine weitere Studie durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen bewilligt. Hierdurch soll erreicht werden, dass das Konzept der geräuscharmen Logistik an einer noch größeren Zahl von Einzelhandelsstandorten umgesetzt und der verkehrliche Nutzen (zeitliche Entzerrung, alternative Antriebe) ausgeweitet werden kann.



Die Musterfälle (Kapitel 9) zeigen, dass eine genehmigungskonforme Anlieferung mit E-Lkw und geräuscharmer Fahrzeugausstattung auch zu Zeiten möglich ist, wo der Einsatz von Diesel-Lkw deutlich zu laut ist. Die höheren Kosten für geräuscharme Fahrzeuge und Technologien können durch eine Ausweitung der Betriebszeiten und effizienteren Fahrzeug- und Personaleinsatz ausgeglichen werden.

Das Konzept der geräuscharmen Logistik ist gerade in hochverdichteten urbanen Gebieten nicht überall anwendbar. Die Abstände zur schützenswerten Wohnnutzung sind hier oft zu gering. Mit den in dieser Studie veröffentlichten Schallemissionswerten von Nutzfahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien wurde eine Beurteilungsgrundlage geschaffen für die Bereiche in denen geräuscharme Logistik im Rahmen der TA Lärm funktioniert und so Anreize für Unternehmen schafft den Straßen-güterverkehr stadtvträglicher zu gestalten.

12 Literaturverzeichnis

[1] Art. 8 VO (EU) Nr. 540/2014

Verordnung (EU) Nr. 540/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates über den Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen und von Austauschschalldämpferanlagen sowie zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 70/157/EWG Text von Bedeutung für den EWR. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0540>, 16.04.2014.

[2] Bauportal NRW

Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen: Baugenehmigungsverfahren in Nordrhein-Westfalen. URL: <https://bauportal.nrw/themenportal/informationen-zum-baugenehmigungsverfahren>, letzter Zugriff: 23.07.2024.

[3] CERTIBRUIT 2024

CERTIBRUIT. URL: <https://www.certibruit.fr>, letzter Zugriff: 02.09.2024.

[4] DIN 45645-1

DIN 45645-1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen - Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, 1996.

[5] DIN ISO 9613-2

DIN ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, 1999.

[6] ELMO 2016

Stütz, S., Bernsmann, A., Baltzer, T., Rogmann, B., Hentschel, N., Wunderlin, P., Pommerenke, K.: ELMO – Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehr. Projektabschlussbericht. URL: <https://s.fhg.de/ELMO>, Dortmund, 2016.

[7] EU-Regelung Nr. 138

Europäischen Union: Regelung Nr. 138 der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) — Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung geräuscharmer Straßenfahrzeuge hinsichtlich ihrer verringerten Hörbarkeit. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:42017X0071&qid=1724938629598>, 10.10.2017.

[8] EU-Richtlinie 70/157/EWG

Europäische Union: Richtlinie 70/157/EWG des Rates vom 6. Februar 1970 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über den zulässigen Geräuschpegel und die Auspuffvorrichtung von Kraftfahrzeugen. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31970L0157>, 13.05.2013.

[9] GeNaLog 2017

Kirsch, D., Bernsmann, A., Moll, C., Stockmann, M., Vastag, A. (Hrsg): Potentiale einer geräuscharmen Nachtlogistik. URL: <https://s.fhg.de/genalog>, Dortmund, 2017.

[10] GEOportal NRW 2024

Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen. GEOportal NRW. URL: <https://www.geoportal.nrw>, letzter Zugriff: 02.09.2024.

[11] HLNUG 2024

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.): Technischer Bericht: Lkw-Studie: Untersuchung von Geräuschemissionen durch logistische Vorgänge von Lastkraftwagen. URL: https://www.hlnug.de/fileadmin/shop/publikationen/laerm/laermschutz/Schriften_Laerm_778-Laermschutz_2024.pdf, Wiesbaden, 2024.

