

Alex Vastag (Hrsg.), Daniela Kirsch,  
Arnd Bernsmann, Cornelius Moll, Martin Stockmann

## Potenziale einer geräuscharmen Nachtlogistik

ERGEBNISSE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN DES  
FORSCHUNGSPROJEKTS GENALOG

FRAUNHOFER VERLAG





Alex Vastag (Hrsg.), Daniela Kirsch,  
Arnd Bernsmann, Cornelius Moll, Martin Stockmann

# Potenziale einer geräuscharmen Nachtlogistik

ERGEBNISSE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN DES  
FORSCHUNGSPROJEKTS GENALOG

FRAUNHOFER VERLAG

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## PROJEKTPARTNER

**REWE**  
GROUP

**DOEGO**  
Fruchthandel und Import eG Dortmund



 **Fraunhofer**  
IML

 **Fraunhofer**  
ISI

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

FÖRDERKENNZEICHEN  
02K12A020 – 02K12A023

DEZEMBER 2013 – FEBRUAR 2015  
JUNI 2015 – SEPTEMBER 2017

FRAUNHOFER VERLAG

# IMPRESSUM

## **Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML**

Joseph-von-Fraunhofer Straße 2-4  
44227 Dortmund

[www.iml.fraunhofer.de](http://www.iml.fraunhofer.de)

## **Institutsleitung**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen  
Univ.-Prof. Dr. Michael Henke  
Univ.-Prof. Dr. Michael ten Hompel (geschäftsführend)

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8396-1257-6

## **Druck und Bindung**

Druckerei Mack GmbH, Schönaich

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© **FRAUNHOFER VERLAG, 2017**

## **Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB**

Postfach 800469, 70504 Stuttgart  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon 0711 970-2500  
Telefax 0711 970-2508  
E-Mail [verlag@fraunhofer.de](mailto:verlag@fraunhofer.de)  
URL <http://verlag.fraunhofer.de>

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 Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

### **Herausgeber**

Prof. Dr. Alex Vastag

### **Autoren**

Daniela Kirsch  
Arnd Bernsmann  
Cornelius Moll  
Martin Stockmann

### **Unter Mitarbeit von**

Jörg Ruhnke  
Colin Hillig  
Michael Heidel

### **Layout und Grafiken**

Giulia Walter



# INHALTSVERZEICHNIS

IMPRESSUM	2
INHALTSVERZEICHNIS	4
VORWORT DER STÄDTE	6
<b>1</b> MOTIVATION DER PRAXISPARTNER	8
<b>2</b> EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	14
Zielsetzung und Vorgehen im Projekt	15
Überblick Best Practice	16
<b>3</b> HERAUSFORDERUNGEN UND CHANCEN URBANER LOGISTIK	20
Regularien und Gesetzeslage	22
Stakeholder	24
Unternehmen	28
<b>4</b> UMSETZUNGSSCHRITTE ZUR GERÄUSCHARMEN NACHTLOGISTIK	30
<b>5</b> TECHNISCH-LOGISTISCHE ASPEKTE	34
Aufnahme der Ist-Situation	35
Identifikation der Geräuschquellen und geeigneter Maßnahmen	37
Technologiedatenbank und Informationsplattform	40
Erfahrungen und Empfehlungen zu Umsetzungsschritten	45
<b>6</b> ORGANISATORISCH-RECHTLICHE ASPEKTE	46
Ansprechpartner Städte und Kommunen	48
Geräuschemissionsmessungen und -prognosen	49
Konzept zur Anwohnereinbindung	52
Beantragung der Ausnahmegenehmigung	55
Erfahrungen und Empfehlungen zu Umsetzungsschritten	58



<b>7</b>	<b>WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE</b>	<b>60</b>
	Modellgrundlagen und Daten	62
	Szenarien – Veränderungen in 5 und 10 Jahren	66
	Ergebnisse	67
	Sensitivitätsanalysen	69
	Ergebnisse Praxispartner	71
<b>8</b>	<b>DURCHFÜHRUNG DER TESTPHASE</b>	<b>72</b>
	Ablauf der Testphase in Köln	74
	Ergebnisse der Testphase in Köln	76
	Feedback der beteiligten Akteure	78
<b>9</b>	<b>FAZIT UND AUSBLICK</b>	<b>82</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>84</b>
	<b>ANHANG</b>	<b>90</b>



Thomas Westphal  
*Geschäftsführer Wirtschafts-  
förderung Dortmund*

## »Elektromobile Nachtlogistik steigert Lebensqualität in Quartieren.«

Liebe Leserinnen und Leser,

die Stadt Dortmund hat bewusst in den letzten Jahren eine Vorreiterrolle und Vorbildfunktion für den Klimaschutz und die nachhaltige Mobilität übernommen. Mit dem Handlungsprogramm Klimaschutz 2020 und dem Masterplan Energiewende wurden hier in den Bereichen Energie, Effizienz, Mobilität und Klimaschutz die notwendigen kommunalen Rahmenbedingungen geschaffen. Unser übergreifendes Ziel dabei ist, bis 2020 mehr als 40 % CO<sub>2</sub> im Stadtgebiet einzusparen.

Ein zentraler Baustein, um die verkehrsbedingten Emissionen wie CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Feinstaub oder Lärm zu reduzieren, war von Anfang an die Elektromobilität. Seit 2009 wurden gemeinsam mit Unternehmenspartnern über 180 Ladepunkte im Stadtgebiet errichtet. Parallel wurde mit der Elektrifizierung des kommunalen Fuhrparks begonnen. Im Rahmen der öffentlichen Beschaffung wird dabei konkret geprüft, ob kommerziell verfügbare Elektrofahrzeuge wirtschaftlich für die jeweilige Anwendung einsetzbar sind. Diese Vorbildfunktion der Stadt, verbunden mit der Schaffung einer Ladeinfrastruktur, soll aber gerade auch den privaten Sektor stimulieren. Denn die Zunahme der privaten Logistikverkehre führt gerade in stark verdichteten Innenstädten und auf den Magistralen zu einer Erhöhung von Emissionen, welche für die Anwohner gesundheitsgefährdend sind.

Langfristig funktionierende Lösungen hierfür können nur durch einen kooperativen Umgang von Stadtverwaltung und Unternehmen entwickelt werden. Mit dem Projekt „GeNaLog“ wurde so gemeinsam die gezielte Verlagerung der Lieferverkehre in die Nachtstunden in Verbindung mit dem Einsatz elektromobiler Lieferfahrzeuge getestet. Wir konnten aufzeigen, dass die Emissionen spürbar abgesenkt wurden und die Lebensqualität in den betroffenen Quartieren gesteigert werden konnte. Das Projekt „GeNaLog“ stellt so neben der Komplexität des Themas auch den positiven Nutzen der geräuscharmen, elektromobilen Nachtlogistik vor Ort dar.

Der nächste Schritt soll nun mit einem Ausrollen des Projektes folgen. Mit der Entwicklung des Dortmunder Elektromobilitätskonzepts 2030 werden die dargestellten Synergieeffekte und die sinnvolle Vernetzung mit der Stadtentwicklung sowie die Herausforderungen der Stadtplanung der Zukunft angegangen.



## »Der Verkehr in Köln erfordert kreative Ansätze. GeNaLog leistet hierzu einen Beitrag.«

Andrea Blome

*Beigeordnete für Mobilität  
und Verkehrsinfrastruktur der  
Stadt Köln*

Liebe Leserinnen und Leser,

nach mehr als drei Jahren ist das Forschungsprojekt „GeNaLog“ nun erfolgreich beendet. Die Stadt Köln hat das Projekt vom Anfang bis zum Ende aktiv begleitet und unterstützt. Mein Dank gilt allen Mitwirkenden für den großen Einsatz bei der Erforschung einer alternativen Möglichkeit, um die Anlieferung in unseren Städten verträglich zu gestalten.

Köln weist als historisch gewachsene Stadt eine äußerst kompakte Siedlungsstruktur, vor allem im Innenstadtbereich, auf. Jährlich ziehen mehrere tausend Menschen nach Köln. Bis 2040 wird die Bevölkerung um bis zu 20 % auf dann 1,2 Mio. Menschen anwachsen. Auch der Wirtschaftsstandort Köln prosperiert; schon heute pendeln täglich heute mehr als 300.000 Menschen in die Stadt zur Arbeit – Tendenz steigend. Die Digitalisierung verändert Produktionsprozesse, Geschäftsmodelle und das Konsumverhalten grundlegend und damit auch die Anforderungen an die Versorgung in der Stadt.

Die Aufrechterhaltung funktionierender Logistiksysteme sichert die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft und stellt die Grundlage für die Versorgung der Einwohnerinnen und Einwohner dar. Gleichzeitig wollen und müssen wir die Emissionen, die vom Verkehr ausgehen und welche die Menschen in der Stadt belasten, deutlich reduzieren.

Damit die Erreichbarkeit der (inner-)städtischen Ziele für den Wirtschafts- und Lieferverkehr weiterhin gesichert ist, werden zunehmend intelligente und innovative Lösungen zur Steuerung des Anlieferverkehrs erforderlich.

Wie Sie sehen werden, hat das Projekt „GeNaLog“ hier einen wichtigen Beitrag geleistet. Wenn es möglich wird, eine substantielle Menge an Anlieferungen in die Nacht, also in ein Zeitfenster geringer Verkehre auf den Straßen, zu verlegen, kann zum einen die Belastung in den Hauptverkehrszeiten reduziert werden. Zum anderen ergibt sich durch den hierfür vorgesehenen Einsatz von Elektrofahrzeugen auch eine Verminderung sowohl der Lärm- als auch der Luftschadstoffemissionen.

Nun gilt es, die wichtigen Erkenntnisse, die im Rahmen des Forschungsvorhabens gewonnen werden konnten, so weiterzuverfolgen, dass eine Nachtanlieferung unter vollem Schutz der Nachtruhe der Anwohnenden perspektivisch eine gangbare Option für Unternehmen ist.



# MOTIVATION DER DLG DORTMUNDER LOGISTIK GESELLSCHAFT MBH

2005 gründete die TEDI GmbH & Co. KG eine eigene Logistikgesellschaft, die TEDI Logistik GmbH, um für einen reibungslosen Ablauf und eine optimale Belieferung der TEDI-Filialen zu sorgen. Bedingt durch neue Anforderungen an die Logistik ging die TEDI Logistik GmbH im Jahr 2016 in die DLG Dortmunder Logistik Gesellschaft mbH über. Die DLG Dortmunder Logistik Gesellschaft mbH wickelt für TEDI die Warenbelieferung der rund 1.600 Filialen im In- und Ausland sowie weitere logistische Dienstleistungen für andere Unternehmen ab. Derzeit arbeiten mehr als 260 eigene Mitarbeiter sowie Arbeitnehmer von anderen Dienstleistungsunternehmen in einem 2-Schicht-System. Das Zentrallager auf dem Gelände der TEDI GmbH & Co. KG befindet sich am östlichen Rand von Dortmund und ist, dank günstiger Verkehrsanbindung, sehr gut zu erreichen. Im Rahmen der geplanten Expansion von TEDI verfolgt auch die DLG einen starken Wachstumskurs.

Erste Schritte in Richtung geräuscharmer Nachtlogistik geht TEDI bereits seit Oktober 2013 mit dem Einsatz des ersten E-Lkw. Ein zweiter rein elektrisch angetriebener Lkw trat im November 2014 seinen Dienst bei TEDI beziehungsweise der DLG an. Die beiden hauseigenen 12-Tonner beliefern dutzende Filialen im Ruhrgebiet und werden über die hauseigene Photovoltaik-Anlage mit Energie versorgt. Die Anlage auf dem Dach der DLG-Logistik produziert jährlich rund 1.100.000 Kilowattstunden. Die zwei E-Lkw waren Teil des Projektes „Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehre“ (ELMO), das in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsförderung Dortmund und dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) umgesetzt und mit Mitteln des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert wurde. Neben der DLG Dortmunder Logistik Gesellschaft mbH gehörten dem Projektkonsortium noch drei weitere Unternehmen an: ABB Busch-Jaeger Elektro, CWS-boco und UPS Deutschland. Die Koordination des dazugehörigen Programms „Modellregionen Elektromobilität“ verantwortet die „Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ (NOW). Die E-Lkw der DLG Dortmunder Logistik Gesellschaft mbH wurden der „Modellregion Rhein-Ruhr“ zugeordnet, einem von sieben bundesweiten Starterprojekten.

Die Teilnahme am GeNaLog-Projekt bietet der DLG die Möglichkeit, Potenziale einer Nachtbelieferung, insbesondere mit einem geräuscharmen und emissionsfreien E-Lkw, zu erkennen und auszuschöpfen. Die Forschungsergebnisse werden dabei helfen, Wirtschaft und Gesellschaft die Vorteile der Nachtanlieferung näherzubringen. Denkbar wären beispielsweise eine Entzerrung des stetig steigenden Tagverkehrs und die damit verbundene Reduzierung von Staus. Man hofft zudem, dass die Warenströme durch die Projekterkenntnisse künftig wirtschaftlicher und noch umweltschonender organisiert werden können.



**DOEGO**

Fruchthandel und Import eG Dortmund

© fotolia: wong yu liang

# 1 MOTIVATION DER DOEGO eG

Täglich beliefert die DOEGO eG Obst und Gemüse an ca. 400 Einzelhandelsunternehmen aus dem Lebensmittelbereich, die zum größten Teil im dicht besiedelten Ruhrgebiet angesiedelt sind. Da das Verkehrsaufkommen auf den Straßen stetig zunimmt, ist eine regelmäßige Anpassung der Tourenpläne aufgrund der längeren Zustellzeiten zu Lasten der DOEGO eG unabdingbar. Nur so kann eine pünktliche Übergabe der Transporteinheiten an die Märkte gewährleistet werden. Die Folge ist, dass durch die Bildung zusätzlicher Touren weitere Auslieferungsfahrzeuge benötigt werden, die den Treibstoffverbrauch des Fuhrparks insgesamt ansteigen lassen. Dieser Trend zeigt: Die betriebs- und umweltwirtschaftlichen Kennzahlen der DOEGO eG entwickeln sich ins Negative und gleichzeitig wird das kommunale Straßennetz durch den Einsatz weiterer Nutzfahrzeuge belastet.

In der Nacht werden die Verkehrswege durch den Personenkraftverkehr kaum genutzt, so dass sich bei einer möglichst flächendeckenden Warenzustellung in diesem Zeitfenster für die DOEGO eG erhebliche Einsparpotenziale erreichen lassen. Die Tourenpläne könnten effizienter gestaltet werden, wodurch sich die Auslastung eines jeden Fahrzeugs pro Ausliefertour erhöhen ließe. Um allerdings die Nacht für den Auslieferverkehr nutzen zu können, müssen strenge gesetzliche Lärmobergrenzen eingehalten werden. Da die Auslieferungsfahrzeuge der DOEGO eG zurzeit mit Verbrennungsmotoren und der damit einhergehenden hohen Geräuschentwicklung betrieben werden, kann die gewünschte Zustellung in der Nacht nur in geringem Umfang erfolgen.

Bereits vor Beginn des GeNaLog-Projektzeitraums hat die DOEGO eG eine für den eigenen Verteilerverkehr betreffende Auswertung erstellt, in der die Vorteile einer flächendeckenden Nachtanlieferung betrachtet wurden. Verschiedene ökonomische und ökologische Kennzahlen der jetzigen und zukünftigen Warenzustellung wurden gegenübergestellt und ausgewertet. Die durchweg positiven Ergebnisse haben die DOEGO eG dazu bewogen, das zukunftsweisende Thema weiter zu verfolgen und sich an dem GeNaLog-Forschungsprojekt als Konsortialpartner zu beteiligen.

Die DOEGO eG ist vor allem an der Erarbeitung konzeptioneller Forschungsergebnisse interessiert, mit denen verschiedene Lösungswege aufgezeigt werden, um die Nachtanlieferung in der Praxis umsetzen zu können. Hier stehen vor allem die erforderlichen technischen Voraussetzungen im Fokus, die an den Fahrzeugen und an den Filialen erbracht werden müssen, um eine geräuschreduzierte Anlieferung unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben zu ermöglichen.



# 1 MOTIVATION DER REWE GROUP

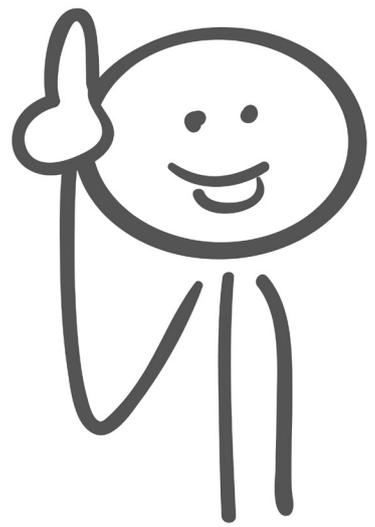
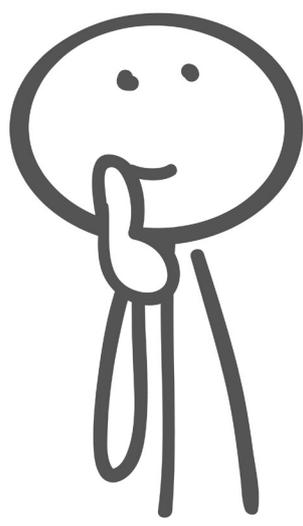
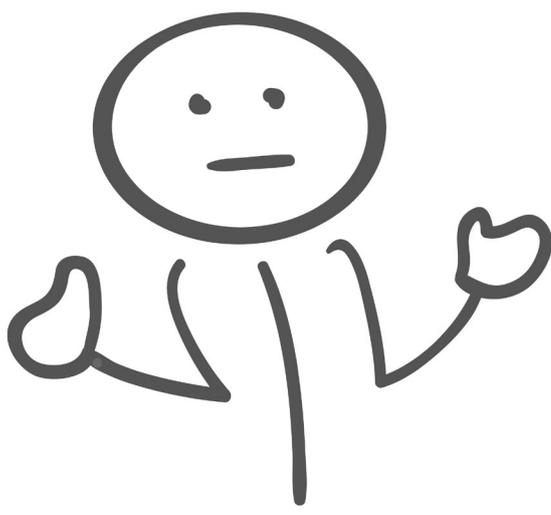
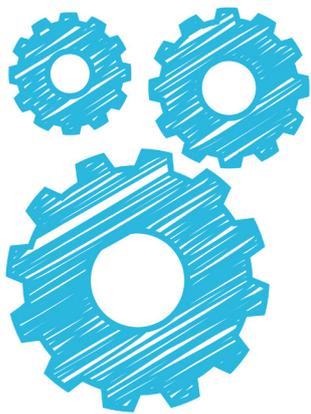
Die Logistik der REWE Group sieht sich tagtäglich einer Vielzahl von Herausforderungen gegenüber. Das steigende Verkehrsaufkommen in Verbindung mit der vielerorts an ihre Grenzen stoßenden Infrastruktur sorgt für erheblich erschwerte Auslieferbedingungen. Hinzu kommen die Ungewissheit über mögliche Einfahrtbeschränkungen für Diesel-Fahrzeuge, veränderte Fuhrparkkapazitäten sowie steigende Ansprüche der Kunden und Endverbraucher, die ein immer höheres Maß an Produktfrische und Warenverfügbarkeit erwarten.

Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, hat sich die REWE Group am Forschungsprojekt zur geräuscharmen Nachtlogistik beteiligt. Das zentrale Ziel des Projekts, Lieferverkehre in die weniger belasteten Tagesrand- und Nachtzeiten zu verlagern, bietet für eben diese Herausforderungen entsprechende Lösungsansätze. Geräuscharme E-Lkw können zu Uhrzeiten mit wenig Verkehrsbelastung effizient, emissionsarm und umweltschonend für die Warenbelieferung eingesetzt werden. Die Ausweitung der Auslieferzeitfenster in die Nachtstunden birgt zudem den Vorteil, dass der Fuhrpark besser ausgelastet werden kann und somit insgesamt weniger Fahrzeuge für die Auslieferung benötigt werden. Darüber hinaus kommt die REWE Group durch den Einsatz alternativer Antriebe ihrer gesellschaftlichen Verantwortung nach, indem klimarelevante Emissionen sowie Geräuschbelastungen in urbanen Gebieten reduziert werden.

Das Forschungsprojekt GeNaLog bietet den wissenschaftlichen Rahmen, die Umsetzbarkeit des neuartigen Logistikkonzepts unter Realbedingungen zu testen und zu bewerten. Neben den praktischen Erfahrungen aus der Testphase wird im Zuge des Projekts auch der Austausch mit der Politik und den jeweiligen genehmigenden Behörden intensiviert, die für die Schaffung der gesetzlichen Rahmenbedingungen verantwortlich sind. In diesem Kontext wird auch der Einbezug der Anwohner einen wichtigen Stellenwert einnehmen. Das über den Status Quo hinausgehende Verbesserungspotenzial technischer Natur wird mit den Herstellern der eingesetzten Komponenten diskutiert, um deren Weiterentwicklung unter Einbeziehung der Testergebnisse voranzutreiben.

Aus Sicht der REWE Group hat das Forschungsprojekt GeNaLog also das Potenzial, durch die Erweiterung des bestehenden Logistikkonzepts sowohl für die internen als auch für die externen Herausforderungen der heutigen Zeit Lösungswege hervorzubringen.

# 2 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG



## ZIELSETZUNG UND VORGEHEN IM PROJEKT

Ziel des Forschungsprojektes „Geräuscharme Logistikdienstleistungen für Innenstädte durch den Einsatz von Elektromobilität“ (GeNaLog) war es, ein dienstleistungsbasiertes Logistikkonzept „Geräuscharme Nachtlogistik“ zur Reduzierung der Lärm- und Schadstoffbelastung und der Verkehrsüberlastung in urbanen Gebieten zu entwickeln und in einer Testphase zu erproben. Zu diesem Zweck wurden bestehende Konzepte zur Belieferung von Einzelhandelsfilialen mit dem Ziel verändert, elektrische Lkw (E-Lkw) nachhaltig in die urbane Logistikkette zu integrieren. Dies erfolgte schwerpunktmäßig auf vier Ebenen: dem Distributionskonzept, Fahrzeugeinsatz, Technologieeinsatz und einer Akzeptanzuntersuchung.

Neben der Anpassung des Distributionskonzepts auf die nächtlichen Anforderungen und dem Fahrzeugeinsatz eines E-Lkw spielen vor allem die verwendeten Technologien zur Be- und Entladung eine entscheidende Rolle. Leise Technologien sollten so ausgewählt und eingesetzt werden, dass der Gesamtprozess den gesetzlichen Anforderungen zum Schutz vor Lärm entspricht. Doch auch die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen bedeutet noch nicht, dass auch in der Praxis ein Einsatz ohne weiteres erfolgen kann. Die nächtliche Belieferung mit schweren Lkw könnte – auch wenn sie leise ist – durch die Anwohner als störend empfunden werden. Um die Anwohner vor zusätzlichen Belastungen zu schützen, ist die Einbindung von Akteuren der Städte und Akzeptanzuntersuchungen sowie das Monitoring der Testphase durch Lärmmessungen von großer Bedeutung. Durch die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis wurden die Erkenntnisse direkt von den Projektpartnern in eine pilothafte Umsetzung überführt.

Zur Analyse des Dienstleistungssystems „Geräuscharme Nachtlogistik“ wurden Prozessaufnahmen und Workshops bei den Praxispartnern durchgeführt und Gespräche mit den Städten, Kommunen und Wirtschaftsförderungen geführt. Ziel war es, alle einzuhaltenden gesetzlichen Regularien und Vorschriften zu identifizieren und alle anzupassenden Prozessschritte und Geräuschquellen zu kennen. Auf dieser Grundlage wurde eine „Geräuscharmen Nachtlogistik“ entwickelt und ein Business Case Model erstellt. Neben der Anforderungs- und Akzeptanzanalyse lag der Fokus auf der Identifikation technischer, organisatorischer und logistischer Anforderungen. Hierfür wurden innerhalb des Projekts weitere Arbeitsgruppen zu den Schwerpunktthemen Filialanalyse, Technikanalyse und E-Lkw gegründet.

Im Rahmen verschiedener runder Tische wurden die beteiligten Kommunen frühzeitig in das Vorhaben mit eingebunden.

# 2

## ÜBERBLICK BEST PRACTICE

Verschiedene Forschungs- und Demonstrationsprojekte [11, 21, 29] haben gezeigt, dass es technisch und wirtschaftlich möglich ist, E-Lkw erfolgreich in Lieferverkehren einzusetzen und somit stadtvträglichere Logistikketten in urbanen Räumen zu realisieren. Mittelschwere und schwere E-Lkw haben jedoch bis heute keine nennenswerte Verbreitung in der Logistik gefunden, obwohl sie große ökologische wie ökonomische Potenziale bieten. Geräuscharme Nachtlogistik und die damit verbundenen neuen Dienstleistungen sind eine Möglichkeit die bestehenden Stärken von E-Lkw besser zu nutzen, weitere Anreize und neue Einsatzgebiete zu finden.

Das Projekt GeNaLog ist das erste Vorhaben, das die geräuscharme Logistik mit E-Lkw unter deutschen Regularien und Gesetzen erforscht und umgesetzt hat. In anderen europäischen Ländern sind hier bereits ähnliche Bestrebungen angelaufen, allerdings mit konventionellen Fahrzeugen und deutlich höheren zulässigen Lärmemissionen.

### GERÄUSCHARME NACHTLOGISTIK IN DEN NIEDERLANDEN

Die niederländische Regierung begann bereits 1999 einen Standard für leise Lieferwagen und leises Equipment zu entwickeln. Bis 2004 wurde das Piek-Zertifikat in seiner heutigen Form entwickelt. Die Piek-Zertifizierung wird von der Stiftung Piek-Gütesiegel verliehen, die ein Joint Venture von BMWT (Branchenvereinigung von Anbietern von Baumaschinen, Lagertechnik, Straßenbaumaschinen und Transportausrüstungen), FOCWA (Unternehmensverband der niederländischen Karosseriebranche) und RAI (Vereinigung der Fahrrad- und Automobilindustrie) darstellt.

Um eine Zertifizierung zu erhalten werden Messungen durchgeführt. Hierbei müssen Fahrzeuge und Equipment weniger als 60 dB(A) in einer Entfernung von 7,5 m emittieren. Wird dieser Grenzwert nicht überschritten, wird eine Piek Zertifizierung erteilt und das Fahrzeug bzw. Equipment ist für den Einsatz bei Nachtbelieferungen geeignet [23].

Albert Heijn B.V. ist eine niederländische Supermarktkette, die Nachtbelieferungen im Rahmen des PIEK-Projekts von Senter Novem, im Jahr 2007 getestet hat. Für die über 1.000 Testläufe wurden die Fahrzeuge mit leisem Equipment (PIEK zertifiziert) ausgestattet [31].

Während der Testläufe wurde insbesondere überprüft welche Auswirkungen die Testphase auf die örtliche Umwelt, Treibhausgasemissionen, Beschwerden über Lärmbelästigungen, logistische Verbesserungen und Kosten hat. Im Laufe der über 1.000 Belieferungen kam es nur zu einer einzigen Beschwerde und die Testläufe wurden insgesamt sehr positiv bewertet. Zusätzlich konnten Kosten, aufgrund besser ausgelasteter Kapazitäten, eingespart werden, da die Transportmittel deutlich weniger im Stau standen. Die zurückgelegte Strecke von Eindhoven nach Tilburg beträgt 35 km bei einer Fahrtzeit von durchschnittlich 90 Minuten. Während der Testläufe konnte die gleiche Strecke in durchschnittlich 30 Minuten zurückgelegt werden. Diese Zeiteinsparung von 60 Minuten wurde durch den geringeren Verkehr in den Tagesrandzeiten (hier im Zeitraum zwischen 05:00 – 07:00 Uhr) ermöglicht und hatte großen Einfluss auf den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch. Dieser reduzierte sich von 43 l pro 100 km auf 33 l pro 100 km. Hierdurch wurden die CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und PM10 Emissionen zum Teil deutlich verringert und 5.600 kg CO<sub>2</sub> weniger emittiert (vgl. Tabelle 1).

*Tabelle 1: Testlauf Eindhoven-Tilburg, ausgewählte Werte in Anlehnung an [31]*

	<b>vorher</b>	<b>nachher</b>
<b>Entfernung Eindhoven-Tilburg</b>	35 km	35 km
<b>Ø Fahrtzeit pro Strecke</b>	90 Min.	30 Min.
<b>Ø Kraftstoffverbrauch pro 100 km</b>	43 l	33 l
<b>CO<sub>2</sub> Emissionen</b>	24.406 kg	18.736 kg
<b>Arbeitskosten pro Stunde</b>	25 €	28 €

# 2

## GERÄUSCHARME NACHTLOGISTIK IN SPANIEN

Im Jahr 2003 wurde das Projekt „Barcelona Night delivery“ gestartet. Das Straßen- und Verkehrsamt der Gemeinde Barcelona, die Supermarktkette MERCADONA sowie Mitglieder der spanischen Lieferanten und Einzelhändler Vereinigung (AECOC) nahmen an dem Projekt, im Rahmen der MIRACLES<sup>1</sup>- CIVITAS<sup>2</sup>-Initiative der Europäischen Union, teil. Das Ziel des Projekts war es einen Supermarkt in der Innenstadt von Barcelona im Zeitraum zwischen 23:00 – 00:00 Uhr und zwischen 05:00 – 06:00 Uhr zu beliefern. Die Belieferungen in den Tagesrandzeiten haben auch das Ziel den Verkehr zu entlasten.

MERCADONA hat die Testphase als sehr positiv bewertet und die Vorgehensweise in 35 Provinzen landesweit ausgeweitet. Bis Ende des Jahres 2010 wurde das Programm auf 407 Filialen (31 % des Filialnetzes) ausgeweitet. Hierdurch konnten im Jahr 2010 ca. 70.000 t CO<sub>2</sub> eingespart werden. [12]

Der Erfolg der geräuscharmen Nachtbelieferungen durch MERCADONA führte dazu, dass weitere Unternehmen das Konzept umsetzen wollten. Im Rahmen des FIDEUS<sup>3</sup> Projekts (2008) erprobte die spanische Supermarktkette Condis die nächtliche Belieferung von Filialen. Hierbei wurde ein speziell umgerüsteter Renault Midlum 12 t eingesetzt. Die Konfiguration des Fahrzeugs bestand u.a. aus geräuscharmen Boden des Laderaums, Kabinentürverkleidung und Ladebordwand. [13]

Mit den lokalen Behörden wurde ebenfalls kooperiert, so dass eine Ausnahmegenehmigung für die nächtlichen Belieferungen der Filiale, durch die Stadt Barcelona, erteilt wurde. Die Belieferungen erfolgten ausgehend von dem Condis Logistikhub, 15 km außerhalb von Barcelona. Die Verlagerungen in die Tagesrandzeiten führte, wie bereits bei den MERCADONA Testläufen, zu einer Reduzierung der Transportzeiten von 90 – 120 Minuten am Tag auf 60 – 75 Minuten in den Tagesrandzeiten. Im Rahmen des FIDEUS-Projekts wurden Lärmmessungen in Lyon durchgeführt. Hierbei wurde ein FIDEUS Lkw, der mit der oben beschriebenen geräuscharmen Ausrüstung ausgestattet ist, gemessen. Die Messungen lieferten das Ergebnis, dass die Emissionsreduzierung durch einen „Low Emission Mode“ [14], der die Fahrer dazu verpflichtet die Geschwindigkeit und Beschleunigung zu beschränken, im Durchschnitt zu einer Einsparung von 5,9 l/100 km im Vergleich zu Standardfahrzeugen führte. Zudem hat der Fahrstil und das geschulte Verhalten der Fahrer (bei der Entladung der Waren) einen positiven Einfluss auf die Lärmmessungen. [14]

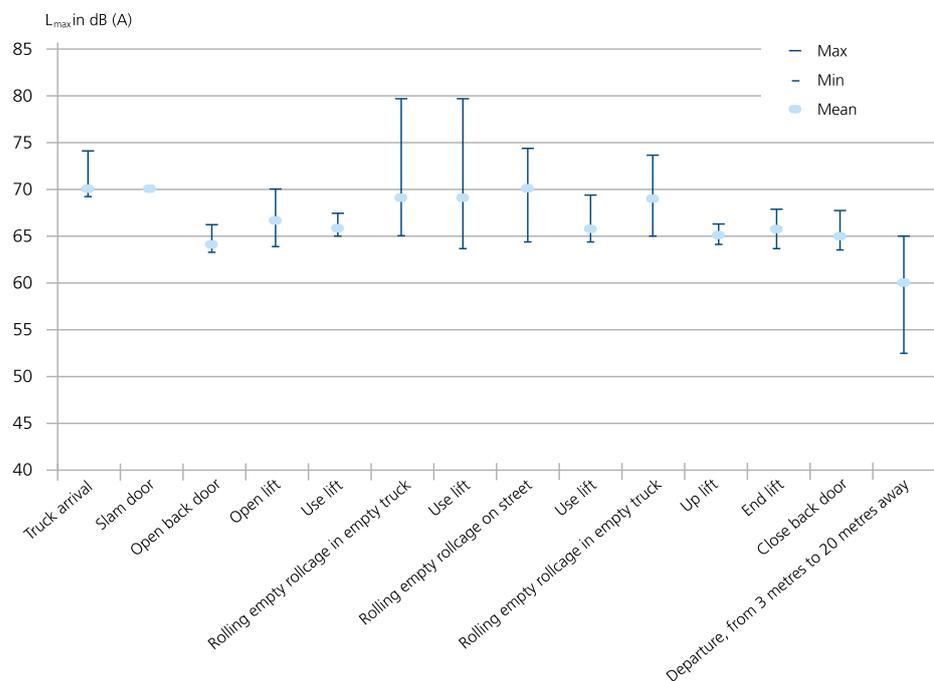
<sup>1</sup> *Multi-Initiative for Rationalised Accessibility and Clean Liveable Environments*

<sup>2</sup> *City-VITALity-Sustainability*

<sup>3</sup> *Freight Intelligent Delivery in European Urban Spaces*

Durch den lärmreduzierten Betriebsmodus konnte eine Lärmreduzierung von 3 – 4 dB(A) im Durchschnitt gemessen werden. Zudem wurde erkannt, dass für eine ganzheitliche Betrachtung des Belieferungsvorgangs neben den technischen Anforderungen auch Fahrerschulungen, geräuscharme Ladehilfsmittel (z.B. Rollwagen) und geräuscharme Infrastruktur (z.B. Rolltore) berücksichtigt werden müssen. [15]

Abbildung 1: Gemessene Lärmemissionen (Minimal/Maximal/ Durchschnitt) beim Anlieferungsprozess [15]



Die Abbildung 1 zeigt die gemessenen Lärmemissionen während des Anlieferungsprozesses an den Filialen, von Lkw-Ankunft, über die Entladung und Beladung bis zur Abfahrt des Lkws. Neben dem Motor und den Laufgeräuschen des Lkw selbst, sind vor allem die Be- und Entladeprozesse mit den Rollcontainern und das Ablassen der Laderampe unter Last sehr laut. Die große Abweichung von bis zu 20 dB(A) zu den gemessenen Durchschnittswerten lassen auf Einzelereignisse mit hohen Schallpegeln schließen. Es ist hervorzuheben, dass alle gemessenen Lärmemissionen über den zulässigen deutschen Grenzwerten der TA Lärm liegen.

# HERAUSFORDERUNGEN UND CHANCEN URBANER LOGISTIK



Urbane Logistik findet im Herzen der Städte statt. Durch den Trend zur Urbanisierung wohnen hier immer mehr Menschen. Diese sind Belastungen durch Lärm, Feinstaub und CO<sub>2</sub> ausgesetzt, welche primär durch den Verkehr verursacht werden. Zusätzlich verursachen Logistik und Verkehr Flächenverbrauch und Nutzungskonflikte im städtischen Leben.

Die Verkehrsverflechtungsprognose 2030 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur sagt voraus, dass die Transportleistung auf dem Verkehrsträger Straße zwischen 2010 und 2030 um fast 40 % steigt. Die Infrastruktur kann nicht mit der prognostizierten Verkehrssteigerung mitwachsen. Pendler, Handwerker und Logistiker quälen sich mit 8 km/h [20] durch viele deutsche Innenstädte, verbringen in einigen Ballungszentren pro Monat über einen kompletten Arbeitstag im Stau. Umso wichtiger ist es, existierende Strukturen besser zu nutzen und Abläufe transparenter und effizienter zu gestalten. Sichere Versorgung von Haushalten, Handel- und Produktionsstandorten und Gewährleistung individueller Mobilität sind die zentralen Herausforderungen einer wachsenden Anzahl von Städten, in denen die Infrastruktur wiederholt an ihre Grenzen stößt.

Doch die Umsetzung einer stadtverträglichen urbanen Logistik ist aufgrund der komplexen Wirkzusammenhänge durch die Vielzahl an Akteuren schwierig, da viele Interessen gegenläufig sind. Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit, hohe Warenverfügbarkeit und wenig Güterverkehr sind nur zwei Beispiele für Herausforderungen in der urbanen Logistik. Bei der Nachtlogistik verschärfen sich die Anforderungen aufgrund der Lärmproblematik deutlich, aber auch der Nutzen für die Stadt und ihre Akteure erhöht sich.

# 3

## REGULARIEN UND GESETZESLAGE

Die größte Herausforderung, die es im Rahmen einer geräuscharmen Nachtlogistik zu adressieren gilt, ist die Einhaltung der gesetzlichen Richtlinien für Lärmemissionen. Durch die Logistik wird generell Lärm in die Fläche getragen. Die Lärmbelastung durch den Güterverkehr wird von den Städten und dem Europäischen Parlament als hohes Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung eingeschätzt. Die Europäische Union schätzt die jährlichen volkswirtschaftlichen Kosten, die durch Verkehrslärm entstehen auf rund 40 Milliarden Euro europaweit. Hiervon entfallen 90 % auf den Straßenverkehr [38]. Laut einer Umfrage des Umweltbundesamtes fühlen sich über die Hälfte (54 %) der Menschen in ihrem Wohnumfeld durch Straßenverkehr belästigt [38]. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt zur Vermeidung von Gesundheitsschäden, dass die nächtliche Lärmbelastung einen Mittelungspegel von 40 dB(A) nicht überschreitet [40].

Für die Belieferung von Handelsfilialen gelten in Deutschland die Richtwerte der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) in Tabelle 2 [35]. Diese unterscheidet zum einen Immissionsrichtwerte für unterschiedliche Gebietsausweisungen und zum anderen gelten nachts zwischen 22 Uhr und 6 Uhr strengere Richtwerte als tagsüber.

	Tag dB(A) 06:00-22:00 Uhr	Nacht dB(A) 22:00-06:00 Uhr
Industriegebiete	70	70
Gewerbegebiete	65	50
Urbane Gebiete	63	45
Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete	60	45
Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55	40
Reine Wohngebiete	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte der TA Lärm [35]

Die Ergebnisse der ersten Stufe der Lärmkartierung in Deutschland (EU-Umgebungslärmrichtlinie im Jahr 2012) zeigen eine hohe Diskrepanz zwischen geforderten Schallpegeln und tatsächlich vorliegenden Belastungen. Berechnungen des Umweltbundesamtes ergeben, dass rund die Hälfte der deutschen Bevölkerung durch Straßenverkehrslärm mit gesundheitsschädigenden Mittelungspegeln von über 45 dB(A) in der Nacht belastet wird. Und bei rund 15 % werden nachts sogar Pegel von über 55 dB(A) erreicht [39].

In 71 deutschen Ballungsräumen wurden bereits Lärmaktionspläne erstellt. Die von den Kommunen erstellten Pläne zeigen konkrete Belastungsschwerpunkte auf, priorisieren Maßnahmen und sollen eine systematische Verminderung der Lärmbelastung der Bevölkerung ermöglichen. Aus den erhobenen Daten lassen sich die konkreten Belastungen je Verkehrsträger entnehmen. Laut dem Lärmaktionsplan der Stadt Dortmund aus dem Jahr 2011 sind in der Nacht aufgrund von Straßenverkehr über 13.000 Menschen einem gesundheitsschädlichen Pegel oberhalb von 60 dB(A) ausgesetzt [30]. Für das Forschungsprojekt GeNaLog ist daher oberste Prämisse, die Lärmbelastung insbesondere für die Anwohner der zu beliefernden Handelsfilialen möglichst gering zu halten und in jedem Fall die gesetzlichen Grenzwerte einzuhalten.

# 3

## STAKEHOLDER

Eine weitere große Herausforderung für die urbane Logistik stellen neben den Regularien die verschiedenen Stakeholder und deren mitunter sehr unterschiedlichen Interessen dar. Wesentliche Stakeholder, die von einer geräuscharmen Nachtlogistik betroffen sind, sind in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft anzusiedeln (vgl. Abbildung 2). Die Interessen aller Stakeholder müssen berücksichtigt werden, um eine geräuscharme Nachtlogistik erfolgreich umsetzen zu können. Anwohner wollen von den Belieferungen der Filiale möglichst nichts mitbekommen, Kunden wollen in fußläufiger Entfernung einkaufen und erwarten volle Regale, Bürger wollen vom Lieferverkehr unbehelligt innerhalb der Städte möglichst schnell von A nach B kommen. Weiterhin haben Städte und Kommunen dafür Sorge zu tragen, dass Gesetze und Vorschriften eingehalten werden und sie wollen gleichermaßen den Verkehr in Innenstädten und insbesondere, dessen Schadstoffemissionen verringern. Demgegenüber haben Unternehmen das Ziel, eine wirtschaftliche und nachhaltige innerstädtische Warenversorgung sicherzustellen, die wachsenden Kundenanforderungen zu erfüllen und gute Arbeitsbedingungen für ihre Mitarbeiter zu schaffen.



Abbildung 2: Stakeholder einer geräuscharmen Nachtlogistik

Das Konzept der geräuscharmen Nachtlogistik setzt an diesen Punkten an und bietet zahlreiche Chancen. So kann ein Nutzen in den Bereichen Lärm, Verkehr, Umwelt, Versorgungs- und Wohnqualität erzielt werden, von dem alle Stakeholder profitieren (vgl. Abbildung 3).

Durch den Einsatz von geräuscharmen E-Lkw und Transport- und Ladehilfsmitteln in der Nachtlogistik können die Geräuschemissionen gegenüber einer Standardbelieferung stark reduziert werden. Davon profitieren einerseits die direkten Anwohner an den Filialen, andererseits die Anwohner an den genutzten Straßen, da sie in geringerem Umfang von Lärm belästigt werden. Es wäre zudem denkbar, dass sich die eingesetzten technischen Lösungen in Zukunft in der gesamten Logistikbranche als Standard etablieren, wodurch sich die Geräuschemissionen weiter reduzieren. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der gesundheitsgefährdenden Eigenschaften von Lärm wertvoll.

Ebenso sind Vorteile im Straßenverkehr zu erwarten. Dadurch, dass Belieferungsfahrten auch in den späten Abend- oder Nachtstunden durchgeführt werden, kommt es zu einer Verlagerung, bzw. Entzerrung des Belieferungsverkehrs. Vor allem zu Stoßzeiten ist diese Entlastung sehr wertvoll, verringert Staus und verbessert in Summe den Verkehrsfluss. Überdies kann die Verkehrssicherheit verbessert werden, da weniger Lkw bei der Anlieferung in zweiter Reihe parken und somit den Verkehr weniger gefährden und verlangsamen. Das geringere Verkehrsaufkommen in den Abendstunden und in der Nacht verringert außerdem das Unfallrisiko für die Lkw-Fahrer.

Weitreichende Auswirkungen durch die geräuscharme Nachtlogistik ergeben sich auch für die Umwelt, denn E-Lkw haben einen geringeren Verbrauch als Diesel-Lkw. Zusätzlich verringert sich der Verbrauch durch eine geräuscharme Nachtlogistik weiter, da aufgrund des besseren Verkehrsflusses in den Abend- und Nachtstunden weniger Brems- und Anfahrvorgänge erforderlich sind. Zudem sind sie lokal emissionsfrei und tragen daher zur Verringerung von Stickoxiden, Schwefeloxiden, Rußpartikeln und vor allem von CO<sub>2</sub> bei. Dadurch, dass E-Lkw sowohl tagsüber als auch nachts eingesetzt werden können, verbessert sich deren Auslastung, es können mehr Touren pro Lkw durchgeführt und der Fuhrpark verkleinert werden.

# 3

Weitere Vorteile bestehen in Bezug auf die Versorgungsqualität für den Anwohner bzw. Kunden. Durch die geräuscharme Nachtlogistik sind außerdem flexiblere Belieferungen und das Verräumen der Waren vor Ladenöffnung möglich. Somit verbessern sich auch Frische, Verfügbarkeit und Zugänglichkeit der Waren. Es erhöht sich außerdem die Wohnqualität, da die Lkw zunehmend aus der Wahrnehmung verschwinden. Zudem stellt die geräuscharme Nachtlogistik eine Möglichkeit dar, ein großes Netz an Handelsfilialen in urbanen Ballungsgebieten auch in Zukunft ressourcen- und kosteneffizient beliefern zu können.



Abbildung 3: Chancen der geräuscharmen Nachtlogistik aus Sicht aller Stakeholder

# 3

## UNTERNEHMEN

Neben den Chancen der geräuscharmen Nachtlogistik aus Sicht aller Stakeholder, bestehen auch konkrete Chancen, bzw. Vorteile aus Unternehmensperspektive. Diese lassen sich unterteilen in strategische, ökonomische, soziale und ökologische Aspekte (vgl. Tabelle 3). Aus strategischer Sicht ist ein sehr wichtiger Aspekt die Risikominderung. Logistikdienstleister, die eine geräuscharme Nachtlogistik umsetzen, besitzen E-Lkw in ihrem Fuhrpark. Zum einen können sie dadurch bei potenziellen Gesetzesänderungen, wie zum Beispiel Dieselfahrverboten in Innenstädten, zum anderen auch bei wirtschaftlichen Veränderungen, wie beispielsweise stark steigenden Dieselpreisen, flexibel agieren und das Unternehmensrisiko senken. Jede durchgeführte Nachtbelieferung erhöht außerdem den Erfahrungsvorsprung des Logistikdienstleisters gegenüber seinen Wettbewerbern, wodurch mittelfristig ein Wettbewerbsvorteil generiert werden kann.

Kapazitäts- und Ressourcenoptimierungen und Produktivitätssteigerungen sind weitere Vorteile für Unternehmen. Durch die höheren durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten während der Nacht verkürzen sich die Fahrzeiten. Zusätzlich erhöht sich die Auslastung des Fuhrparks, da E-Lkw im Rahmen der geräuscharmen Nachtlogistik gegenüber Diesel-Lkw zusätzliche Touren durchführen können. Im Zusammenhang mit der bereits erläuterten Versorgungsqualität können Unternehmen eine höhere Servicequalität und verbesserten Kundenservice erzielen, was sich in erhöhter Kundenzufriedenheit, Kundenbindung und schlussendlich Umsatzsteigerungen niederschlagen kann. Vorteile in sozialer Hinsicht können in Bezug auf die Mitarbeiter realisiert werden.

So sind einerseits die Fahrer nachts durch den geringeren Verkehr einem niedrigeren Unfallrisiko ausgesetzt und können eigenständiger arbeiten. Andererseits kann das Filialpersonal am Morgen vor der Ladenöffnung alle Waren verräumen, wodurch sich Stress reduzieren lässt. Ein aus ökologischer Sicht sehr wichtiger Aspekt ist die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen und weiteren Schadstoffemissionen. Durch den Einsatz von E-Lkw im Rahmen einer geräuscharmen Nachtlogistik können diese, bei Nutzung von Strom aus regenerativen Energiequellen, fast gänzlich vermieden werden. Zusätzlich haben E-Lkw den Vorteil, dass sie durch ihren leisen Antrieb

kaum Geräuschemissionen verursachen und so zu einer Reduktion von Lärm beitragen, welcher vor allem in urbanen Ballungsgebieten zu einem immer größeren Problem wird. Weiterhin leisten Logistikdienstleister durch eine geräuscharme Nachtlogistik einen wertvollen Beitrag zur Entlastung der Verkehrsinfrastruktur. Durch die verschiedenen Vorteile und positiven Wirkungen der geräuscharmen Nachtlogistik können Unternehmen überdies ihr Image verbessern.

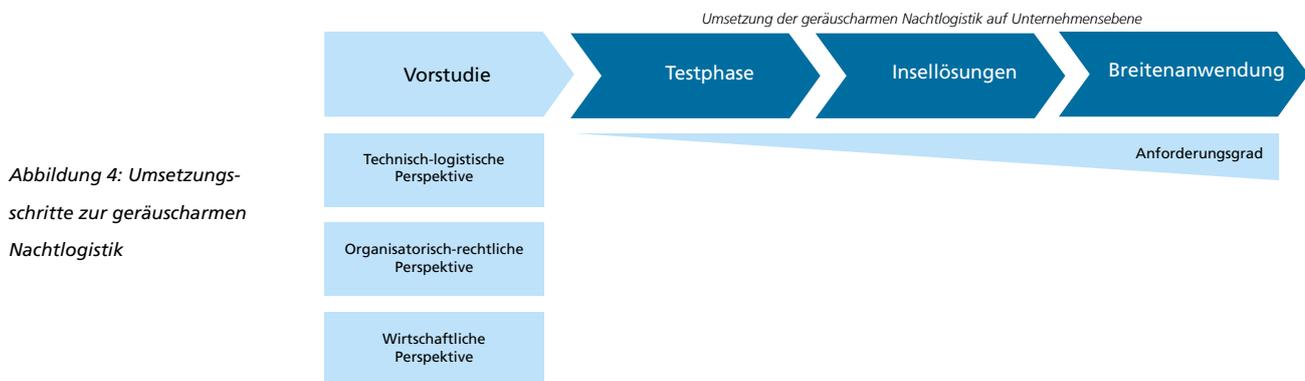
*Tabelle 3: Chancen der geräuscharmen Nachtlogistik aus Unternehmenssicht*

Kategorie	Ziele und Auswirkungen
Strategisch	Risikominderung Erfahrungsvorsprung
Ökonomisch	Kapazitäts- und Ressourcenoptimierung Produktivitätssteigerung Umsatzsteigerung
Sozial	Mitarbeiter- und Kundenzufriedenheit
Ökologisch	CO <sub>2</sub> -Emissionen Geräuschemissionen Beitrag zur Entlastung der Infrastruktur

# 4 UMSETZUNGSSCHRITTE ZUR GERÄUSCHARMEN NACHTLOGISTIK



Die verschiedenen Herausforderungen und Chancen der geräuscharmen Nachtlogistik sowie die Vielzahl der Stakeholder zeigen die Komplexität und mögliche Schwierigkeiten bei einer Umsetzung. Auf Basis der im Projekt erlangten Erkenntnisse wurde daher ein idealtypisches Vorgehensmodell zur erfolgreichen Umsetzung einer geräuscharmen Nachtlogistik in der Breite entwickelt. Es sind mehrere Schritte erforderlich (vgl. Abbildung 4), wobei zu betonen ist, dass die einzelnen Schritte nicht streng voneinander zu trennen sind, sondern sich durchaus überschneiden und teilweise sogar parallel ablaufen. Vor allem der Übergang der Vorstudie zur Testphase ist fließend. Außerdem kann bei jedem Schritt ein Abbruch der weiteren Umsetzung erforderlich sein.



**Abbildung 4: Umsetzungsschritte zur geräuscharmen Nachtlogistik**

Im Rahmen einer Vorstudie muss das umsetzende Unternehmen grundsätzlich die technisch-logistische, die organisatorisch-rechtliche sowie die wirtschaftliche Umsetzbarkeit einer geräuscharmen Nachtlogistik prüfen. Aus technisch-logistischer Perspektive ist zunächst eine Aufnahme der logistischen Ist-Prozesse erforderlich. Diese dient dazu im weiteren Verlauf potenzielle Lärmquellen sowie erforderliche Anpassungen der Prozesskette identifizieren zu können. Weiterhin sind geeignete Technologien für die Umsetzung auszuwählen und eventuelle Umbaubedarfe bei den Filialen festzustellen. Bei der organisatorisch-rechtlichen Perspektive werden die für eine Genehmigung zur Nachtbelieferung erforderlichen Schritte geklärt. Des Weiteren werden potenzielle Ansprechpartner auf Seiten der Kommunen identifiziert und erforderliche Lärmmessungen und -prognosen durchgeführt. Zudem sind Ansätze zur Anwohnereinbindung zu diskutieren. Außerdem ist in der wirtschaftlichen Perspektive eine finanzielle Bewertung der geräuscharmen Nachtlogistik notwendig.

# 4

Kommt das Unternehmen im Rahmen der Vorstudie zu dem Schluss, dass die Anforderungen zur Umsetzung der geräuscharmen Nachtlogistik erfüllt werden können, sollte in einem zweiten Schritt das Konzept in der Praxis durch eine Testphase erprobt werden. Dabei kann wiederholt die Durchführung von Einzelschritten aus der Vorstudie erforderlich sein, wenn entsprechende Änderungen durchzuführen sind. Es bietet sich für das Unternehmen an, während der Testphase eine geringe Anzahl an Testfilialen auszuwählen, in denen eine nächtliche Belieferung erprobt werden soll. Die Erfahrungen während der GeNaLog-Pilotversuche haben gezeigt, dass es sinnvoll ist Filialen auszuwählen, bei denen die Hürden für eine Umsetzung relativ gering sind. Einerseits ist dies aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll, damit die Investitionen für einen Test überschaubar sind. Andererseits können dadurch die Bereitschaft zur Unterstützung des Vorhabens durch die Städte/Kommunen erhöht und Konflikte mit Anwohnern vermieden werden. Zur Analyse der Umsetzbarkeit an den einzelnen Filialen sei auf den Filialcheck verwiesen. Es können folglich an vergleichsweise unkritischen Filialen Erfahrungen gesammelt werden, die dann für die weiteren Phasen als Grundlage dienen können. Insbesondere ist ein erfolgreicher Test wichtig, wenn für die breitere Anwendung der geräuscharmen Nachtlogistik Überzeugungsarbeit bei Kommunen oder Anwohnern zu leisten ist.

In Phase drei soll die geräuscharme Nachtlogistik dauerhaft in die Praxis umgesetzt werden. Das Konzept ist dabei sinnvollerweise auf alle Filialen auszurollen, die ähnliche Voraussetzungen vorweisen, wie die Testfilialen. Dies betrifft damit Filialen die mit begrenztem Aufwand in der Nacht belieferbar sind. Es kann an dieser Stelle von Insellösungen gesprochen werden. Nachdem Insellösungen erfolgreich implementiert wurden, erfolgt in der letzten Phase, der Breitenanwendung, eine Ausweitung der geräuscharmen Nachtlogistik auf weitere Filialen. Hier werden bei einigen Filialen größere Investitionen in die Filialinfrastruktur bis hin zu baulichen Veränderungen erforderlich sein. Es ist jedoch zu beachten, dass aufgrund der Gegebenheiten vor Ort oder auch aufgrund von zurückliegenden Konflikten mit Anwohnern, beispielsweise Beschwerden, sich einige Filialen nicht für eine geräuscharme Nachtlogistik eignen.

Das entwickelte Vorgehensmodell beruht auf Erkenntnissen aus dem Projekt GeNaLog. In dessen Verlauf wurden Werkzeuge und Methoden für die einzelnen Bestandteile der Vorstudie erarbeitet sowie am praktischen Beispiel überprüft und verbessert. Diese sollen auch dritten Unternehmen helfen, eine geräuscharme Nachtlogistik umsetzen zu können. GeNaLog erstreckt sich über die Vorstudie hinaus auch auf die Testphase. In den folgenden Kapiteln werden daher das Vorgehen im Projekt, die entwickelten Werkzeuge und Methoden sowie die Vorbereitung und Durchführung der Testphase beschrieben.

# 5 TECHNISCH-LOGISTISCHE ASPEKTE



## AUFNAHME DER IST-SITUATION

Im Rahmen der Ist-Aufnahme der aktuellen Belieferungsprozesse wurden Prozessaufnahmen vor Ort bei den Praxispartnern im Lager und der Filialanlieferung vorgenommen. Ein speziell hierfür entwickelter Gesprächsleitfaden ging auf die spezifischen Anforderungen der unterschiedlichen Belieferungen von Frischeprodukten, wie Obst und Gemüse über Trockenprodukte und Discountartikel ein. Aufgeteilt wurde diese Aufnahme in die drei Teilbereiche:

- Lagerprozesse
- Transportprozesse
- Filialprozesse

Ziel der Prozessaufnahme war es auf der einen Seite die Prozessschritte zu ermitteln, die bei der Anlieferung Lärm verursachen und auf der anderen Seite die Prozessschritte zu identifizieren, die darauf bereits in den Vorstufen Einfluss nehmen und entsprechend angepasst werden müssen. Es wurden die einzelnen Lagerprozesse, inklusive der Tourenplanung aufgenommen, die auf den weiteren Verlauf der Prozesskette und speziell der Anlieferung direkten Einfluss haben. Besonders die Kommissionierung der Waren auf die Ladehilfsmittel ist ein Prozessschritt, der bei der Umsetzung einer geräuscharmen Belieferung durch die Verwendung spezieller Ladehilfsmittel angepasst werden muss. Zusätzlich muss geprüft werden, ob es Warengruppen gibt, die nicht umgepackt werden, sondern direkt auf den angelieferten Ladehilfsmitteln in die Filialen geliefert werden. In solch einem Fall muss geprüft werden, ob die Anlieferung geräuscharm genug ist oder ob solche Artikel umgepackt werden müssen oder sie bereits einen Schritt früher anders verpackt werden müssen.

Die Transportprozesse beginnen mit der Fahrt zur Filiale und enden nach der Entladung der Waren an der Filiale mit Beginn der Fahrt zur nächsten Filiale bzw. zurück zum Lager. Diese Prozessschritte stehen bei der Umsetzung einer geräuscharmen Nachtlogistik besonders im Fokus, da hier sichergestellt werden muss, dass sie leise genug sind, um die Anforderungen der TA Lärm zu erfüllen. Neben dem Lkw als Geräuschquelle werden die Ladehilfsmittel (z.B. Paletten, Rollcontainer) und Förderhilfsmittel (z.B. Elektro-Niederhubwagen) betrachtet sowie alle weiteren Geräuschquellen, die speziell an den betrachteten Filialen vorhanden sind. Hierzu zählen beispielweise Rolltore, Türen oder auch der vor Ort vorhandene Bodenbelag über den die Waren transportiert werden.

# 5

Die Filialprozesse umfassen alle Prozessschritte, die in der Filiale stattfinden. Hierzu zählen die Annahme der Waren und die Verräumung genauso wie die Bereitstellung des Leergutes für den Rücktransport zum Lager. Bei einer Verlagerung der Warenanlieferung in Tagesrandzeiten oder in die Nacht müssen meist auch diese Prozesse angepasst werden, da zu diesen Zeitpunkten, außer bei längeren Öffnungszeiten bis beispielsweise Mitternacht, keine Mitarbeiter zur Annahme der Waren in der Filiale sind. Dies bedeutet, dass der Fahrer eine Schlüsselrolle für die Filiale besitzen muss, damit er die Waren anliefern kann. Hierbei muss geprüft werden, inwieweit er beispielsweise nur ein direkt zugängliches Lager oder auch den Verkaufsraum betreten muss. Letzteres sollte in der Nacht vermieden werden, da Diebstahlsicherheit hier eine wichtige Rolle spielt.

Insgesamt wurden bei den Ortsterminen mit den Praxispartnern neben den verschiedenen Geräuschquellen die anzupassenden Prozesse (vgl. Abbildung 5) identifiziert.

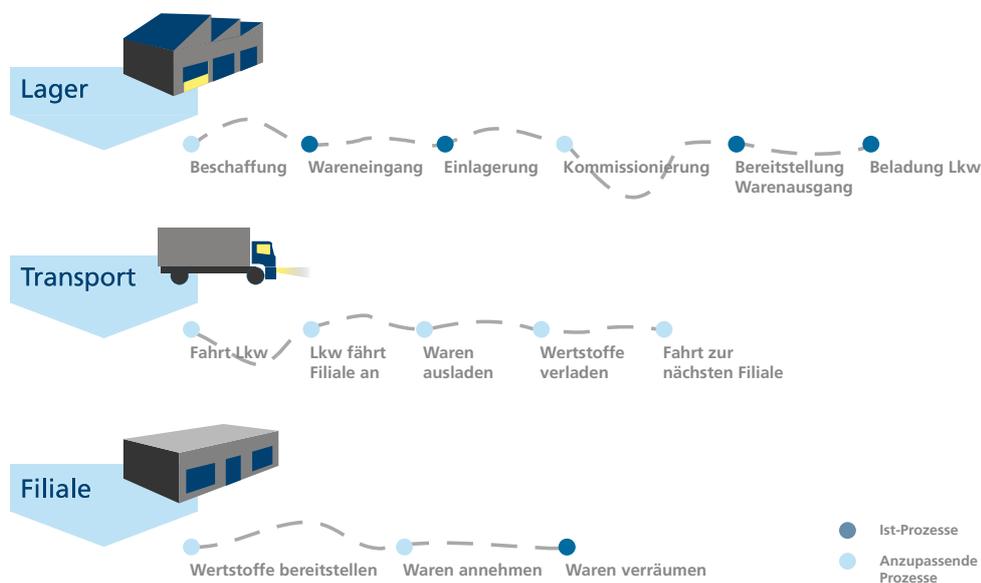


Abbildung 5: Anzupassende Prozessschritte für eine geräuscharme Nachtlogistik

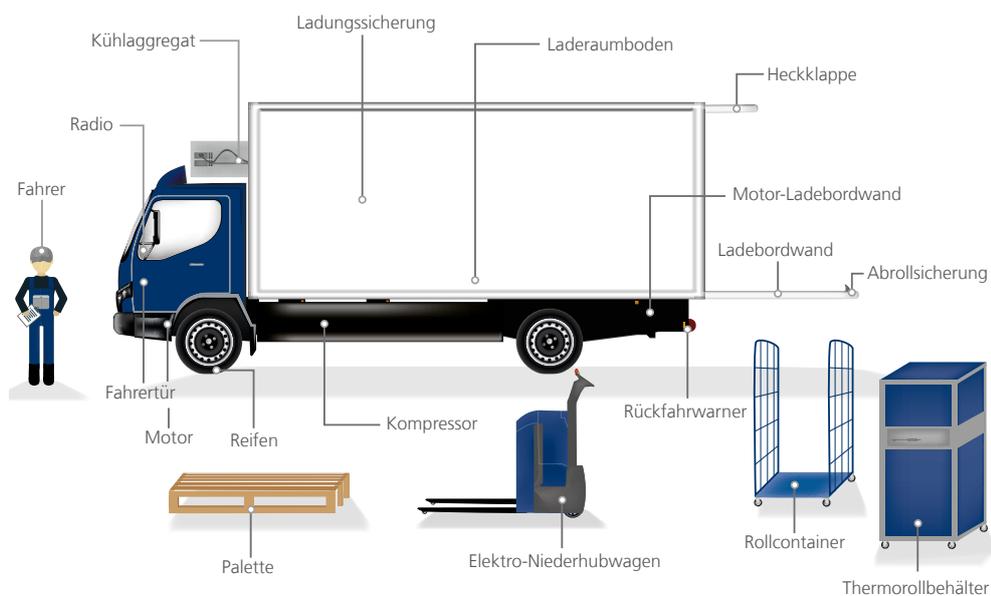
# IDENTIFIKATION DER GERÄUSCHQUELLEN UND GEEIGNETER MASSNAHMEN

Ausgehend von den aufgenommenen anzupassenden Prozessschritten wurden die einzelnen relevanten Geräuschquellen identifiziert und im weiteren Verlauf des Projekts verschiedene technische und/oder organisatorische Maßnahmen zur Geräuschminderung abgeleitet, welche zum Teil direkt getestet wurden. Die Geräuschquellen können in die drei Themenfelder E-Lkw, Ladehilfsmittel und örtliche Gegebenheiten der Filialen eingeordnet werden.

Lkw mit Dieselmotoren sind für die Anlieferung zu laut, so dass E-Lkw eine geeignete Alternative darstellen. Aber nicht nur die Motorengeräusche sind zu beachten, auch vollelektrische Kühlaggregate und Ladebordwände mit Leiselauf-Aggregaten sind bereits technisch ausgereift und am Markt erhältlich. Jedoch verursacht der E-Lkw weitere Geräuschemissionen, die beispielsweise durch das Öffnen und Schließen der Fahrertür, dem Radio, dem Überfahren der Ladebordwand mit Ladehilfsmitteln und dem Öffnen und Schließen der Ladebordwand entstehen. Für das geräuscharme Schließen der Fahrertür des Lkw gab es zum Zeitpunkt des Projektes keine technische Lösung. Sowohl die Lkw-Hersteller als auch unabhängige Werkstätten wurden hierzu angesprochen. Somit bleibt nur, diese Lärmquelle durch eine Schulung der Fahrer in Verbindung mit einer Arbeitsanweisung weitestmöglich zu reduzieren. Gleiches gilt für das Radio, welches bei der Anlieferung leise sein muss. Allerdings ist hier über ein sogenanntes Geofencing auch eine automatische Stillschaltung bei Erreichen des Anlieferortes umsetzbar. Diese Technik wird bereits bei einigen Kühlaggregaten eingesetzt. Das Aufsetzen der Ladebordwand auf dem Untergrund kann, sofern erforderlich, durch den Einsatz von Gummimatten gedämpft werden. Die Ladebordwand an sich sowie der Kofferaufbau können durch eine geräuschkindernde Beschichtung technisch für eine geräuscharme Belieferung angepasst werden.

Die Bewegung der Ladehilfsmittel, d.h. Rollcontainer, Thermorollbehälter, Paletten usw. zählen zu den geräuschrelevantesten Tätigkeiten im Anlieferprozess. Die Rollcontainer und Thermorollbehälter können mit Leiselaufrollen umgerüstet werden und die Paletten mit geräuscharmen Elektro-Niederhubwagen in die Filialen verbracht werden. Diese sind durch ihre baulichen Spezifikationen für eine besonders leise Anlieferung vorgesehen. Die folgende Abbildung 6 gibt einen Überblick über diese identifizierten Geräuschquellen am E-Lkw und an den Ladehilfsmitteln.

# 5



*Abbildung 6: Identifizierte Geräuschquellen beim Anlieferprozess an der Filiale*

Im Bereich der Filiale hat sich gezeigt, dass die verursachten Geräusche durch das Öffnen und Schließen der Filialräume stark abhängig von den dort verbauten Türen sind. Gleiches gilt für eventuell vorhandene Schranken an der Zufahrt zur Filiale oder auch Rolltoren. Hier gibt es technische Lösungen und Dämmungen, die individuell je Filiale erörtert werden müssen. Zudem sollten die Mitarbeiter zum Thema Lärm geschult und sensibilisiert werden und ggf. per Arbeitsanweisung zum geräuscharmen Öffnen und Schließen der Türen und Tore angeleitet werden. Ein weiterer wichtiger Faktor ist der Bodenbelag. Zum einen vor der Filiale für die Anfahrt des E-Lkw und zum anderen auf der Rampe bzw. im Anlieferbereich auf dem die Ladehilfsmittel bewegt werden. Hierzu gibt es verschiedene schallabsorbierende Bodenbeläge wie beispielsweise Flüsterasphalt. Zudem sind etwaige Lüftungen und Kühlungen zu beachten, die bei geöffneten Türen bzw. Toren als Geräusche nach außen dringen können. Diese Aspekte gilt es ebenfalls je Filiale gesondert zu betrachten. Darüber hinaus stellen die weiteren örtlichen Gegebenheiten an den einzelnen Filialen einen wichtigen Faktor dar. Hierzu zählt die konkrete Anliefersituation, aber auch die Nähe zur nächsten Wohnbebauung. Daher wurde beispielhaft für den Raum Dortmund eine Filialanalyse durchgeführt, die die Anliefersituation jeder Filiale

einzelnen betrachtet. Zur Aufnahme wurde mit Hilfe eines Fragebogens ein Steckbrief jeder Filiale erstellt (vgl. Anhang Beispiel Filialanalyse). Ähnlich wie bei den technischen Lösungen existieren auch bauliche Lösungen, wie z.B. Lärmschutzwände und Einhausungen, die zu einer Reduktion der Geräuschemissionen führen. Hierbei liegen verschiedene Lösungen mit sehr hohen Schallabsorptionswerten aus schalldämmenden und zugleich langlebigen Baumaterialien vor. Da die vorhandenen Kühlmöglichkeiten in den Filialen für die nachts angelieferten Waren unter Umständen nicht ausreichen, kann es erforderlich sein, weitere Kühlmöglichkeiten zu beschaffen.

Die Identifikation geeigneter Maßnahmen zur Geräuschminderung hat gezeigt, dass es bereits eine Vielzahl an technischen Lösungen auf dem Markt gibt, bei denen es sich jedoch um Einzelösungen handelt. Eine Marktübersicht oder standardisierte Angaben zu Lärmemissionen im logistischen Einsatz, wie beispielsweise das PIEK-Zertifikat, an denen sich Unternehmen orientieren können, existieren derzeit nicht. Neben verschiedenen Beschichtungen für die Ladebordwand und den Laderaum, existieren beispielsweise bereits erste Elektro-Niederhubwagen, die vom Hersteller mit dem Zusatz „silent“ versehen werden. In Gesprächen hat sich jedoch gezeigt, dass diese zwar leiser als die konventionellen Technologien sind, aber zur Durchführung einer geräuscharmen Nachtlogistik je nach Anforderung und Bodenbelag noch nicht leise genug sind. Beispielsweise gibt die Firma Jungheinrich für ihren PIEK-zertifizierten „EJE 118 Silent Drive“ einen erzeugten Schalldruck von 56 db(A) an. Dieser Wert ist jedoch nicht direkt auf eine typische Anliefersituation übertragbar, da die bei dieser Messung angenommenen Rahmenbedingungen unbekannt sind und der Schalldruck mit Zunahme der Entfernung abnimmt. Zudem muss bei der Auswahl das Handling für die Mitarbeiter berücksichtigt werden. Weichere gummierte Leiselaufrollen für die Rollcontainer verursachen zwar geringere Lärmemissionen, sind aber für den Mitarbeiter aufgrund der höheren Haftreibung auch schwerer zu bedienen. Neben den technischen Ansätzen zur Abwicklung einer geräuscharmen Anlieferung spielen der Fahrer bzw. die Mitarbeiter eine entscheidende Rolle. Diese müssen über Schulungen und per Arbeitsanweisung zum geräuscharmen Arbeiten bei nächtlichen Anlieferungen angeleitet werden, da beispielsweise bereits eine lautere Diskussion oder ein Handytelefonat die Grenzwerte der TA Lärm überschreiten würden.

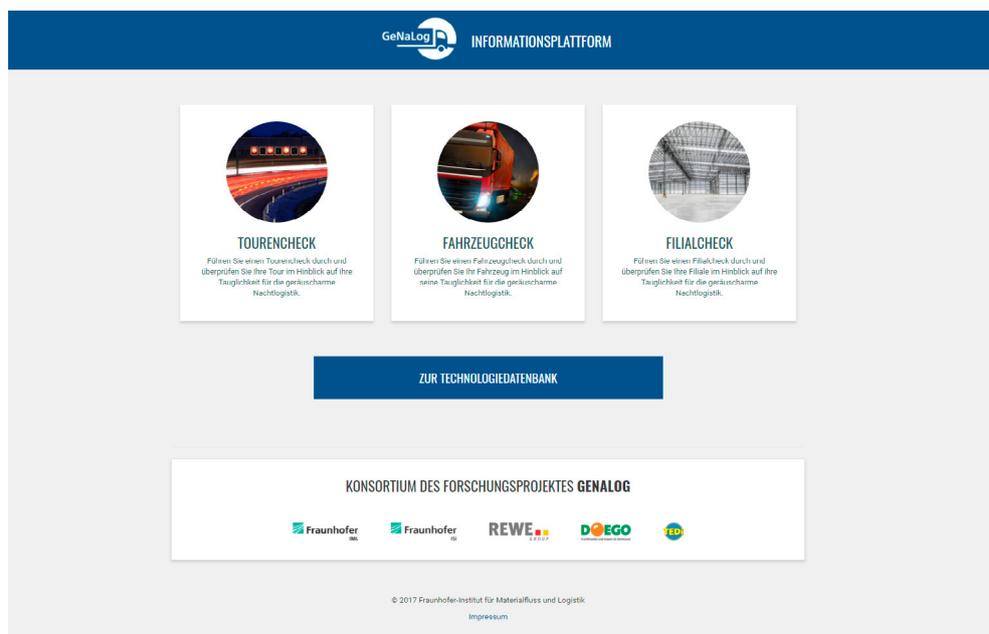
# 5

## TECHNOLOGIEDATENBANK UND INFORMATIONSPLATTFORM

Auf Grundlage der zuvor identifizierten potenziellen Lärmquellen, wurde im Rahmen des Projektes gezielt nach alternativen technischen Lösungen für die relevanten Prozesse bei der Verräumung an der Filiale, dem Handling im Lager sowie der Fahrt des Lkw recherchiert. Vielversprechende Ansätze fanden sich dabei in geräuscharmen Flurförderzeugen, Kühlaggregaten, Leiselaufrollen für die Rollcontainer und dämmenden Matten für den Übergang von Ladebordwand des Lkw auf den Untergrund. Darüber hinaus wurde die Nutzung von Einhausungen sowie alternativer Bodenbeläge an und um die Filiale herum in Betracht gezogen und die entsprechenden Anbieter kontaktiert. Die Informationen, die von den Anbietern der Technologien zurückgespielt wurden, haben sich hinsichtlich der Informationsbereitstellung und -angaben sehr voneinander unterschieden. Um die technischen Lösungen einerseits in übersichtlicher Form bündeln und diese andererseits in einem nächsten Schritt gezielt auch Dritten zur Verfügung stellen zu können, wurde ein interaktives und Web-basiertes Tool entwickelt – die GeNaLog-Informationsplattform.

Diese umfasst eine Technologiedatenbank aller recherchierten alternativen technischen Lösungen für eine Nachtlogistik, in der Anbieter ihre Produkte auflisten und interessierte Unternehmen einen Überblick zu der Thematik bekommen können. Am Ende sollen nur die Informationen angezeigt werden, die – in Abhängigkeit der eingegebenen Daten – für das Unternehmen Relevanz aufweisen. Um die Eingaben der Unternehmensanforderungen zu erleichtern, gibt es die Möglichkeit einen Quickcheck in den drei Kategorien „Fahrzeug“, „Filiale“ und „Tour“ durchzuführen (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: Homescreen der Informationsplattform



Innerhalb der einzelnen Checks kann der Nutzer seine derzeitige Situation über einen morphologischen Kasten darstellen. Die zugehörigen Merkmale und deren Ausprägungen können Tabelle 4 entnommen werden.

# 5

## FAHRZEUGCHECK

Lage in Gebietsstruktur	Industriegebiet	Gewerbegebiet	Kern-, Dorf- und Mischgebiet	allgemeines Wohngebiet	reines Wohngebiet
Entfernung nächste Wohnbebauung	<10 m	<20 m	<50 m	<50 m	
Fahrzeugtyp	3,5-5 t	7,5 t	12 t	18 t	40 t
Fahrzeugantrieb	Diesel	Hybrid	Elektro	Gas	
Fahrzeugausstattung	Kühlung	Umschulungsequipment			
eingesetzte Ladehilfsmittel	Paletten	Rollcontainer	Thermorollbehälter	Gitterboxen	

*Tabelle 4: Morphologischer Kasten als Eingabelement*

## TOURENCHECK

Tourverteilung	Innenstadt	Außerhalb	Stadtrand		
Anzahl Touren	1	2	3	>3	
Tourenlänge	<100 km	100-150 km	150-200 km	200-250 km	>250 km
Anzahl Stopps	0-5	5-10	10-15	>15	
Standzeit zwischen den Touren	<2 Std.	2-4 Std.	4-6 Std.	6-8 Std.	>8 Std.
Zuladung	<1 t	<5 t	<7,5 t	<10 t	>10 t
Einschränkungen im Tourgebiet	Umweltzone	Lärmaktionsplan	Einfahrtsverbot	Belieferungszeitfenster	Gewichtsrestriktion

FILIALCHECK					
<b>Lage in Gebietsstruktur</b>	Industriegebiet	Gewerbegebiet	Kern-, Dorf- und Mischgebiet	allgemeines Wohngebiet	reines Wohngebiet
<b>Entfernung nächste Wohnbebauung</b>	<10 m	<20 m	<50 m	<50 m	>10 t
<b>Anlieferzone</b>	geschlossene Anlieferzone	offene Anlieferzone	ohne Anlieferzone		
<b>Zugang Filiale</b>	Rolltor	Tür	anderer		

Durch die Auswahl einzelner Merkmalsausprägungen des morphologischen Kastens, werden die ausgewählten Merkmale nach Betätigung des „Auswahl-Buttons“ eingefärbt (vgl. Abbildung 8). Die Färbung bezieht sich auf das folgende Ampelsystem:

- Grüne Felder bedeuten, dass dieser Bereich die technologischen und gesetzlichen Anforderungen an eine geräuscharme Nachtbelieferung vollkommen erfüllt.
- Gelb bedeutet, dass kritische Aspekte vorliegen, die eine Nachtlogistik nur unter Einsatz spezifischer Technologien ermöglichen. Beispielsweise klappt die Nachtbelieferung, die eine Kühlung erfordert, nur mit geräuscharmen Kühlaggregaten.
- Rote Felder sind jene, die eine Nachtlogistik aktuell vollkommen ausschließen.

Am Beispiel in Abbildung 8 ist die Einfärbung von der vorher getroffenen Auswahl abhängig – also speziell in welcher Gebietsstruktur die Belieferungen stattfinden und welche Fahrzeugtypen genutzt werden. Im Hintergrund findet dabei ein Abgleich zwischen den erlaubten Emissionswerten und den durch die Technologien tatsächlich erzeugten Geräuschemissionen statt. Sobald Technologien in der dahinterliegenden Datenbank, die erlaubten Emissionswerte übersteigen, werden diese nicht in der Auswahl alternativ einsetzbarer Technologien ausgegeben. Die Datenbank umfasst beispielsweise Herstellerangaben, Kontaktdaten, Gewichte, Abmessungen und die tatsächlich verursachte Schallleistung, welche je nach Eingabe (Abstand zur nächsten Wohnbebauung) über Umrechnungsfaktoren in Geräuschemissionswerte werden übertragen. Hierbei kann es sich nur um Orientierungswerte handeln, da die tatsächliche Berechnung von Geräuschemissionen an einem bestimmten Messpunkt von vielen weiteren Faktoren abhängig ist, wie z.B. Bepflanzung und Mauerwerk.



Abbildung 8: Einföhrung als Ergebnisdarstellung

In Abbildung 9 ist ein exemplarischer Auszug aus der Technologiedatenbank dargestellt. Es ist auch möglich, die Quickchecks nicht durchzuführen und stattdessen die gesamte Datenbank zu sichten. Dort werden alle teilnehmenden Technologieanbieter aufgelistet, wobei eine Einteilung in die verschiedenen Kategorien (z.B. Flurförderzeuge, Kühlaggregate) vorliegt.



Abbildung 9: Exemplarischer Auszug der Technologiedatenbank

Zum heutigen Zeitpunkt sind vielen technischen Lösungen wie z.B. der Nutzung von Gummimatten zur Verringerung des Lärms beim Überqueren der Ladebordwand oder der Nutzung geräuscharmer Rollen bei den Rollcontainern keine quantitativen Auswirkungen zuzumessen. Da aber die Nutzung dieser und weiterer Techniken einen wesentlichen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat, werden diese unter qualitativen Gesichtspunkten mit in das Tool aufgenommen.

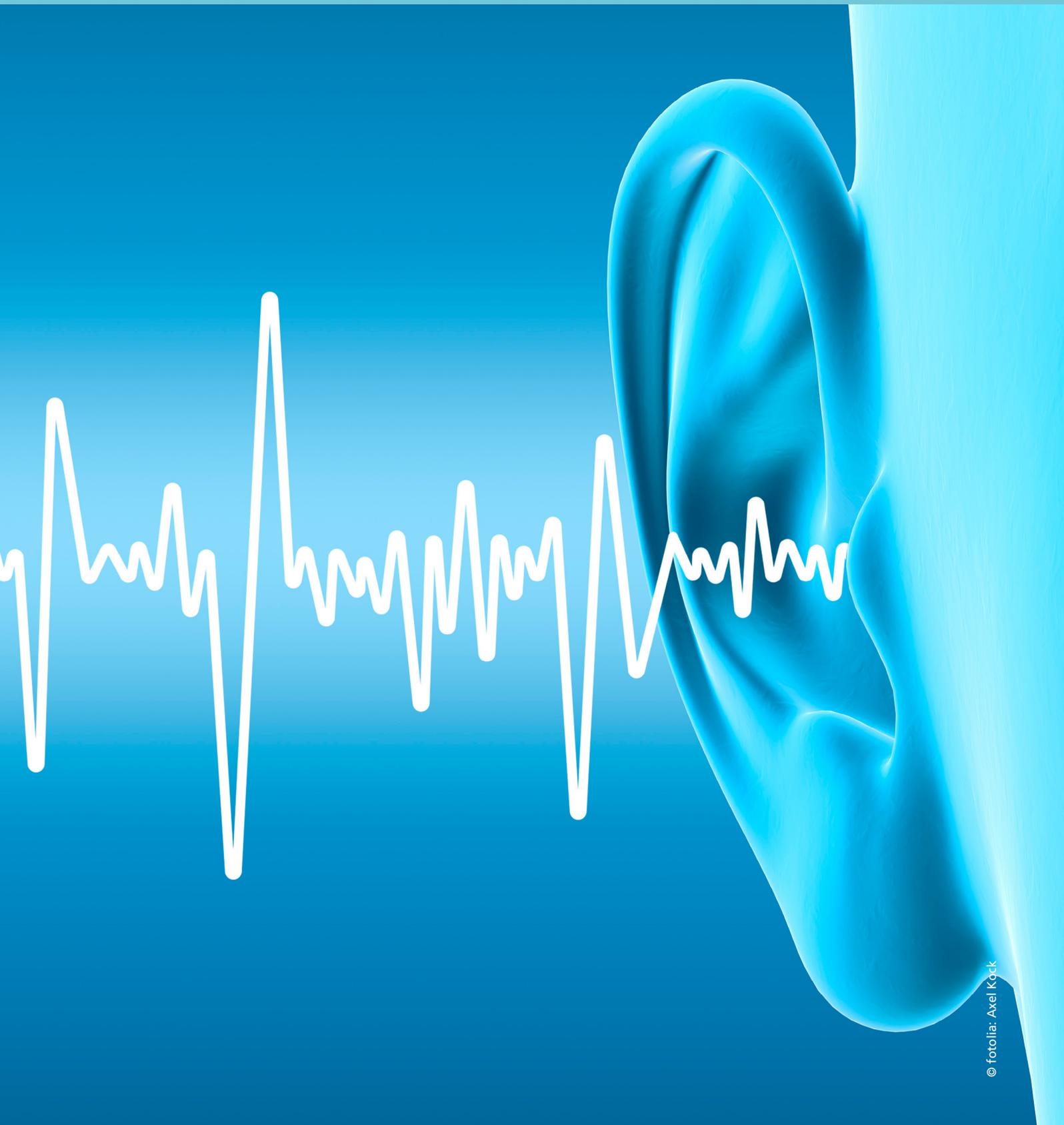
# ERFAHRUNGEN UND EMPFEHLUNGEN ZU UMSETZUNGSSCHRITTEN

In Bezug auf die Vorgehensweise bei der Aufnahme der Ist-Situation bleibt vor allem festzuhalten, dass jede Filiale separat auf potenzielle Lärmquellen und umgebende Bebauung betrachtet werden muss. Die damit verbundene Auswahl alternativer technischer Lösungen ist abhängig von diesen Anforderungen. Die im Rahmen des Projekts GeNaLog entwickelte Informationsplattform kann hierbei nur als Orientierung dienen und ersetzt nicht die individuelle Betrachtung jeder Anliefersituation.

Zwar können vom Hersteller Angaben zu Kennzahlen wie dem Schalldruck gemacht werden, allerdings fehlen diesen Werten meist Bezugsgrößen, d.h. in welchem Abstand wurde gemessen und welche absorbierenden Einflüsse wie beispielsweise Mauerwerk oder Bepflanzung wurden angenommen. An dieser Stelle ist ersichtlich, dass es keine Patentlösung geben kann. Für eine korrekte Aussage bzgl. der tatsächlich ankommenden Geräusche am nächsten schutzbedürftigen Raum können aber wie zuvor erwähnt ohne eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Filiale keine Angaben gemacht werden. Für die Ausarbeitung müssen diverse Vorarbeiten geleistet werden, zu denen die individuelle Betrachtung und Bewertung einer jeden Filiale inklusive der Ermittlung der Kosten für die technischen und baulichen Umsetzungen der Maßnahmen gehören. An dieser Stelle kann auch die Erkenntnis erfolgen, dass sich bestimmte Filialen technisch und/oder wirtschaftlich nicht für die Nachtanlieferung eignen.

Abschließend ist festzuhalten, dass durch den Aufbau der Informationsplattform eine gute Grundlage geschaffen werden konnte, um einen ersten Anhaltspunkt für eine Umsetzung einer geräuscharmen Nachtlogistik zu erhalten. Tatsächlich hat sich gezeigt, dass vor allem in der Praxisphase noch viel getestet und angepasst werden kann und muss. Weiterhin sind auch nicht nur die technisch-logistischen Aspekte für eine erfolgreiche Umsetzung ausschlaggebend, sondern auch die nachfolgend dargestellten organisatorisch-rechtlichen Aspekte.

# ORGANISATORISCH-RECHTLICHE ASPEKTE



Da für die meisten Filialen im Einzelhandel die Belieferung zwischen 22 und 6 Uhr aufgrund von Bebauungsplänen sowie Baugenehmigungen und den dort ausgewiesenen Betriebszeiten ausgeschlossen ist, ist der wichtigste Schritt aus organisatorisch-rechtlicher Perspektive die Erlangung einer entsprechenden Ausnahmegenehmigung. Dabei kann zwischen einer „Duldung auf Zeit“, beispielsweise für eine Testphase und einer dauerhaften Genehmigung im Rahmen einer geänderten Baugenehmigung für die dauerhafte Umsetzung einer geräuscharmen Nachtlogistik unterschieden werden. Fokus dieses Kapitels liegt auf den für eine zeitlich begrenzte Ausnahmegenehmigung erforderlichen Schritten, wie sie im Rahmen des Projekts für die Testphase erworben wurde.

Zunächst ist im Detail zu klären, ob neben der Einhaltung der TA Lärm und einer Ausweitung des Belieferungszeitfensters weitere lokale Regularien für die geräuscharme Nachtlogistik relevant sind. Daher werden Erfahrungen und Beispiele aus dem Projekt zu möglichen Ansprechpartnern auf Seiten der Städte und Kommunen dargestellt. Individuelle Lärmmessungen und/oder Prognosen je Standort sind geeignet, um eine Entscheidungsgrundlage für die Verantwortlichen auf Seiten der Stadt zu bilden. Daher werden deren Durchführung und Ergebnisse erläutert. Zusätzlich werden die wichtigsten Bestandteile der Beantragungsunterlagen für eine Ausnahmegenehmigung ausführlich dargelegt.

# 6

## ANSPRECHPARTNER STÄDTE UND KOMMUNEN

Zunächst waren die erforderlichen Ansprechpartner auf Seiten der Städte und Kommunen zu identifizieren. Herausfordernd war hierbei, dass es sowohl bei den Zuständigkeiten als auch bei den Bezeichnungen der Behörden und Ämter große Unterschiede zwischen den jeweiligen Städten gab. Zudem ist Lärm ein Querschnittsthema, das mehrere Bereiche innerhalb der Verwaltungsorganisation betreffen kann, je nachdem wodurch und wo der Lärm emittiert wird. Während beispielsweise in Köln das Bauaufsichtsamt und das Umwelt- und Verbraucherschutzamt die richtigen Ansprechpartner zur Beantragung der Ausnahmegenehmigung darstellten, waren in Dortmund das Bauordnungsamt und die Untere Umweltschutzbehörde der Städte Bochum, Dortmund und Hagen für diese Beantragung zuständig. Im Rahmen mehrerer runder Tische in den jeweiligen Städten wurden die Vertreter der verschiedenen Ämter der Städte frühzeitig mit in das Projekt GeNaLog involviert. Dennoch zeigte sich, dass eine solche Beantragung noch viele Fragen in Bezug auf die richtigen Zuständigkeiten und verschiedenen notwendigen Vorgehensschritten aufwies. Generell müsste pro Filiale ein Antrag auf Änderung der Betriebsgenehmigung gestellt werden, was eine Änderung des Bauantrags erforderlich macht. Prinzipiell besteht in allen beteiligten Städten auch im Rahmen einer zeitlich begrenzten Testphase keine Befreiungsmöglichkeit von der TA Lärm, so dass diese in jeder Nachtanlieferung eingehalten werden muss.

Von den Vertretern der Städte wurde vor allem der verhaltensbedingte Lärm durch den Lkw-Fahrer als kritisch gesehen, da dieser durch ein Gutachten über die zu erwartenden Emissionen bei geräuschoptimierter Anlieferung nicht zu 100 % ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus wurde darauf hingewiesen, dass psychologische Aspekte bei der Wahrnehmung ungewohnter Lichtquellen und Lärmspitzen durch die Bürger schwerer wiegen könnten, als die tatsächlichen Emissionen. Überdies ist zu berücksichtigen, dass Vermieter die Belieferungszeiten in Mietverträgen zusätzlich einschränken können. Für die Abstimmung erforderlicher Schritte und die Identifizierung der relevanten Ansprechpartner bei der jeweiligen Stadt wurde das Projekt GeNaLog durch die Wirtschaftsförderung in Dortmund und das Amt für Straßen und Verkehrstechnik der Stadt Köln unterstützt. Ein solcher zentraler Ansprechpartner hat sich als sehr hilfreich erwiesen.

# GERÄUSCHEMISSIONSMESSUNGEN UND -PROGNOSEN

Im Rahmen der Vorbereitung der Beantragung einer Ausnahmegenehmigung für die Testphase wurden in Dortmund bereits im Vorfeld drei Geräuschemissionsmessungen am Tage durchgeführt. Ziel war es zunächst eine Vorstellung über die Höhe der emittierten Geräusche zu erlangen und danach Schritt für Schritt die gemessenen Lärmspitzen durch technische und organisatorische Maßnahmen zu reduzieren. Bei allen Messungen wurde der bei der DLG Dortmunder Logistik Gesellschaft mbH zur Belieferung der TEDI-Filialen eingesetzte 12 t E-Lkw verwendet. Dieser war bereits vor Beginn des Projekts mit einer geräuschmindernden Transfloor Bodenbeschichtung im Laderaum und auf der Laderampe ausgestattet worden. Zudem war bereits der laute akustische Rückfahrwarner durch ein Warnlicht ausgetauscht worden.

Nach der ersten Messung im Jahr 2014 mit konventionellem Umschlagequipment auf dem Betriebsgelände in Dortmund wurden vom Gutachter als Hauptquellen für die Überschreitungen vor allem das Ablassen der Druckluft, das Öffnen und Auflegen der Ladebordwand auf der Rampe, die Fahrzeughür, der Betrieb des Kompressors und das Überfahren der Kante zwischen Ladebordwand und Rampe angeführt. [32] Auf Basis dieser Ergebnisse konnten erste Optimierungen am E-Lkw und dem Prozessablauf vorgenommen werden. Der Kompressor wurde mit einem Abluftschalldämpfer ausgestattet, Dämmmatten zum Auflegen für die Ladebordwand beschafft und die Heckklappe mit einer Gummibeschichtung zum leiseren Schließen ausgestattet.

Bei der zweiten Messung im Jahr 2015 direkt an einer Filiale wurden im Vergleich zur ersten Messung Hubwagen mit Leiselauf-Gummirollen eingesetzt. Die Ergebnisse dieser zweiten Messung lagen zwar bereits deutlich niedriger, aber der Beurteilungs- und Spitzenpegel lag für den zulässigen Immissionsrichtwert in einem Wohn-/Mischgebiet von 45 dB(A) immer noch zu hoch. [33] Die Hauptquellen für die Überschreitung waren dabei ähnlich zur ersten Messung, so dass am Kompressor beispielsweise für die dritte Messung an derselben Filiale im Jahr 2016 ein anderer Abluftschalldämpfer verbaut wurde und statt Paletten Rollcontainer mit Leiselauf-Gummirollen zum Einsatz kamen.

# 6

Die Ergebnisse der dritten Geräuschemissionsmessung zeigen, dass die Hauptquellen für Überschreitungen nicht mehr exakt ausgemacht werden können und alle auftretenden Geräusche zum Gesamtpegel beitragen (vgl. Abbildung 10). [34] Für genauere Messwerte müsste die Messung in den Abend- bzw. Nachtstunden stattfinden, da die Umgebungsgeräusche in dieser Zeit deutlich geringer sind als am Tage.

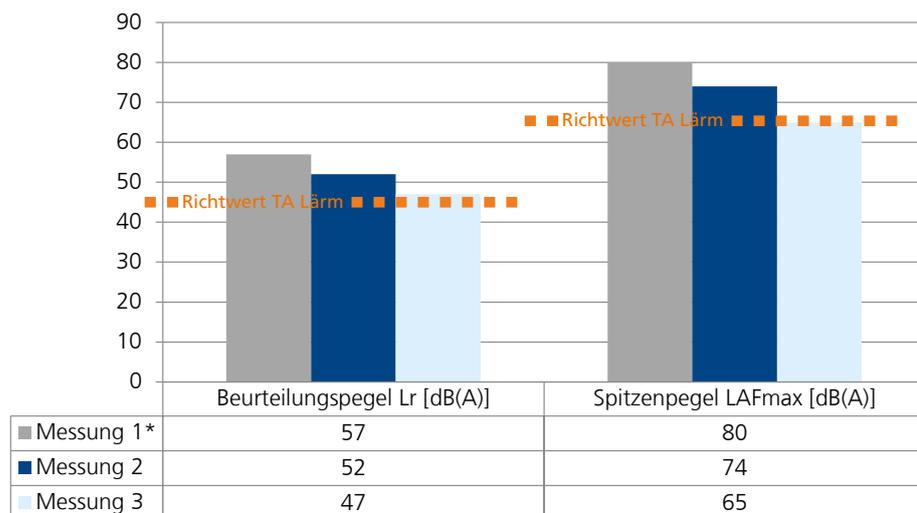


Abbildung 10: Änderungen am Fahrzeug zur Reduzierung der Hauptlärmquellen

Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass der Immissionsrichtwert an dieser Filiale nachts nur noch um 2 dB(A) überschritten werden würde und der zulässige Spitzenpegel gerade eingehalten wird. Die Dauer der Anliefervorgänge betrug bei allen Messungen immer jeweils ca. 10 Minuten. [34]

Abbildung 11 zeigt die Veränderung der gemessenen Beurteilungs- und Spitzenpegel der drei durchgeführten Messungen auf. Insgesamt betrachtet wäre eine Einhaltung der zulässigen Immissionsrichtwerte in einem Wohn-/Mischgebiet von 45 dB(A) ab einem Abstand von 27 m bei der ersten Messung, 20 m bei der zweiten Messung und 6,5 m bei der dritten Messung zu erwarten. Der tatsächliche Abstand bei dieser Filiale liegt allerdings bei nur 5,5 m, so dass sich hierdurch die Überschreitung der 2 dB(A) erklären lässt. [32, 33, 34].

Abbildung 11: Ergebnisse der drei Geräuschemissionsmessungen



\* Beurteilungs- und Spitzenpegel auf Basis der gemessenen Schalldruckpegel abgeschätzt, da in der Stellungnahme wegen hoher Überschreitung nicht explizit ausgewiesen

# 6

## KONZEPT ZUR ANWOHNEREINBINDUNG

Zur Information und Einbindung der Anwohner wurden verschiedene Ansätze ermittelt und diskutiert. Ziel war es ein gesamtheitliches und mit den Kommunen für die jeweilige Stadt abgestimmtes Konzept zu entwickeln, da dies über Erfolg und Misserfolg einer geräuscharmen Nachtlogistik entscheiden kann. Wenn sich Anwohner in ihrer Nachtruhe gestört fühlen, kann dies zu schwierigen und andauernden Konflikten führen. Einerseits können von Anwohnern Beschwerden über zu hohe Geräuschemissionen ausgehen, welche von den Kommunen ernst genommen und überprüft werden müssen. Andererseits sind Anwohner in der Regel Kunden, die nicht verärgert werden sollen.

In den jeweiligen Städten und Kommunen bestehen häufig bereits Erfahrungen im Umgang mit lärmbezogenen Problemen oder mit der Einbindung von Bürgern generell. Im Rahmen der runden Tische wurden bereits frühzeitig verschiedene Ansätze diskutiert, in Dortmund u.a. mit der Ombudsfrau für Bürgerinteressen und -initiativen. Zahlreiche Gespräche und Diskussionen im Rahmen des Projekts mit Vertretern der beteiligten Städte Dortmund und Köln sowie mit Experten im Bereich Lärm/Lärmschutz und Bürgereinbindung haben zu dem Ergebnis geführt, dass im Rahmen der Testphase im Projekt GeNaLog ein umfassendes Beteiligungsverfahren nicht sinnvoll und von den Städten nicht gefordert war. Es wurde daher eine vereinfachte Form der Anwohnereinbindung gewählt, die eher als Information mit Rückmeldungsmöglichkeiten, denn als Einbindung zu bezeichnen ist. Abbildung 12 zeigt die wesentlichen Elemente dieses Konzepts auf.

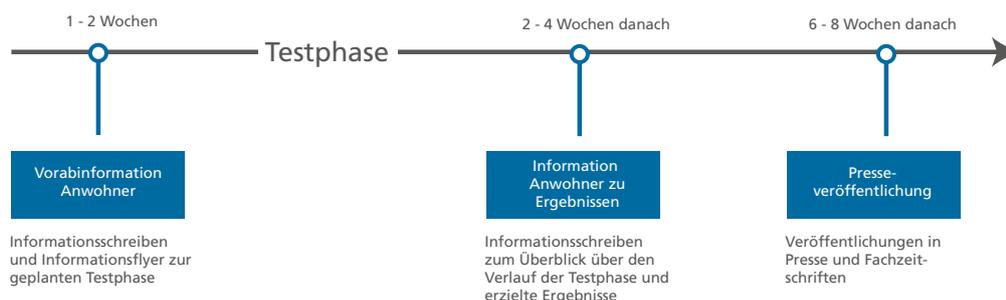


Abbildung 12: Vorgehen zur Anwohnerinformation im Projekt GeNaLog

Ein bis zwei Wochen vor Beginn der Testphase soll eine Vorabinformation der Anwohner innerhalb eines bestimmten Radius um die betroffenen Filialen herum erfolgen. Die zu kontaktierenden Anwohner sollten in Absprache mit der Kommune ausgewählt werden. Die Postwurfsendung bzw. der Handzettel umfasst in jedem Fall ein formales, einseitiges Informationsschreiben, in dem auf die erhaltenen Genehmigungen und die Sicherstellung der Einhaltung aller geltenden Gesetze und Regularien eingegangen wird. Folgende Punkte beinhaltet das Informationsschreiben:

- Zeitraum der Testphase (Datum, Uhrzeit)
- ausgewählte Filiale
- erhaltene Genehmigungen
- einzuhaltende Gesetze und Regularien
- Vorhandensein eines Monitoringkonzepts
- Hinweis auf erfolgreiches Forschungsprojekt „GeNaLog“
- Kontaktmöglichkeit während der Testphase

Zusätzlich kann ein Informationsflyer beigelegt werden, der detailliertere Zusatzinformationen zum Vorhaben und zu den eingesetzten Betriebsmitteln enthält. Zusätzlich umfasst er eine kurze Darstellung der möglichen Potenziale und erzielbaren Verbesserungen bzw. Einsparungen durch geräuscharme Nachtlogistik und eine Kurzbeschreibung des eingesetzten E-Lkw und der ergriffenen Maßnahmen zur Geräuschreduktion.

Um den Anwohnern einen Überblick zum Verlauf der Testphase und den erzielten Ergebnissen zu geben, ist erneut eine Postwurfsendung oder eine Veröffentlichung beispielsweise in einem lokalen Stadtanzeiger zwei bis vier Wochen nach Abschluss der Testphase sinnvoll. Darin kann dargestellt werden wie oft und wann die einzelnen Filialen beliefert wurden, wie die Ergebnisse begleitender Lärmmessungen ausgefallen sind, welche Erfahrungen gesammelt werden konnten und welche technischen sowie prozessualen Verbesserungen direkt umgesetzt und erprobt werden konnten. Außerdem soll beschrieben werden inwieweit Anmerkungen und Beschwerden der Anwohner eingegangen sind und wie diese umgesetzt werden konnten. Darüber hinaus sind anhand verschiedener Kennzahlen die Einsparungen beispielsweise, in Bezug auf CO<sub>2</sub>, Tourendauer, Verbrauch zu skizzieren, um den ökologischen, ökonomischen und sozialen Nutzen aufzeigen zu können.

# 6

Die erfolgreiche Durchführung der Testphase sowie die erzielten Einsparungen, Ergebnisse und Fortschritte sollen zu einem späteren Zeitpunkt möglichst breit kommuniziert werden. Zum einen sollen beispielsweise über Veröffentlichungen in lokalen Tageszeitungen und Bürgerzeitschriften über die Anwohner hinaus die Bürger der gesamten Stadt erreicht werden. Diese können auf diese Weise für das Thema „Alternative Logistikkonzepte“ und die Herausforderungen der urbanen Logistik sensibilisiert werden und gleichzeitig erfahren, welchen Nutzen sich dadurch realisieren lassen. Zum anderen soll auch die Fachwelt durch Artikel in Fachzeitschriften und Fachvorträge informiert werden.

# BEANTRAGUNG DER AUSNAHMEGENEHMIGUNG

Für die Durchführung der Testphase, forderte die Stadt Köln die Beantragung einer Ausnahmegenehmigung nach § 9 Landesimmissionsschutzgesetz (LImSchG) beim Umwelt- und Verbraucherschutzamt. Aufgrund der zeitlich begrenzten Dauer der geplanten Testphase von fünf Wochen mit maximal einer täglichen Anlieferung an jeder Testfiliale sprach das Bauaufsichtsamt eine Duldung aus und verzichtete auf die Beantragung der Änderung der Baugenehmigung. Somit wurde im Rahmen des Projekts für die Durchführung der GeNaLog Pilotversuche eine Ausnahmegenehmigung nach § 9 LImSchG beantragt. Vor der Antragsstellung haben zahlreiche Abstimmungen mit Vertretern der Stadt Köln stattgefunden, um die erforderlichen Unterlagen und Inhalte des Antrags abzustimmen. Innerhalb dieser Abstimmungen wurde auch die Auswahl der potenziellen Testfilialen basierend auf einem Vorschlag der REWE Group diskutiert und abgestimmt.

Folgend sind beispielhaft die Anforderungen des Umwelt- und Verbraucherschutzamts der Stadt Köln für einen Antrag auf Zulassung der Ausnahmegenehmigung nach § 9 LImSchG im Projekt GeNaLog aufgelistet:

1. Beschreibung des Vorhabens und Antragsbegründung
2. Beschreibung der geräuschrelevanten Tätigkeiten
3. Monitoringkonzept
4. Maßnahmen im Beschwerdefall
5. Maßnahmen bei geringfügiger Überschreitung der Grenzwerte
6. Konzept zur Information der Öffentlichkeit
7. Gutachten über die Emissionen bei geräuschoptimierter Anlieferung
8. Gutachten über die Emissionen bei konventioneller Anlieferung

Zunächst war (1) das Vorhaben detailliert zu beschreiben und zu begründen, warum eine Ausnahmegenehmigung erforderlich ist. Anschließend wurden (2) alle geräuschrelevanten Tätigkeiten, die während des gesamten Anlieferungsvorgangs bestehen, ausführlich beschrieben und erläutert, welche (technischen) Lösungen als Gegenmaßnahme ergriffen werden könnten. Hierzu wurde eine detaillierte Prozessbeschreibung beigefügt (vgl. Abbildung 14), die auf Ergebnisse zurückgreift, die im Vorfeld erarbeitet wurden. Weiterhin wurde (3) ein Monitoringkonzept vorgestellt, welches im Detail beschreibt, welche Aktivitäten wie dokumentiert und durch Mitarbeiter

# 6

begleitet werden und welche Messungen durchgeführt werden sollen. (4) Die Maßnahmen, die im Falle einer Anwohnerbeschwerde zu ergreifen wären, wurden aufgeführt, ebenso wie (5) Maßnahmen, die zu ergreifen wären, wenn die Grenzwerte der TA Lärm überschritten worden wären. Hinzu kam (6) ein umfassendes Konzept zur Information der Öffentlichkeit, wie beispielsweise die Verteilung von Handzetteln zur Information der Anlieger im Umkreis von 200 m (Radius 200 m) um die Filiale mindestens eine Woche vor Beginn der Testphase (vgl. Anhang Anwohnerinformationsschreiben). Des Weiteren wurde eine schalltechnische Prognose zu nächtlichen Testbelieferungen für die vier ausgewählten REWE Märkte in Köln als (7 und 8) Gutachten über die Emissionen bei geräuschoptimierter und konventioneller Anlieferung bei ADU cologne in Auftrag gegeben. In dieser Prognose wurden die potenziellen Testfilialen in einem Computerprogramm digitalisiert und die erwarteten Emissionswerte aller Komponenten eingefügt (vgl. Abbildung 13). Diese Simulation erlaubte eine Prognose der Immissionswerte je Filiale und dadurch eine Abschätzung, ob die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten werden. Auf dieser Basis wurde für drei der vier analysierten potenziellen Filialen eine Ausnahmegenehmigung zur nächtlichen Belieferung beantragt.

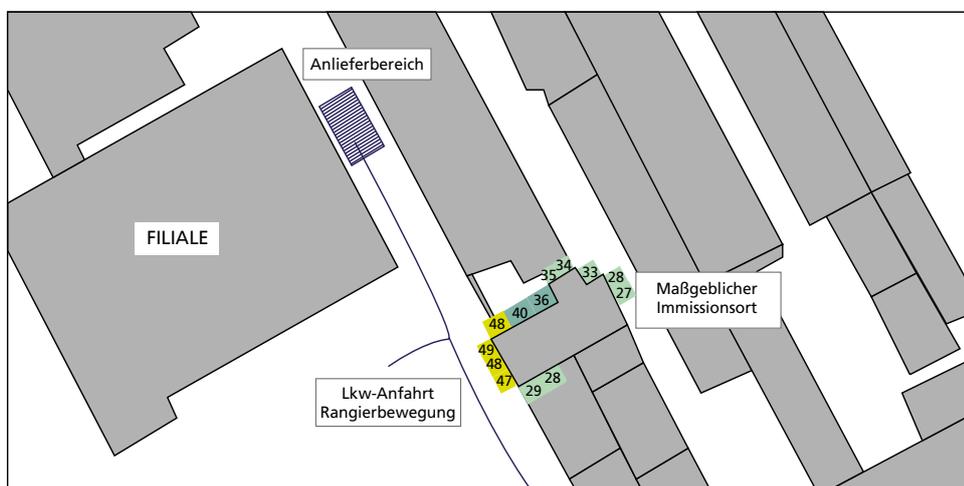


Abbildung 13: Auszug aus der schalltechnischen Prognose für Testfiliale 3 [1]

## DETAILLIERTE PROZESSBESCHREIBUNG DER NÄCHTLICHEN ANLIEFERUNG

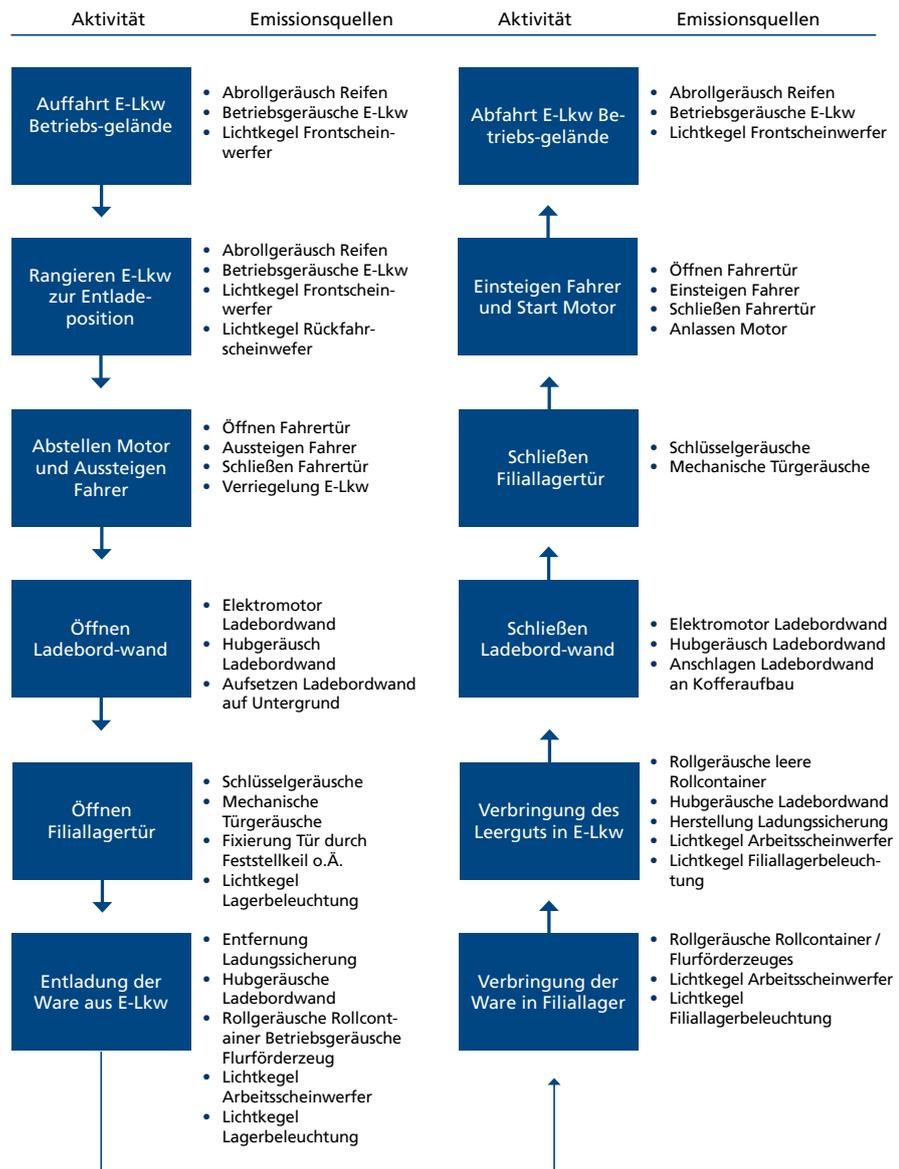


Abbildung 14: Beschreibung der geräuschrelevanten Tätigkeiten als Teil der Beantragung der Ausnahmegenehmigung

# 6

## ERFAHRUNGEN UND EMPFEHLUNGEN ZU UMSETZUNGSSCHRITTEN

Bezüglich der Einbindung der Städte und Kommunen ist festzuhalten, dass möglichst von Anfang an alle Ansprechpartner der Kommunen miteinbezogen werden sollten. Damit wird das Risiko verringert, dass zu einem späteren Zeitpunkt unvorhergesehene rechtliche Herausforderungen auftauchen. Es sollte überdies klar kommuniziert werden, was das Ziel der Gespräche ist. Steht die Erlangung einer zeitlich begrenzten Ausnahmegenehmigung im Vordergrund oder sollen die Voraussetzungen für die dauerhafte Umsetzung der geräuscharmen Nachtlogistik geschaffen werden? Vor allem in ersterem Fall kann der Prozess dadurch deutlich verkürzt werden.

Ein zentraler Ansprechpartner, der den Überblick über in Frage kommende Ämter und Abteilungen besitzt und als Vermittler auftritt, ist von Vorteil. Runde Tische gemeinsam mit allen zu beteiligenden Abteilungen sind hier zielführender als Einzelgespräche und verkürzen den Abstimmungsprozess erheblich. Von größter Wichtigkeit für eine Testphase ist, dass ein Ansprechpartner während der Testbelieferung für die Anwohner zur Verfügung steht. Nach Möglichkeit ist hier eine möglichst neutrale Person zu benennen.

Hinsichtlich der Bürgerbeteiligung und Anwohnereinbindung wurden zahlreiche Experten konsultiert, um ein stimmiges Konzept zu erarbeiten. Schlussendlich hat sich gezeigt, dass für die Durchführung einer Testphase umfassende Beteiligungskonzepte nicht erforderlich bzw. sinnvoll sind, da es zunächst nur um eine zeitlich begrenzte Nachtbelieferung geht. Deshalb wurde der Weg einer Anwohnerinformation gewählt. Diese Schritte sollten mindestens sechs Monate vor der geplanten Durchführung einer geräuscharmen Nachtlogistik begonnen werden. Für eine breite Umsetzung der geräuscharmen Nachtlogistik oder für den Fall, dass von den Kommunen ein umfassendes Informations- bzw. moderiertes Beteiligungsverfahren gewünscht oder gefordert wird, ist es unter Umständen sinnvoll, auf Beteiligungsverfahren spezialisierte Mediatoren einzubinden und die Einführung der geräuscharmen Nachtlogistik vom Verlauf des Verfahrens abhängig zu machen.

Werden aber andererseits, wie in Kapitel 4 vorgeschlagen, anfangs Filialen im Rahmen von Insellösungen beliefert, die mit keinem oder nur geringem Aufwand nachts belieferbar sind, könnte auf ein umfassendes Beteiligungskonzept verzichtet werden. Es könnte zunächst getestet werden, ob überhaupt Beschwerden auftreten. Gibt es an einzelnen Filialen Konflikte mit Anwohnern, können diese von der Nachtbelieferung wieder ausgenommen werden, ohne dass größere Investitionen getätigt wurden. Grundsätzlich empfiehlt es sich aber, die Kommunen hinsichtlich eines empfohlenen oder sogar vorgeschriebenen Konzepts zur Anwohnereinbindung zu konsultieren.

# 7 WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE



Um die geräuscharme Nachtlogistik aus wirtschaftlicher Perspektive bewerten zu können, wurde ein Tool zur Berechnung von Business Cases entwickelt. Dieses ermöglicht es, die Wirtschaftlichkeit für verschiedene aktuelle und zukünftige Szenarien, unternehmensindividuell zu berechnen. Grundsätzlich fokussiert das Tool städtische Verteilerverkehre, da diese bei GeNaLog im Vordergrund standen und davon ausgegangen wird, dass der überwiegende Teil der zu beliefernden Filialen in urbanen Gebieten liegt. Der erste Grund für diese Annahmen liegt in der begrenzten Reichweite verfügbarer E-Lkw von aktuell maximal 300 km – für streckenmäßig begrenzte Verteilertouren können diese gut eingesetzt werden. Der zweite Grund liegt darin, dass die dargestellten Vorteile von E-Lkw und der geräuscharmen Nachtlogistik wie lokal emissionsfreies Fahren, Verringerung von Verkehrslärm sowie Verlagerung von Verkehren in die Nacht in urbanen Gebieten den höchsten Nutzen erzielen.

Die wirtschaftliche Perspektive stellt mit den wichtigsten Aspekt dar, da ein Logistikunternehmen schlussendlich wirtschaftlich arbeiten muss. Sicherlich ist die Umsetzung von innovativen Technologien und Dienstleistungskonzepten anfangs mit höherem (finanziellen) Aufwand verbunden als die Fortführung des bisherigen Geschäftskonzepts, aber mittel- oder spätestens langfristig muss die Innovation wirtschaftlich sein, weswegen in den folgenden Kapiteln ein 5- und 10-jähriger Zeithorizont betrachtet wird. Trotzdem dürfen die zahlreichen nicht-finanziellen Vorteile und positiven Auswirkungen für Unternehmen (vgl. Kapitel 3) nicht außer Acht gelassen werden. Besonders vor dem Hintergrund eines wachsenden Nachhaltigkeitsbewusstseins in Gesellschaft und Wirtschaft sind nicht-finanzielle, ökologische und soziale Auswirkungen von immer größerer Bedeutung. Stellvertretend werden an dieser Stelle CO<sub>2</sub>-Emissionen mit in die Betrachtung einbezogen.



# MODELLGRUNDLAGEN UND DATEN

Für die Berechnungen werden Unternehmensdaten benötigt, die der Anwender unternehmensspezifisch einträgt. Aus dem Projekt GeNaLog, Recherchen und anderen Forschungsergebnissen wurden Rahmendaten zusammengetragen, die als Berechnungsgrundlage hinterlegt sind. Bei den Unternehmensdaten müssen zunächst Parameter zu einer „durchschnittlichen Tour“ sowie das Mengengerüst, also wie viele Transporteinheiten in welcher Zeit verteilt werden, hinterlegt werden (vgl. Abbildung 15). Ebenso ist die Aufteilung des Fuhrparks auf verschiedene Lkw-Typen bzw. Größen erforderlich. Um ein möglichst breites Spektrum an Verteilerverkehren abbilden zu können, wurden Lkw mit 7,5 t, 12 t, 18 t sowie 26 t zulässigem Gesamtgewicht sowie City-Sattelzüge und Gliederzüge (26 t Lkw mit Anhänger) berücksichtigt.

### Unternehmensdaten

**Touren**

Ø-Tourstrecke	120	km
davon Anteil im Stadtgebiet	65%	
Ø-Anzahl an Stopps pro Tour	4,0	
Anzahl an Filialen	400	
Ø-Zeitbedarf pro Stopp	40	min
Ø-Zeitbedarf am Lager	65	min
Ø-Auslastung Lkw bei Tourbeginn (Stellplatzbasiert)	80%	

**Mengengerüst**

Ladeeinheiten (LE)  Paletten

Ø Anzahl Stopps pro Woche	2.600	
ungekühlt	1.000	38%
gekühlt	1.600	62%
Ø Anzahl LE pro Woche	17.000	
ungekühlt	7.000	41%
gekühlt	10.000	59%
Anzahl Belieferungstage pro Woche	6	

**Fuhrpark**

Fahrzeugtyp	Gliederzug m. Anh.	City-Sattel	Lkw 26 t	Lkw 18 t	Lkw 12 t	Lkw 7,5 t
Kapazität in LE	34	27	20	18	18	15
Anteil Fahrzeuge [%]	10%	20%	30%	10%	30%	0%
Jahresfahrleistung						

100%

Abbildung 15: Übersicht über die benötigten Unternehmensdaten (blau hinterlegt)

Die Rahmendaten umfassen Daten zur Verkehrsbelastung und darüber hinaus die Betriebszeiten einer Taglogistik im Vergleich zu einer geräuscharmen Nachtlogistik. Hierunter fallen auch Personalkosten, Diesel- und Strompreis und detaillierte Angaben zu den Fahrzeugdaten. Im Basisszenario wird von einer Belieferung zwischen 6 und 21 Uhr ausgegangen. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass die meisten Einzelhändler bis 20 Uhr beliefert werden, wohingegen einige Lebensmitteleinzelhändler bis 22 Uhr beliefert werden dürfen. Neben diversen technischen Parametern wie beispielsweise Ladekapazität, Nutzlast, Leistung, Kraftstoffverbrauch sind vor allem wirtschaftliche Parameter wie Anschaffungspreis, Versicherungskosten und Steuern und variable Kosten für Wartung, Reparatur und Pflege von Relevanz. Diese Rahmendaten sind vorausgefüllt, können aber durch den Anwender bei Bedarf angepasst werden.

Abbildung 16: Übersicht über die Fahrzeugdaten

Fahrzeugdaten 2017									
Fahrzeugkosten	Diesel-Lkw						E-Lkw		
	Gliederzug m. Anhänger	City-Sattel	Lkw 26 t	Lkw 18 t	Lkw 12 t	Lkw 7,5 t	E-Lkw 18 t	E-Lkw 12 t	E-Lkw 7,5 t
Ladekapazität [Palettenstellplätze]	34	27	20	18	18	15	18	18	15
Ladekapazität [Rollcontainer]	55	44	32	29	29	24	29	29	24
Motorleistung [kW]	320	300	320	250	150	130	250	150	130
Zul. G.G. gesamter Zug [t]	40	40	26	18	12	7,5	18	12	7,5
Nutzlast [t]	24	14,5	12,5	8,5	4,75	2,5	8,6	4,3	2,2
Anschaffungspreis [€]	160.000 €	145.000 €	120.000 €	100.000 €	90.000 €	70.000 €	275.140 €	230.692 €	190.345 €
davon Batteriekosten	/	/	/	/	/	/	100.505 €	89.780 €	74.177 €
Batteriekapazität [kWh]	/	/	/	/	/	/	226 €	202 €	167 €
Aufpreis Kühlung [€]	40.000 €	30.000 €	25.000 €	20.000 €	20.000 €	15.000 €	20.000 €	20.000 €	15.000 €
Versicherung [€/Jahr]	7.000 €	7.000 €	6.500 €	5.500 €	5.000 €	4.500 €	5.500 €	5.000 €	4.500 €
Steuern [€/Jahr]	665 €	665 €	665 €	665 €	534 €	286 €	665 €	534 €	286 €
Wartung, Reparatur & Pflege [€/100km]	19,50 €	20,00 €	17,50 €	17,00 €	16,50 €	14,00 €	12,95 €	12,60 €	10,70 €
davon Reifenkosten [€/km]	5,50 €	4,50 €	3,80 €	3,50 €	3,50 €	3,00 €	3,50 €	3,50 €	3,00 €
Mittlerer Verbrauch [100km]	33,0 Liter	30,0 Liter	31,0 Liter	25,0 Liter	21,0 Liter	17,5 Liter	112,9 kwh	100,9 kwh	83,3 kwh
Mehrverbrauch gekühlt [100km]	0,0 Liter	0,0 Liter	0,0 Liter	0,0 Liter	0,0 Liter	0,0 Liter	0,0 kwh	0,0 kwh	0,0 kwh
Verbrauch anteilig gekühlt	33,0 Liter	30,0 Liter	31,0 Liter	25,0 Liter	21,0 Liter	17,5 Liter	112,9 kwh	100,9 kwh	83,3 kwh
Citymaut pro Fahrzeug [€/Tag]	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €

Aktuell werden noch keine E-Lkw in Serie produziert, außer dem Fuso eCanter von Daimler, welcher allerdings noch nicht frei auf dem Markt verfügbar ist [6]. Daher können für E-Lkw keine Parameter von Serienfahrzeugen herangezogen werden, sondern bestenfalls die von einzelnen individuell umgerüsteten Fahrzeugen, die aktuell hauptsächlich mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 t, 12 t und 18 t verfügbar sind. Für die Berechnungen zum aktuellen



Zeitpunkt (2017) werden daher bei E-Lkw nur diese Gewichtsklassen berücksichtigt (vgl. Abbildung 16). Die technischen und wirtschaftlichen Parameter der E-Lkw werden grundsätzlich auf Basis der Diesel-Lkw Parameter unter Zuhilfenahme von Literaturwerten berechnet. Es erfolgte jeweils auch ein Abgleich mit aktuell auf dem Markt verfügbaren E-Lkw. Für die Anschaffungskosten des E-Lkw beispielsweise werden die Kosten eines vergleichbaren Diesel-Lkw herangezogen und um Kosten für Elektroantrieb und Batterie (aus der Literatur) ergänzt. Dabei wird die Größe bzw. Kapazität der Batterie so bemessen, dass der E-Lkw eine Reichweite von 180 km besitzt, was unter Berücksichtigung verschiedener Quellen [7, 17] als sinnvoll erachtet wird. Ein 18 t E-Lkw kostet damit 2017 etwa 275.000 €, im Gegensatz zu etwa 100.000 € für einen Diesel-Lkw. Allein die Batteriekosten betragen ca. 100.000 €. Es ist zu beachten, dass alle im Tool hinterlegten Beispielfahrzeuge mit Kofferaufbau und Ladebordwand ausgestattet und daher für den Verteilerverkehr ausgelegt sind. Einschränkungen bei der Anzahl an Stellplätzen sind bei E-Lkw nicht zu erwarten, wie ein Vergleich mit aktuell auf dem Markt verfügbaren Lkw gezeigt hat. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass keine Nutzlastverluste auftreten, was bei relativ kleinen Batterien mit etwa 180 km Reichweite durchaus realistisch ist. [41]

Bei den variablen Kosten sind im Wesentlichen Wartungskosten und Kraftstoffkosten zu unterscheiden. Für einen 18 t Diesel-Lkw werden Kosten für Wartung, Reparatur und Pflege auf etwa 13,50 €/100 km veranschlagt [22], wohingegen die Kosten bei E-Lkw aufgrund von weniger beweglichen Teilen und Flüssigkeiten ca. 30 % geringer sind [25, 27]. Die Reifenkosten werden bei beiden Lkw-Typen als identisch angenommen. Ebenso weisen E-Lkw deutlich geringere Kraftstoffkosten auf (17 €/100 km gegenüber 21 €/100 km beim 18 t Lkw). Andererseits entstehen Kosten für die Batterie, die in ihrer Lebensdauer (etwa 500.000 km) begrenzt ist und deren Ersatzkosten in Höhe von 17 €/100 km den variablen Kosten zugerechnet werden. [41]

Auf Basis der eingegebenen Parameter wird die Durchschnittstour auf die verschiedenen Lkw-Typen umgerechnet. Lkw mit geringerer Größe und Nutzlast können weniger Stopps anfahren, als größere Lkw, daher kann die Durchschnittstour nicht für alle herangezogen werden. Im Weiteren wird der Zeitbedarf für die Lkw-spezifischen Touren am Tag berechnet, ebenso wie der Zeitbedarf für Nachttouren. Aufgrund eines besseren Verkehrsflusses und daraus resultierend höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten ist der Zeitbedarf für die Nachttouren geringer. Darauf aufbauend wird berechnet, wie viele Touren in den zulässigen Betriebszeiten je Lkw-Typ

gefahren und wie viele Transporteinheiten verteilt werden können. Unter Berücksichtigung der Tagesgesamtmengen kann weiter berechnet werden, wie viele Lkw je Typ bei der vorgegebenen Verteilung im Fuhrpark tatsächlich benötigt werden. Zum Einsatz von E-Lkw wird der Anteil an Filialen, die für eine Nachtbelieferung geeignet sind und ausschließlich mit E-Lkw beliefert werden sollen, zugrunde gelegt. Hieraus ergibt sich der Bedarf an E-Lkw im Fuhrpark.

Grundsätzlich wird angenommen, dass die Batterien der E-Lkw sowohl am Lager als auch an den Filialen, während der Entladung und Beladung des Fahrzeugs mit Waren, aufgeladen werden. Nur so können unnötige Stehzeiten durch Batterieaufladung größtenteils vermieden und ein durchgängiger Betrieb des E-Lkw ermöglicht werden. Doch auch bei Zwischenladung an den Filialen kann es, in Abhängigkeit von Tourdaten und Lkw-Typ, zu Stehzeiten am Lager für Lkw und Fahrer kommen, die sich kostentreibend auswirken. Die Zwischenladung an den Filialen kann im Tool aber auch deaktiviert werden, wenn dies aufgrund der Tourlängen nicht benötigt wird. Es wird am Lager mit einer Ladesäule für drei E-Lkw kalkuliert. Zusätzlich wird, bei aktivierter Zwischenladung, an jeder Filiale eine Ladesäule berücksichtigt. Diese Annahme ist durchaus konservativ, da in der Realität die Filialladesäule nicht nur von einem Lieferanten genutzt werden und daher nicht ausschließlich diesem zugerechnet werden können.

Für Nachtbelieferungen wird ein Nachtaufschlag miteinkalkuliert. Der E-Lkw-Variante wird die Taglogistik mit Diesel-Lkw gegenübergestellt. Basierend auf der errechneten Fuhrpark- und Tourenstruktur werden dann die Gesamtkosten (fixe und variable Kosten, Personalkosten) ermittelt und auf die einzelne Transporteinheit heruntergebrochen. Ebenso werden die Gesamtkilometer, verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen, Anzahl der Nachtstopps sowie die Größe und detaillierte Zusammensetzung des Fuhrparks aufgezeigt.



## SZENARIEN – VERÄNDERUNGEN IN 5 UND 10 JAHREN

Neben dem aktuellen Stand für 2017 können auch zukünftige Szenarien berechnet werden. Hierzu sind Prognosen für die wichtigsten technischen und wirtschaftlichen Parameter im Tool für einen Zeithorizont von 5 und 10 Jahren (2022 und 2027) berücksichtigt. So wird erwartet, dass die Anschaffungskosten von Diesel-Lkw steigen [10], wohingegen die Kosten von E-Lkw aufgrund von günstigeren Komponenten [19], Batteriezellkosten [37] und Massenfertigung sinken. Auch wird angenommen, dass die Verfügbarkeit von E-Lkw bezüglich Typen, bzw. Größen weiter steigen wird. Da zahlreiche Hersteller entsprechende Ankündigungen gemacht haben [7, 24, 36], wird davon ausgegangen, dass 2022 in allen berücksichtigten Größenklassen E-Lkw verfügbar sind. Beim Kraftstoffverbrauch werden aufgrund des technologischen Fortschritts bei beiden Antriebsarten Effizienzgewinne prognostiziert [16]. Weiterhin wird erwartet, dass der Dieselpreis, der in den letzten Jahren auf einem sehr niedrigen Niveau stagnierte, von 0,84 €/l in 2017 [8] bis in 10 Jahren 2027 auf etwa 1,36 €/l steigt (eigene Berechnungen auf Basis von [5, 8, 28]). Demgegenüber wird beim Strompreis nur ein moderater Preisanstieg von 0,154 €/kWh [3] auf 0,162 €/kWh bis 2027 (eigene Berechnungen auf Basis [18]) erwartet. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Diesel werden als konstant angenommen, wohingegen aufgrund der fortschreitenden Energiewende die spezifischen Emissionen von Strom aus dem deutschen Strommix bis 2027 auf 0,379 kg CO<sub>2</sub>/kWh sinken [26], womit sich die Ökobilanz des E-Lkw deutlich verbessert. Zwischen 2010 und 2017 sind die Personalkosten für Fahrer im Regionalverkehr durchschnittlich um etwa 2,7 % jährlich gestiegen [4]. Vor dem Hintergrund des wachsenden Mangels an qualifizierten Lkw-Fahrern [9], wird eine künftige jährliche Steigerung von 3 % angenommen, so dass die Personalkosten von 25,00 €/h (2017) auf 33,60 €/h (2027) steigen. Die Unternehmensdaten und einige Rahmendaten werden aus Gründen der Vergleichbarkeit als konstant angenommen. Ein Unternehmenswachstum wird folglich ausgeklammert. Dies betrifft u.a. Tourdaten, Liefermengen, Fuhrpark, Verkehrsbelastung, Betriebszeiten.

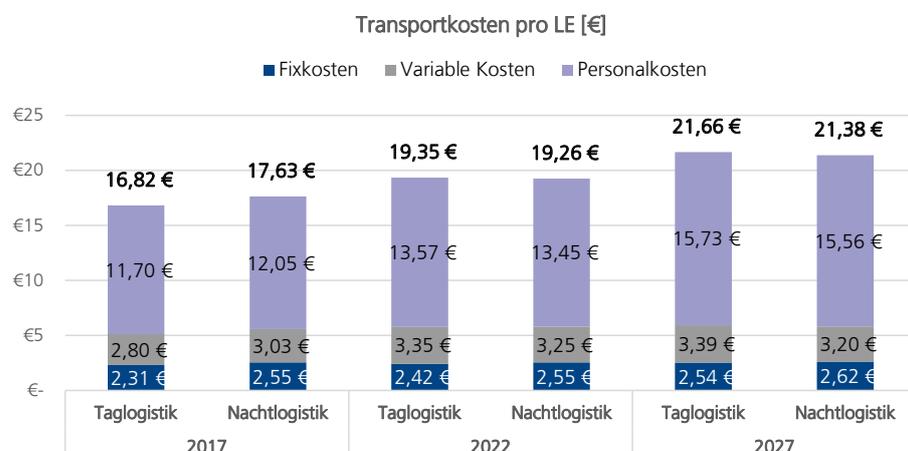
Über die Entwicklung technischer und wirtschaftlicher Parameter hinaus sind im Rahmen der Szenarien auch künftige politische Entwicklungen abbildbar. Neben einer Citymaut, also einer Gebühr, die für das Einfahren ins Stadtzentrum erhoben werden könnte, sind Befreiungen der E-Lkw von eben dieser oder auch von der Kfz-Steuer denkbar. Aktuell werden Elektroautos für 10 Jahre von der Kfz-Steuer befreit, sofern sie bis 2020 zugelassen werden. Im Anschluss an diese Frist ist eine um 50 % vergünstigte Kfz-Steuer zu entrichten [42]. Für das Basisszenario wird eine Fortschreibung der Steuervergünstigung für E-Lkw in Höhe von 50 % angenommen und keine Citymaut erhoben.

## ERGEBNISSE

Im Weiteren wird die Wirtschaftlichkeit der Nachtlogistik mit der Taglogistik auf Basis eines fiktiven Unternehmens verglichen. Die verwendeten Unternehmensdaten (vgl. Abbildung 15) entstammen Expertengesprächen, ebenso wie Teile der Fahrzeugdaten (vgl. Abbildung 16) und der Rahmendaten. Bei den beiden letzteren wurden jedoch weitere Quellen herangezogen [10, 16, 19, 22, 37, 41]. Die Zwischenladung an den Filialen ist in allen Szenarien aktiviert, da sie bei den herangezogenen Parametern immer die günstigste Variante abbildet. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass 25 % aller Filialen elektrisch beliefert werden sollen.

In Abbildung 17 sind die Transportkosten je Transporteinheit im Basisszenario über die verschiedenen Jahre hinweg abgebildet. 2017 sind die Transportkosten in der Nachtlogistik noch höher als in der Taglogistik. Jedoch kann bereits ab 2022 die Nachtlogistik wirtschaftlicher sein. Grund hierfür sind einerseits die niedrigeren variablen Kosten, welche begünstigt werden durch einen schnelleren Preisanstieg beim Dieselpreis gegenüber dem Strompreis und andererseits vor allem durch rasch sinkende Batteriekosten.

Abbildung 17: Transportkosten im Basisszenario





Die Personalkosten sind aufgrund von Zuschlägen in der Nachtlogistik generell höher. Zudem sind derzeit (2017) noch keine großen (über 18 t) E-Lkw am Markt verfügbar, so dass die gleiche Transportmenge in der Nachtlogistik durch kleinere Fahrzeuge über mehr Touren und dementsprechend mehr Fahrer zugestellt werden muss. Ab 2022 fällt dieser Nachteil aufgrund verfügbarer größerer E-Lkw weg. Dann zeigt sich auch der Vorteil der höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten in der Nacht in den Personalkosten. Die Tourenzeiten und damit der Personalbedarf verringern sich. Grundsätzlich steigen aber die Personalkosten aufgrund wachsender Löhne kontinuierlich an. Es zeigt sich überdies, dass die Personalkosten den mit Abstand höchsten Kostenanteil haben. Sie sind mehr als doppelt so hoch wie die fixen und variablen Kosten zusammen. Die Fixkosten sind in allen Jahren in der Nachtlogistik höher. Grund hierfür ist der Bedarf an Ladeinfrastruktur an den Filialen und am Lager sowie die deutlich höheren Anschaffungskosten für E-Lkw. Für die Taglogistik steigen die Fixkosten stärker an, da Diesel-Lkw kontinuierlich teurer, die Komponenten der E-Lkw immer günstiger werden.

Neben der ökonomischen Betrachtung sind bei der geräuscharmen Nachtlogistik auch ökologische Aspekte zu betrachten. So ist die Nachtlogistik, bedingt durch den Einsatz der E-Lkw, bezüglich der verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen vorteilhaft gegenüber der Taglogistik mit Diesel-Lkw (vgl. Abbildung 18). Vor allem zeigt sich dieser Vorteil bei der Nutzung von CO<sub>2</sub>-neutralem Ökostrom. Wird der gesamte Fuhrpark auf E-Lkw umgestellt und Ökostrom für das Laden verwendet, kann sogar eine komplett CO<sub>2</sub>-neutrale Logistik erreicht werden.

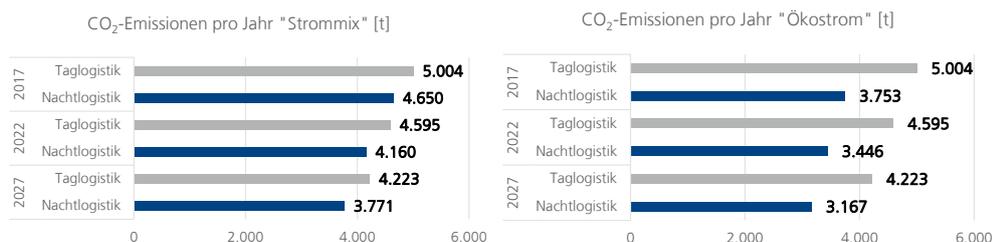
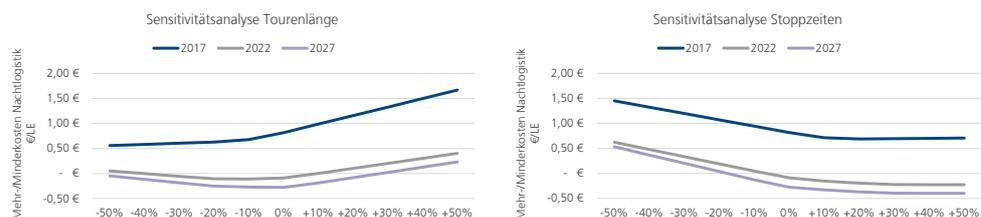


Abbildung 18: Jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen im Basisszenario und bei der Nutzung von CO<sub>2</sub>-neutralem Ökostrom

# SENSITIVITÄTSANALYSEN

Um zu überprüfen, welche Parameter den größten Einfluss auf das Ergebnis haben, wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt. In der Regel wurde der betrachtete Parameter zwischen 50 % und 150 % des Werts im Basisszenario variiert.

Abbildung 19: Sensitivitätsanalysen der Tourdaten



Wie Abbildung 19 zeigt, haben die Tourdaten einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer geräuscharmen Nachtlogistik. Längere Touren sind für die Nachtlogistik ungünstiger, da hier die Reichweitenproblematik und nicht mehr ausreichende Batterieladezeiten für E-Lkw deren Effizienz verringern. Ähnlich verhält es sich bei den Stoppzeiten. Steht nicht mehr genügend Zeit für die Batterieaufladung zur Verfügung, verringert sich die Reichweite und damit die Einsatzmöglichkeit der E-Lkw. Tabelle 5 zeigt den bedeutenden Einfluss der Belieferungszeiten auf. Eine Erweiterung der Zustellzeiten um eine Stunde bei der Taglogistik wirkt sich für die Nachtlogistik bereits deutlich negativ aus.

Tabelle 5: Sensitivitätsanalyse der Betriebszeiten

	2017		2022		2027	
	Taglogistik	Nachtlogistik	Taglogistik	Nachtlogistik	Taglogistik	Nachtlogistik
Belieferung bis 21 Uhr	16,82€	17,63€	19,35€	19,26€	21,66€	21,38€
Belieferung bis 22 Uhr	16,42€	17,34€	18,91€	18,93€	21,17€	21,01€

Einen ebenfalls sehr großen Einfluss hat eine Verkehrszunahme während des Tages (vgl. Abbildung 20). Durch die Verlagerung in die Nachtstunden können in Gebieten mit tagsüber stark belasteten Straßen hohe Kostenvorteile erzielt werden. In dünn besiedelten Gebieten mit geringer Verkehrsbelastung hingegen ist die Nachtlogistik aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten noch nicht konkurrenzfähig.

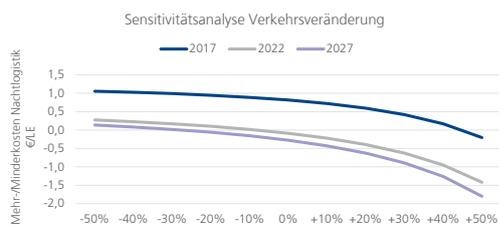


Abbildung 20: Sensitivitätsanalyse einer Verkehrsveränderung

Aus Abbildung 21 kann der Einfluss der Kraftstoffkosten entnommen werden. Sowohl Dieselpreis als auch Strompreis haben einen hohen Einfluss auf die Transportkosten. Bereits eine Verringerung um 10 % beim Dieselpreis oder eine Erhöhung des Strompreises um 20 % können den Kostenvorteil der Nachtlogistik mit E-Lkw 2022 aufheben.



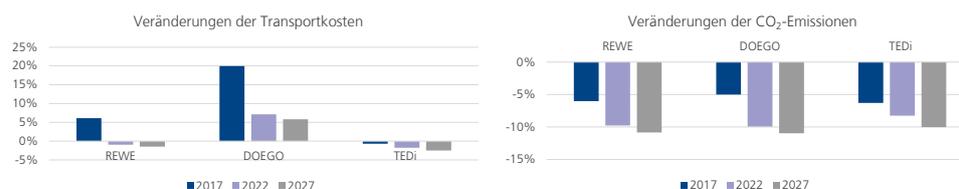
Abbildung 21: Sensitivitätsanalysen der Kraftstoffpreise

Nur moderate Effekte ergeben sich durch eine Variation von Batteriepreis, Nachzuschlag oder Fahrerlohn. Der Batteriepreis müsste um fast 50 % höher liegen, um den wirtschaftlichen Vorteil der Nachtlogistik 2022 oder 2027 aufzuheben, der Nachtaufschlag müsste sich von 10 % fast auf 20 % erhöhen und damit verdoppeln. Ist jedoch der Diesel-Lkw in der Anschaffung im Jahr 2022 (2027) um 10 % (20 %) günstiger, so werden die Transportkosten in der Taglogistik günstiger als in der Nachtlogistik. Bei einer Verdoppelung des Verkehrs wäre die Nachtlogistik auch bereits 2017 wirtschaftlicher.

## ERGEBNISSE PRAXISPARTNER

Das Basisszenario mit 25 % elektrischen Belieferungen wurde jeweils mit Parametern der Praxispartner berechnet, wobei für die Verkehrsbelastung, zur besseren Vergleichbarkeit, die aus der Literatur abgeleiteten Werte für alle Unternehmen verwendet wurden. Die hier aufgeführten Ergebnisse der REWE Group beschränken sich auf das Liefergebiet des im Testszenario betrachteten Lagerstandortes und können somit nicht auf die gesamte Nation übertragen werden. Für TEDI beziehen sich die Ergebnisse auf die aktuell eigenbelieferten Filialen und bei der DOEGO auf das gesamte Liefergebiet. Bei den Transportkosten zeigt sich, dass eine geräuscharme Nachtlogistik bei der REWE Group Mehrkosten in Höhe von circa 6 % mit sich bringen würden. Für TEDI würde sich unter den getroffenen Annahmen bereits heute ein direkter wirtschaftlicher Vorteil durch die Nachtlogistik ergeben. Dieser stellt sich bei der REWE Group im betrachteten Liefergebiet erst ab dem Jahr 2022 ein, sofern die hierfür notwendigen Rahmenbedingungen gegeben sind. Lediglich bei der DOEGO sind die Mehrkosten der Nachtlogistik für alle betrachteten Jahre höher. Der Grund liegt einerseits darin, dass die DOEGO relativ zu den anderen Unternehmen mehr Filialen beliefert, allerdings mit geringeren Mengen. Dadurch sind die Kosten für die Filialladesäulen pro Ladeeinheit deutlich höher. Andererseits hat die DOEGO längere Betriebszeiten, welche einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben, wie sich in den Sensitivitätsanalysen gezeigt hat. Eine rein wirtschaftliche Betrachtung ist jedoch nicht ausreichend. Bei der Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigt sich eindeutig, dass die Nachtlogistik bei allen Praxispartnern große Einsparungen ermöglicht (vgl. Abbildung 22). Bei nur 25 % elektrischen Belieferungen können im Basisszenario 5 bis 10 % CO<sub>2</sub> eingespart werden. Bei der Nutzung von CO<sub>2</sub>-neutralem Strom sind entsprechend höhere Einsparungen von 25 % CO<sub>2</sub> möglich. Werden alle Belieferungen mit E-Lkw durchgeführt und CO<sub>2</sub>-neutraler Strom verwendet, sind diese sogar CO<sub>2</sub>-neutral.

**Abbildung 22: Prozentuale Veränderung der Transportkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Nachtlogistik im Vergleich zur Taglogistik**



Die aufgezeigten Berechnungen bieten erste Anhaltspunkte für die Wirtschaftlichkeit und ökologischen Vorteile einer geräuscharmen Nachtlogistik. Grundsätzlich soll das entwickelte Tool auch dritten Unternehmen die Möglichkeit bieten entsprechende Berechnungen durchzuführen. Eine detaillierte und unternehmensspezifische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann dadurch jedoch nicht ersetzt werden.

# 8 DURCHFÜHRUNG DER TESTPHASE



Übergeordnetes Ziel der Testphase war es, die technische und organisatorische Umsetzbarkeit einer geräuscharmen Nachtlogistik unter Einhaltung aller gesetzlichen Regularien zu erproben. Die Einhaltung der Richtwerte der TA Lärm stellte hierbei den kritischsten Erfolgsfaktor und gleichzeitig die größte Herausforderung dar. Darüber hinaus sollte die Testphase Erkenntnisse darüber bringen, inwieweit E-Lkw die an konventionell angetriebene Lkw gestellten Ansprüche erfüllen. Hierbei standen insbesondere die Reichweite und der Verbrauch im Fokus. Darüber hinaus war die Frage der Akzeptanz der Nachtbelieferung durch die Anwohner zu klären. Ferner sollte in der Testphase geprüft werden, welche Auswirkungen eine Nachtbelieferung auf die Lagerprozesse sowie auf die Anlieferprozesse an den Filialen hat. Innerhalb der Projektlaufzeit konnte eine Testphase durch die REWE Group in Köln realisiert werden.



## ABLAUF DER TESTPHASE IN KÖLN

Zentraler Bestandteil des Forschungsprojekts GeNaLog ist die Überprüfung der Umsetzbarkeit aller im Projekt entwickelten Ansätze und technischen Lösungen in der Praxis. Um eine Nachtbelieferung unter Realbedingungen zu testen, hat die REWE Group drei Filialen im Kölner Stadtgebiet in unterschiedlichen Gebietsausweisungen in den Nachtstunden mit Ware beliefert. Hierzu wurde im Vorfeld eine Ausnahmegenehmigung der Stadt Köln erteilt, da die Warenversorgung außerhalb der in den Betriebserlaubnissen festgelegten Anlieferzeitfenster erfolgte. Diese Nachtbelieferungen fanden im Zeitraum zwischen dem 06.03.2017 und dem 09.04.2017 statt, in dem zwischen Montag und Freitag täglich jeweils zwei der ausgewählten Filialen zwischen 22 - 24 Uhr beliefert wurden.

Damit die Testphase in die bestehenden Logistikabläufe des Lagers integriert werden konnte, wurden im Vorfeld die notwendigen technischen und prozessualen Voraussetzungen geschaffen. Um die in der Nacht geltenden Richtwerte einzuhalten, kam zum Zeitpunkt des Projekts nur der Einsatz eines E-Lkw in Frage. Ein bereits für die REWE Group im Einsatz befindlicher 18 t eForce E-Lkw wurde aus Berlin an den Standort Köln überführt. Damit einhergehend wurde am Lagerstandort die notwendige Ladeinfrastruktur für den E-Lkw eingerichtet. Zudem wurde ein Fahrer am Standort Köln mit dem Umgang des E-Lkw geschult. Neben den Besonderheiten des Elektrobetriebes wurden auch leise Arbeitsabläufe mit dem Fahrer besprochen und erprobt.

Da neben dem E-Lkw auch die eingesetzten Transporthilfsmittel als maßgebliche Geräusch-emissionsquellen identifiziert wurden, fand auch eine Umrüstung der Rollcontainer und Thermorollbehälter mit geräuscharmen Rollen statt. Für Ware, die auf Paletten ausgeliefert wird wurden geräuscharme Elektro-Niederhubwagen der Hersteller Jungheinrich und Linde Material Handling organisiert. Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Testvorbereitung war die lagerinterne Prozessanpassung, damit ausschließlich die geräuscharmen Transporthilfsmittel für die Nachtbelieferungen eingesetzt wurden. Zur Erprobung der Abläufe wurden bereits in der Woche vor der eigentlichen Nachanlieferung Testfahrten innerhalb der bestehenden Betriebserlaubnis von Seiten der REWE Group durchgeführt.

Neben den unternehmensinternen Vorbereitungen wurden die betroffenen Anlieger rund um die Testfilialen vor Testbeginn durch einen Handzettel informiert. Über eine im Testzeitraum besetzte Telefonhotline wurde den Anliegern und Kunden die Möglichkeit gegeben, Fragen zu stellen und Beschwerden zu äußern.

Die nächtlichen Belieferungen wurden ausschließlich an den Wochentagen innerhalb der fünfwöchigen Testphase durchgeführt. Aufgrund des nur zweistündigen Zeitfensters zur Belieferung der Märkte in Verbindung mit der begrenzten Zuladung des Lkw wurden je Tour zwei Testfilialen beliefert (vgl. Abbildung 23). Damit die Bedingung der erteilten Ausnahmegenehmigung hinsichtlich der Einhaltung der Richtwerte der TA Lärm sichergestellt war, wurde ein unabhängiger Gutachter mit der Messung und Auswertung einiger Anlieferungen beauftragt. Hierbei wurden zwei Mikrofone vor Ankunft des Lkw an der Filiale platziert, die sowohl die Geräuschemissionen in direkter Nähe zum E-Lkw gemessen haben als auch die Lärmimmissionen vor dem nächstgelegenen, schützenswerten Raum. Die dabei ermittelten Werte wurden im Anschluss schalltechnisch ausgewertet. Insgesamt wurden so sechs Anlieferungen detailliert gemessen. Des Weiteren wurden entsprechend des entwickelten Monitoringkonzepts zwei Touren pro Woche durch Fraunhofer-Mitarbeiter begleitet, d.h. Beobachtungen vor Ort zu den Prozessabläufen und Geräuschemissionen durchgeführt und dokumentiert.

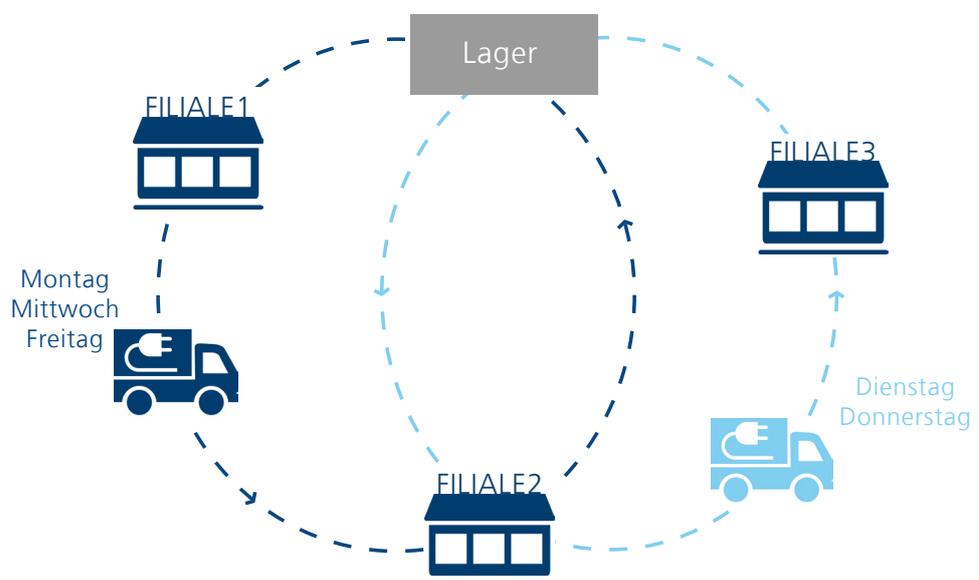


Abbildung 23: Tourenplanung  
Testphase



## ERGEBNISSE DER TESTPHASE IN KÖLN

Die Ergebnisse der Testphase sind durchweg positiv. Die gesetzlich vorgegebenen Richtwerte der TA Lärm wurden bei allen Messungen eingehalten und zum Teil deutlich unterschritten. Bei den ersten Belieferungen wurden die Entladetätigkeiten vom Fahrer noch besonders geräuscharm durchgeführt, was sich jedoch negativ auf den für die Belieferung benötigten Zeitaufwand ausgewirkt hat und nicht der täglichen Praxis entsprach. Die dabei ermittelten Ergebnisse der Geräuschmessung zeigten, dass die Grenzwerte hierbei deutlich unterschritten wurden. Somit wurde der Fahrer angewiesen, bei den folgenden Belieferungen schneller und praxisnah zu entladen, wie er es am Tage auch durchführen würde. Auch bei der normalen Handhabung zeigten die Geräuschmessungen, dass die jeweiligen Grenzwerte eingehalten wurden. Tabelle 6 zeigt vergleichend den jeweiligen Richtwert nach TA Lärm, den Prognosewert des Gutachtens und den tatsächlichen Messwert der Nachtanlieferungen für jede der drei Testfilialen auf. Die Bandbreite in den Messwerten an Filiale 2 und 3 erklärt sich durch das beschriebene unterschiedliche Verhalten des Fahrers – der niedrigere Wert spiegelt das besonders leise Verhalten bei der Belieferung wieder, der höhere Wert zeigt das schnellere und praxisnähere Entladen auf.

	<b>Gebietsausweisung</b>	<b>Grenzwert laut TA-Lärm</b>	<b>Wert der Lärmprognose</b>	<b>Messwerte</b>
<b>Filiale 1</b>	Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	40 dB(A)	40 dB(A)	33 dB(A)
<b>Filiale 2</b>	Kerngebiet, Dorfgebiet und Mischgebiet	45 dB(A)	45 dB(A)	32-39 dB(A)
<b>Filiale 3</b>	Gewerbegebiet	50 dB(A)	44 dB(A)	42-49 dB(A)

*Tabelle 6: Gegenüberstellung Richtwert, Prognosewert und Messwert an den drei Testfilialen [2]*

Alle Messergebnisse wurden wiederum in einem Gutachten aufbereitet. Abbildung 24 zeigt beispielhaft die visualisierte Darstellung einer Lärmmessung an Testfiliale 3 auf.

Als Hauptemissionsquellen wurden die Rollgeräusche der Transporthilfsmittel im Lkw, auf der Ladebordwand und auf dem Untergrund vor der Filiale identifiziert. Die Vergleichsmessung mit einem konventionell ausgestatteten Diesel-Lkw zeigt jedoch, dass bereits erhebliche Geräuschreduzierungen durch die Umrüstung der eingesetzten Komponenten erzielt wurden.

Ein weiteres positives Testergebnis ist, dass während des gesamten Testzeitraums keine Beschwerden von Anliegern oder Kunden eingingen. Lediglich eine Anruferin hat sich im Vorfeld über die eingerichtete Telefonnummer aus Interesse über das Projekt informiert.

Die von der REWE Group durchgeführte Testphase im Projekt GeNaLog hat bestätigt, dass mit dem heutigen Stand der Technik eine Nachtbelieferung unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen möglich ist. Die Geräuschmessungen belegen, dass sowohl bei besonders geräuscharmer Handhabung als auch bei normaler Handhabung die Grenzwerte eingehalten werden. An dieser Stelle ist aber zu beachten, dass aus diesen Testergebnissen keine allgemeingültigen Aussagen abgeleitet werden können. Eine Einzelfallbetrachtung je Filiale ist unabdingbar, da die einzuhaltenen Grenzwerte von der Lage des nächstgelegenen, schutzbedürftigen Raums abhängig sind und bauliche Gegebenheiten stark ergebnisbeeinflussende Faktoren darstellen. Ebenfalls zu beachten ist, dass die Betriebsgenehmigungen der Filialen meist keine Belieferungen im Zeitfenster zwischen 22 – 06 Uhr zulassen. Für eine längerfristige Umsetzung des Belieferungskonzepts wäre somit eine Änderung dieser Betriebsgenehmigungen und damit der Baugenehmigungen notwendig.

Die Auswertung der Testbelieferungen hat außerdem ergeben, dass bei den durchgeführten Nachtbelieferungen eine Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 33 km/h, ausschließlich im Kölner Stadtgebiet, erzielt werden konnte. Damit konnten die aus der Literatur abgeleiteten Werte der Modellrechnung (vgl. Kapitel 7) bestätigt werden.

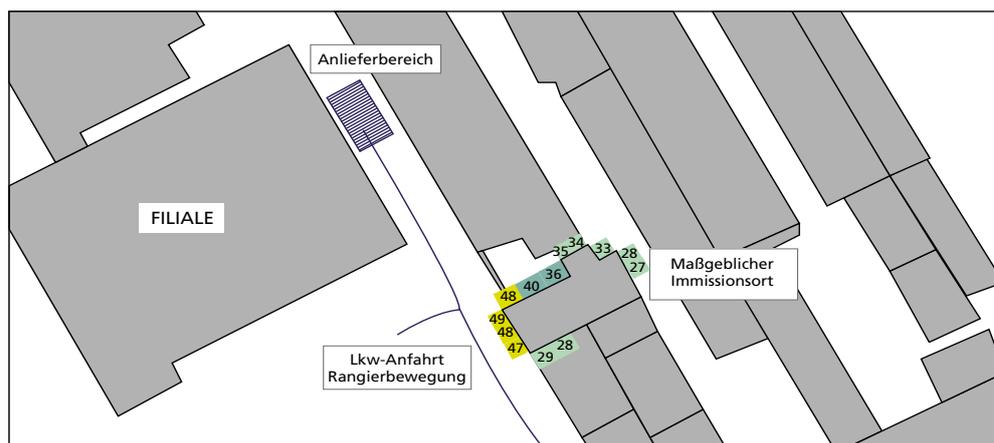


Abbildung 24: Visualisiertes Ergebnis einer realen Geräuschmessung an Testfiliale 3 [2]



## FEEDBACK DER BETEILIGTEN AKTEURE

Im Anschluss an die Testphase wurden leitfadengestützte Interviews mit Verantwortlichen der Bereiche Lager/Warenbereitstellung und Fuhrpark/Disposition, mit Fahrern sowie mit den Filialleitern geführt. Ziel war es eine Einschätzung zu erhalten, welche Anpassungen erforderlich waren, was gut und was schlecht lief, welche Vorteile und Nachteile zu erkennen waren und welche Herausforderungen mit einer dauerhaften Umsetzung verbunden sein könnten. Auch die Frage der Akzeptanz einer geräuscharmen Nachtlogistik konnte an dieser Stelle mitbetrachtet werden.

Aufgrund des bereits vorhandenen Zweischichtbetriebs in der Warenbereitstellung mussten die zeitlichen Abläufe für die Pilotversuche im Lager nicht verändert werden, wodurch es kaum Einschränkungen gegenüber dem Normalbetrieb gab. Ebenso haben sich die Mitarbeiter schnell an die Kommissionierung mit dem speziellen „leisen“ Rollcontainer gewöhnt. Auch wurden keine nennenswerten Unterschiede im Handling der Rollcontainer festgestellt. Eine dauerhafte Einführung einer geräuscharmen Nachtlogistik würde aufgrund der unterschiedlichen Transporthilfsmittel zwei getrennte Prozesse bzw. einen Sonderprozess bei der Warenbereitstellung erforderlich machen, was als sehr herausfordernd und kostentreibend betrachtet wird. Diese Zweiteilung würde dann auch die Entsorgungslogistik betreffen. Überdies sind die höheren Kosten für die leisen Transporthilfsmittel zu berücksichtigen. Eine Umstellung aller eingesetzten Transportmittel würde die Abläufe vereinfachen, wäre aber auch kostenintensiver. Zusätzlich würde die Komplexität in der Tourenplanung aufgrund zusätzlicher Restriktionen wie Reichweite, Kapazität und Nutzlast des E-Lkw steigen. Dieser Aspekt hat sich auch während der Testphase als sehr herausfordernd dargestellt. Als Vorteile könnten jedoch kürzere Tourzeiten durch die höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten in der Nacht und ein höheres Maß an Flexibilität in der Tourenplanung durch ein vergrößertes Belieferungszeitfenster realisiert werden. Auch für die Kommissionierung würde sich die Flexibilität erhöhen, da Stoßzeiten entzerrt werden könnten. Weiterhin könnte die Fläche im Lager besser genutzt werden, da die kommissionierten Waren kontinuierlicher abgenommen würden. Es wäre bei Neuplanungen von Filialen sinnvoll, zusätzliche Logistikflächen einzuplanen, damit die Voraussetzungen für eine geräuscharme Nachtlogistik geschaffen werden können.

Der E-Lkw konnte gut in die Prozesse eingebunden werden, wobei er während der Testphase nur im Einschichtbetrieb gefahren wurde. Weiterhin wurden die Touren so angepasst, dass der E-Lkw mit einer Ladung zwei Touren fahren konnte (ca. 50 bis 60 km), da die Ladezeit für eine Vollladung bei etwa 6 Stunden lag. Jedoch wurde hierbei ein großer Puffer berücksichtigt – die maximale Reichweite des E-Lkw liegt bei ca. 200 km. Bei der Anzahl der Rollcontainerstellplätze gibt es beim 18 t E-Lkw mit ca. 30 gegenüber dem 18 t Diesel-Lkw keine Einschränkungen. Allerdings werden im regulären Betrieb hauptsächlich größere Lkw eingesetzt, wodurch spezielle Touren geplant werden mussten. Der E-Lkw würde sich insbesondere für die nächtliche Belieferung in Fußgängerzonen oder lärmsensiblen Bereichen eignen. Da gerade im urbanen Umfeld die Belieferungszeiten aufgrund von Anwohnerbeschwerden immer weiter eingeschränkt werden, würde sich durch eine geräuscharme Nachtlogistik eine höhere Flexibilität bei der Belieferung ergeben. Besonders anbieten würde sich die Nachtlogistik für Obst und Gemüse, da diese Produkte möglichst früh am Morgen bereits in der Filiale verräumt sein sollen.

Positiv wurden die Fahrdynamik und die Beschleunigung des E-Lkw bewertet, die deutlich besser als bei vergleichbaren Diesel-Lkw sind, wobei sich das hohe Batteriegewicht trotzdem bemerkbar macht. Für Nachtbelieferungen wird das fast geräuschlose Fahren als sehr positiv bewertet. Vorteile einer geräuscharmen Nachtlogistik werden insbesondere an stark frequentierten Filialen gesehen, an denen innerhalb kurzer Zeit mehrere Lkw entladen. Dort würde eine Entzerrung durch Nachtbelieferungen am besten zum Tragen kommen.

Während der Pilotversuche herrschte sowohl bei Anwohnern, Passanten, Kunden als auch beim Filialpersonal großes Interesse am E-Lkw und es gab zahlreiche positive Rückmeldungen. Durch den Fahrer wurde angemerkt, dass die psychische Belastung bei der geräuscharmen Nachtlogistik als höher wahrgenommen wird. Grund hierfür ist u.a. das höhere Maß an Konzentration, das beim leisen Entladen erforderlich ist. Hinzu kommt der hohe finanzielle Wert des E-Lkw. Positiv wurde es vom Fahrer des E-Lkw wahrgenommen, dass nachts nach individuellem Rhythmus gearbeitet werden kann und dass keine Anweisungen vom Filialpersonal entgegenzunehmen sind. Das Rangieren an der Filiale kann nachts störungsfrei erfolgen und das nächtliche Fahren ist durch weniger Staus und besseren Verkehrsfluss



stressfreier und zügiger. Hinzu kommt, dass einige Ampelanlagen nachts abgeschaltet sind. Zusätzlich wurde auch das Be- und Entladen am Lager als stressfreier empfunden. So würde der Fahrer des E-Lkw während der Testphase die Nachtschicht gegenüber der Tagschicht bevorzugen. Ebenso wird der finanzielle Anreiz durch einen Nachtzuschlag hervorgehoben. Es sind Zeiteinsparungen durch Nachtbelieferungen denkbar, so dass statt zwei Touren während einer Schicht drei Touren realisierbar sein könnten.

Grundsätzlich entstand für die Filialen kein besonderer Mehraufwand durch die Pilotversuche. Es wurde jedoch wahrgenommen, dass der Fahrer angespannter als sonst war und sich gegenüber seiner sonst sehr zügigen Arbeitsweise zurückgenommen hat. Nach aktuellem Stand müssen in vielen Filialen die Produkte direkt nach ihrer Ankunft verräumt werden, da kein Stellplatz vorhanden ist. Je nach Filialgröße sind die Liefermengen mit einem 18 t Lkw nicht zu transportieren. Hier wären 26 t oder sogar 40 t Fahrzeuge erforderlich. Besonders wichtig ist, dass die Filiale bei Ladenöffnung verkaufsbereit, im Sinne voller Regale und hoher Warenverfügbarkeit und der Parkplatz frei von Lkw ist. Hier werden klare Vorteile einer geräuscharmen Nachtlogistik durch eine bessere Einhaltung sowie die Entzerrung der Belieferungszeitfenster gesehen.

Es besteht durchaus die Bereitschaft für Investitionen in erforderliche Lagerflächen oder Einhausungen. Am besten sollten jedoch die Voraussetzungen für Nachtbelieferungen bereits bei Neu- und Umbauten berücksichtigt werden. Die Vorteile einer geräuscharmen Nachtlogistik könnten vor allem in Innenstädten zum Tragen kommen, wobei hier Umbauten und Erweiterungen der Lagerflächen besonders herausfordernd sind. Andererseits sind bei diesen Filialen die Liefermengen meist geringer. Ein besserer Verkehrsfluss, bessere Parkmöglichkeiten bei Anlieferung sowie ein verringertes Unfallrisiko können als weitere Vorteile benannt werden. Finanzielle Vorteile könnten erzielt werden, wenn für das Verräumen der Waren vor Ladenöffnung Einräumpersonal eingesetzt würde. Unabhängig davon könnte das Verräumen der Waren deutlich stressfreier und effizienter durchgeführt werden, wenn die Waren bereits alle vor Ort wären. Zusätzlich wäre es auch für den Kunden angenehmer, wenn er durch freie Gänge laufen könnte und alle Waren bereits an Ort und Stelle wären.

Vonseiten der Anwohner gab es keine Beschwerden. In einigen Fällen wurden die Filialmitarbeiter von Kunden auf die angekündigte Nachtanlieferung angesprochen. Die Rückmeldungen waren jedoch nicht negativ, sondern drehten sich eher um die Frage, ob die Pilotversuche überhaupt durchgeführt worden seien, da keine Geräusche wahrgenommen wurden.

Die beteiligten Städte und Kommunen haben sich über das Projekt hinweg kontinuierlich eingebracht. Die geräuscharme Nachtlogistik sehen sie als einen wertvollen Baustein für bessere Verkehrs- und Logistikkonzepte und als Möglichkeit, staugeplagte Innenstädte auch in Zukunft effizient und umweltschonend beliefern zu können. Sie haben großes Interesse an den erzielbaren Einsparungen bei Schadstoffemissionen gezeigt, sehen aber außerdem den Schutz der Bürger als wichtiges Element, weswegen der Nachweis der Einhaltung von Lärmgrenzwerten über Lärmmessungen und -prognosen für sie eine bedeutende Rolle spielte.

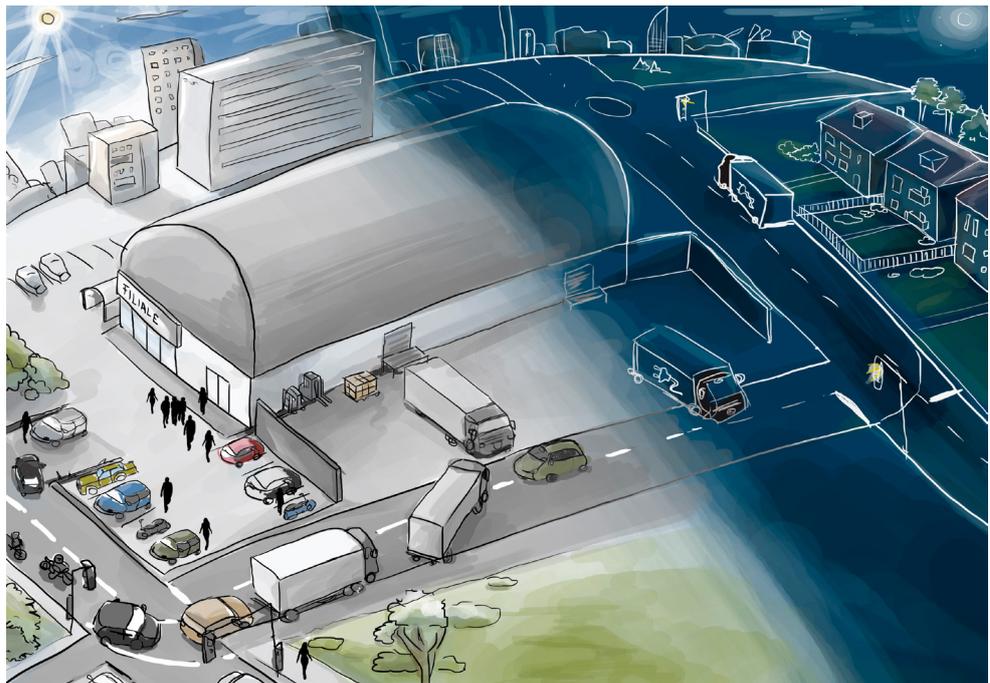
# 9 FAZIT UND AUSBLICK

Dass ein Handlungsdruck auf Seiten der Kommunen aber auch bei den Logistik- und Handelsunternehmen besteht, stadtverträgliche und effiziente urbane Logistik umzusetzen, ist offensichtlich. Vor dem Hintergrund stark überlasteter Innenstädte, zunehmender Belastungen durch gesundheitsschädlichen Lärm und Luftschadstoffe gilt es den Spagat zwischen lebenswerten Städten und wirtschaftlicher Warenversorgung zu schaffen. Das dienstleistungsbasierte Logistikkonzept „Geräuscharme Nachtlogistik“ zeigt hier neue Möglichkeiten auf. Es ist in der Lage, Vorteile und positive Auswirkungen für alle Beteiligten zu generieren.

Technisch ist es möglich leise Logistik in der Nacht umzusetzen. Die Tests unter Realbedingungen haben gezeigt, dass die im europäischen Vergleich strengeren deutschen Grenzwerte eingehalten werden können. Immer mehr Hersteller bieten leise Technologien an, so dass die Auswahl stetig wächst. Die Wirtschaftlichkeit hängt stark vom Einsatzgebiet der Fahrzeuge ab. Besonders im urbanen Raum, bei tagsüber sehr starken Verkehrsbelastungen und von der Reichweite her begrenzten Touren, kommen die Vorteile der Nachtlogistik zum Tragen. Weiterentwicklungen in der Batterietechnologie und vor allem eine Serienfertigung von E-Lkw lassen in den nächsten fünf Jahren deutliche Leistungssteigerungen bei gleichzeitiger Kostenreduktion erwarten. Der Markt entwickelt sich bereits jetzt weg von den Einzelanfertigungen hin zu standardisierten E-Lkw (z.B. MAN, Daimler). Neben Investitionen in leise Ladehilfsmittel und E-Lkw sind aber auch je nach Anliefersituation erhebliche Investitionen in die Filialen erforderlich, um die Anwohner vor möglichen Lärmemissionen zu schützen. Sinnvollerweise sind die Anforderungen der geräuscharmen Nachtlogistik bei Neu- oder Umbauten zu berücksichtigen. Unternehmen brauchen bei der leisen Logistik Investitionssicherheit. Kosten, Qualität und Reichweite werden bei den E-Lkw zunehmend planbar. Das Problem ist die Rechtsicherheit.

Um die Belieferungsverkehre flächendeckend in die Nacht zu verlagern und die Straßeninfrastruktur nachts zu nutzen und tagsüber zu entlasten, sind vor allem auf Seiten der Gesetzgebung und den Genehmigungsverfahren noch einige Hürden zu nehmen. Innovative Konzepte passen nicht in das starre Korsett der Verordnungen und Richtlinien. Zuständigkeiten sind für Unternehmen nicht transparent nachvollziehbar. Stadtverträgliche Logistik kostet mehr Geld und Zeit. Daher werden Logistikdienstleister erst in leise Logistik investieren, wenn sie ähnlich wie in den Niederlanden eine Rechtssicherheit und Nutzeranreize für die nächtliche, geräuscharme Anlieferung haben.

Die Zertifizierung geräuscharmer Fahrzeuge und des eingesetzten Equipments erleichtert es Städten und Kommunen, gezielter Nutzervorteile für die „leisen“ Logistikdienstleister zu gewähren. Die genehmigte bzw. geduldete Anlieferung in der Nacht wäre ein großer Anreiz für Unternehmen E-Lkw einzusetzen. Von den lokal emissionsfreien und geräuscharmen Fahrzeugen sowie der zeitlichen Entzerrung der Verkehre profitieren die Stadt und ihre Bewohner auch am Tage. Dies ist der nächste wichtige Schritt hin zu einer stadtverträglicheren Logistik.



# LITERATURVERZEICHNIS

## [1] ADU cologne 2016

ADU cologne – Institut für Immissionsschutz GmbH: Schalltechnische Prognose zu nächtlichen Testbelieferungen für vier REWE Märkte in Köln (Internes Dokument). 07.11.2016.

## [2] ADU cologne 2017

ADU cologne – Institut für Immissionsschutz GmbH: Messbericht über die Lärmissionen und -immissionen während der Anlieferung von drei REWE-Märkten im Rahmen des Forschungsprojektes GeNaLog in Köln (Internes Dokument). 27.07.2017.

## [3] BDEW 2017

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.): BDEW-Strompreisanalyse Mai 2017 - Haushalt und Industrie. Berlin, 31.05.2017.

## [4] BGL 2017

Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V.: Kostenentwicklung im Güterkraftverkehr – Regionalverkehr. URL: [http://www.bgl-ev.de/web/der\\_bgl/informationen/branchenkostenentwicklung.htm&v=2#form](http://www.bgl-ev.de/web/der_bgl/informationen/branchenkostenentwicklung.htm&v=2#form), letzter Zugriff: 24.10.2017.

## [5] BVWP2030 2014

Schubert, M., Kluth, T., Nebauer, G., Ratzenberger, R., Kotzagiorgis, S., Butz, B., Schneider, W., Leible, M.: Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Schlussbericht. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Intraplan Consult GmbH; BVU Beratergruppe Verkehr+Umwelt (Hrsg.). 11.06.2014.

## [6] Daimler 2017a

Daimler AG: FUSO eCanter: Markteinführung des ersten vollelektrischen Lkw aus Se-

rienproduktion, 14.09.2017. URL: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/ko/de/29284341>, letzter Zugriff: 16.10.17.

## [7] Daimler 2017b

Daimler AG: Mercedes-Benz Elektro-Lkw – Erster vollelektrischer Lkw. URL: <https://www.daimler.com/produkte/lkw/mercedes-benz/mercedes-benz-elektro-lkw.html>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

## [8] Destatis 2017

Statistisches Bundesamt (Destatis): Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung. Lange Reihen von Januar 2000 bis Juli 2017. 2017. [7] Dünnebeil et al. 2015 Dünnebeil, F., Reinhard, C., Lambrecht, U., Kies, A., Hausberger, S., Rexeis, M.: Zukünftige Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung und Treibhausgasminderung bei schweren Nutzfahrzeugen.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Hrsg.). Dessau-Roßlau, Februar 2015.

**[9] DSLV 2017**

DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e. V.: Fachkräfteangebot hält nicht mit Branchenwachstum mit - Fahrermangel gefährdet Versorgungssicherheit - Transportkosten steigen, 07.09.2017. URL: [https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/id/li\\_fdihaqyhkj.html](https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/id/li_fdihaqyhkj.html), letzter Zugriff: 24.10.2017.

**[10] Dünnebeil et al. 2015**

Dünnebeil, F., Reinhard, C., Lambrecht, U., Kies, A., Hausberger, S., Rexeis, M.: Zukünftige Maßnahmen zur Kraftstoff einsparung und Treibhausgas minderung bei schweren Nutzfahrzeugen. Im Auftrag des Umweltbun-

desamtes. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Hrsg.). Dessau-Roßlau, Februar 2015.

**[11] ELMO 2016**

Stütz, S., Bernsmann, A., Baltzer, T., Hentschel, N., Pommerenke, K., Rogmann, B., Wunderlin, P.: ELMO – Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehre, Projektabschlussbericht. Dortmund, 2016.

**[12] Eltis 2014**

Eltis. The urban mobility observatory: Silent inner-city overnight deliveries in Barcelona (Spain), 12.12.2014. URL: <http://www.eltis.org/discover/case-studies/silent-inner-city-overnight-deliveries-barcelona-spain>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[13] FiDEUS 2008a**

FiDEUS: Renault Trucks and Condis experiment with night deliveries in Barcelona,

19.03.2008. URL: <http://corporate.renault-trucks.com/en/press-releases/fideus-renault-trucks-and-condis-experiment-with-night-deliveries-in-barcelona.html>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[14] FiDEUS 2008b**

Centro Ricerche FIAT (CRF): FiDEUS Project Final Report. 04.06.2008.

**[15] FiDEUS 2009**

Region Hannover, Landeshauptstadt Hannover (Hrsg.): FiDEUS – Citylogistik neu gedacht. Ein EU-Forschungsprojekt zur innovativen Lieferung von Gütern in europäische Innenstädte. Hannover, August 2009.

**[16] Hacker et al. 2014**

Hacker, F., Blanck, R., Hülsmann, F., Kasten, P., Loreck, C., Ludig, S., Mottschall, M., Zimmer, W.: eMobil 2050. Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz. Öko-Institut e.V. (Hrsg.). Berlin, September 2014.

**[17] Hacker et al. 2015**

Hacker, F., von Waldenfels, R., Mottschall, M.: Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen – Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO<sub>2</sub>-Minderung. Öko-Institut e.V. (Hrsg.). Berlin, April 2015.

**[18] Haller et al. 2017**

Haller, M., Loreck, C., Matthes, F., Ritter, D.: EEG-Rechner – Berechnungs- und Szenarienmodell zur Ermittlung der EEG-Umlage. Agora

Energiewende. Öko-Institut e.V. (Hrsg.). Berlin, 2017.

**[19] Hülsmann et al. 2014**

Hülsmann, F., Mottschall, M., Hacker, F., Kasten, P.: Konventionelle und alternative Fahrzeugtechnologien bei Pkw und schweren Nutzfahrzeugen – Potentiale zur Minderung des Energieverbrauchs bis 2050. Working Paper. Öko-Institut e.V. (Hrsg.). Berlin, 2014.

**[20] Inrix 2016**

INRIX 2016 Traffic Scorecard, 22.02.2017. URL: <http://ap-verlag.de/verkehrsstaues-ursachen-kosten-von-69-milliarden-euro-allein-in-deutschland/31311>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[21] iZeus 2014**

Intelligent Zero Emission Urban System (iZEUS). URL <http://www.izeus.de>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[22] Lastauto Omnibus 2015**

Media Verlags- und Veranstaltungs GmbH (Hrsg.): Lastauto Omnibus Katalog 2015, EuroTransport. 2015.

**[23] Logistiek 2009**

Logistiek Magazine en Logistiek zijn uitgaves van Vakmedianet. BMWT overhandigt PIEK-certificaat aan Toyota, 11.11.2009. URL: <http://www.logistiek.nl/warehousing/nieuws/2009/11/bmwtoverhandigt-piek-certificaat-aan-toyota-10110366>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[24] MAN 2017**

MAN: Lkw der Zukunft – MAN liefert nachhaltige Konzepte im Bereich Elektromobilität. <https://www.truck.man.eu/de/de/eTruck.html>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[25] Onat et al. 2015**

Onat, N., Kucukvar, M., Tatari, O.: Conventional, hybrid, plug-in hybrid or electric vehicles? State-based comparative carbon and energy footprint analysis in the United States. In: Applied Energy 150, S. 36–49. 15.07.2015.

**[26] Pfluger et al. 2017**

Pfluger, B., Testeegen, B., Franke, B.: Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland – Modul 3: Referenzszenario und Basiszenario, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. September 2017.

**[27] Ruan et al. 2016**

Ruan, J., Walker, P., Zhang, N.: A comparative study energy consumption and costs

of battery electric vehicle transmissions. In: Applied Energy 165, S. 119–134. 01.03.2016.

**[28] Schade et al. 2016**

Schade, W., Hartwig, J., Krail, M., Wietschel, M., Waßmuth, V.: Methodik und Gestaltung eines Referenzszenarios zur Nutzung in der MKS. Arbeitspapier im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Karlsruhe.

**[29] SELECT 2015**

Suitable Electromobility for Commercial Transport (SELECT) gefördert durch Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur; Laufzeit 2012 – 2015.

**[30] Stadt Dortmund 2011**

Stadt Dortmund (Hrsg.): Entwurf des Lärmaktionsplans für die Stadt Dortmund, S. 18. Dortmund, Stand: 29.11.2011.

**[31] Sugar 2011**

Goevaers, R.: Sugar – Low noise products, off peak deliveries. Präsentation in Bologna. 26.10.2011.

**[32] TAC 2014**

TAC – Technische Akustik 2.te Geräuschimmissionsmessungen Anlieferung Elektro-Lkw (Internes Dokument). Korschbroich, 22.11.2014.

**[33] TAC 2015**

TAC – Technische Akustik 2.te Geräuschimmissionsmessungen Anlieferung Elektro-Lkw (Internes Dokument). Korschbroich, 25.03.2015.

**[34] TAC 2016**

TAC – Technische Akustik 3.te Geräuschimmissionsmessungen Anlieferung Elektro-Lkw (Internes Dokument). Grevbroich, 20.05.2016.

**[35] 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 (BAAnz AT 08.06.2017 B5).

**[36] Tesla 2017**

Tesla Semi – Tesla's upcoming all-electric heavy-duty truck. URL: <https://electrek.co/guides/tesla-semi/>, letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[37] Thielmann et al. 2015**

Thielmann, A., Sauer, A., Wietschel, M.: Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030. Karlsruhe, Dezember 2015

**[38] UBA 2013**

Umweltbundesamt (Hrsg.): Schwerpunkte 2013, S. 48. Dessau-Roßlau, 2013.

**[39] UBA 2017**

Umweltbundesamt: Geräuschbelastung im Straßenverkehr. URL: [www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#textpart-1](http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#textpart-1), letzter Zugriff: 16.10.2017.

**[40] WHO 2009**

World Health Organization (Hrsg.): Night Noise Guidelines for Europe, S.109. Kopenhagen, 2009.

**[41] Wietschel et al. 2017**

Wietschel, M., Gnann, T., Kühn, A., Plötz, P., Moll, C., Speth, D., Buch, J., Boßmann, T., Stütz, S., Schellert, M., Rüdiger, D., Balz, W., Frik, H., Waßmuth, V., Paufler-Mann, D., Rödl, A., Schade, W., Ma-

der, S.: Machbarkeitsstudie zur Ermittlung der Potentiale des Hybrid-Oberleitungs-Lkw. Studie im Rahmen der Wissenschaftlichen Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie. Fraunhofer ISI; Fraunhofer IML; PTV Transport Concult GmbH; TU Hamburg-Harburg – IUE, M-Five (Hrsg.). Karlsruhe, Februar 2017.

**[42] Zoll 2017**

Zoll: Steuervergünstigungen für reine Elektrofahrzeuge. URL: [http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuervergünstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge\\_node.html](http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuervergünstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge_node.html), letzter Zugriff: 16.10.2017.



# ANHANG

**Kundennummer 02560 – REWE, Flughafenstraße 147, 44309 Dortmund**

Marktleitung:	Regiemarkt	LKW-Entladepunkt:	Anlieferzone
Eigentumsverhältnisse:	Gemietet	Rampe vorhanden:	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/>
Gebietsausweisung:	Kern-, Dorf-, Mischgebiet	Einhausung anbaubar:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Nachtanlieferung:	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/>	Lärmwand vorhanden:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Anlieferzeitfenster:	So - Fr 18:00 - 22:00	Lärmwand anbaubar:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
Drei Möglichkeiten stehen zur Auswahl	Mo Wähle - Wähle	Länge der Lärmwand:	10m
	Mo - Fr Wähle - Wähle	Warenpaletten:	Mo) 3 Di) 2 Mi) 2
	Mo - Sa Wähle - Wähle	Mengen pro Wochen-Anlieferung	Do) 2 Fr) 2 Sa) 2
Entfernung Entladepunkt-Anwohner: 50 m		Leergutpaletten:	Mo) 3 Di) - Mi) 3
Schranke/Tor:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Mengen pro Wochen-Anlieferung	Do) 1 Fr) -
• Schlüssel:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Abstellbereich:	Kühlager
Alarmanlage:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Kühlkammer erreichbar:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
• Schlüssel:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Kühlkammer Kapazität:	3 Paletten
Rolltor/Tür:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	Fahrzeugtyp:	Sattelaufleger - 15m
• Schlüssel:	Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>		

Sonstiges: Eine Lärmschutzwand ist vorhanden. Um diese in der Nacht effizient einsetzen zu können, müsste sie erhöht werden.



<b>Legende:</b>			
LKW-Hinweg:		LKW-Rückweg:	
Entladepunkt:		Nächstgelegener Anwohner:	
Anbau einer Einhausung:		Anbau einer Lärmschutzwand:	

Beispiel Filialanalyse

Fraunhofer IML | Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4 | 44227 Dortmund

An die Anwohnerinnen und Anwohner

**Forschungsprojekt „Geräuscharme Logistik“ an Ihrem REWE-Markt  
vom 6. März bis 9. April 2017**

Dortmund, 20. Februar 2017

Sehr geehrte Anwohnerin, sehr geehrter Anwohner,

im Zeitraum vom 6. März bis 9. April 2017 werden im Rahmen des wissenschaftlichen Forschungsprojekts „Geräuscharme Nachtlogistik – GeNaLog“ Testbelieferungen mit einem leisen rein elektrischen Lkw (E-Lkw) an Ihrer REWE-Filiale in der [REDACTED] werktags (Montag bis Freitag) zwischen 22 und 24 Uhr durchgeführt.

Diese zeitlich begrenzte Testphase ist Bestandteil des stadtverträglichen und umweltschonenden Forschungsprojekts, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird. Ziel ist es, den Schadstoffausstoß sowie die Verkehrs- und Lärmüberlastung tagsüber auf der Straße zu reduzieren. Um dies zu erreichen, wird oben genannter REWE-Markt maximal einmal täglich von Montag bis Freitag in den späten Abendstunden mit einem leisen elektrisch angetriebenen Lkw und geräuscharmer Be- und