[12] iZEUS 2014

EnBW Energie Baden-Württemberg AG (Hrsg.): Verbundvorhaben iZEUS Intelligent Zero Emission Urban System, Karlsruhe 2014.

[13] LAI 2023

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz: LAI-Hinweise zur Auslegung der TA Lärm (Fragen und Antworten zur TA Lärm). UMK-Umlaufbeschluss 12_2023. URL: https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lai-hinweise-auslegung-ta-laerm-stand-2023-02-24_1682411716.pdf, 24.02.2023.

[14] MURL NRW 1999

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen: Ergebnisniederschrift. Dienstbesprechung am 09.02.1999. AZ: VB2 – 8850.2 – Ht –, 17.03.1999.

[15] NOW GmbH 2023

NOW GmbH (Hrsg.): Abschlussbericht zur Studie Klimafreundliche Kühlsysteme für den Straßengüterverkehr - Marktüberblick und Dekarbonisierungspotenziale. URL: https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2023/07/NOW-Studie_Klimafreundliche-Kuehlsysteme-fuer-den-Stras-sengueterverkehr.pdf, Berlin, 2023.

[16] Parkplatzlärmstudie 2007

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Parkplatzlärmstudie - Empfehlung zur Berechnung von Schallemissionen aus Parkplätzen, Autohöfen und Omnibusbahnhöfen sowie von Parkhäusern und Tiefgaragen, Augsburg, 2007.

[17] RLS-19

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-19. URL: <https://www.fgsv-verlag.de/rls-19>, Köln, 2019.

[18] PIEK 2024

RAI Vereniging attn. Piek-Keur. URL: <https://www.piek-international.com>, letzter Zugriff: 02.09.2024.

[19] SELECT 2015

Institut für Verkehrsforschung (Hrsg.): Suitable ELectromobility for Commercial Transport (SELECT), Berlin 2015.

[20] Stichting Piek-Keur 2018

Stichting Piek-Keur (Hrsg.): Measurement methods for piek noise during loading and unloading (2018 update). URL: <https://piek.cemafroid.fr/pdf/11122019115259piek-keur-measurement-methods-for-piek-noise-during-loading-and-unloadin....pdf>, Amsterdam, 2018.

[21] TA Lärm 1998

Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5).

[22] Umweltbundesamt 2021

Umweltbundesamt (Hrsg.): Lärmtechnische Bewertung des Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS). URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermtechnische-bewertung-des-acoustic-vehicle>, Dessau-Roßlau, 2021.

Abs.	Absatz
AK	Arbeitskreis
AVAS	Acoustic Vehicle Alerting System
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BauO	Bauordnung
BauPrüfVO	Bauprüfverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BVL	Bundesvereinigung Logistik
BWVL	Bundesverband Wirtschaft, Verkehr und Logistik
CNG	Compressed Natural Gas
dB	Dezibel
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
E-Lkw	Batterieelektrischer Lastkraftwagen
EU	Europäische Union
EWG Richtlinie	Richtlinie der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft
GE	Gewerbegebiet
HDE	Handelsverband Deutschland
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
IRW	Immissionsrichtwert
ISO	Internationale Organisation für Normung
i.V.m.	in Verbindung mit
KEP	Kurier-, Express- und Paket
Kfz	Kraftfahrzeug
km/h	Kilometer pro Stunde
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
Lkw	Lastkraftwagen
LNG	Liquefied Natural Gas
m	Meter
MI	Mischgebiet
Mio.	Million
Nr.	Nummer
NRW	Nordrhein-Westfalen
RLS	Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen
RLT-Anlagen	Raumlufttechnische Anlagen
SZM	Sattelzugmaschine
t	Tonnen
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WA	Allgemeines Wohngebiet
WR	Reines Wohngebiet
zGG	Zulässiges Gesamtgewicht

Anhang des Handbuchs »Geräuscharme Logistik«:

Erläuterungen zum Rechtsrahmen



Download unter:

s.fhg.de/handbuch-anhang





Kontakt

Fraunhofer-Institut für
Materialfluss und Logistik IML
Arnd Bernsmann, Daniela Kirsch
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund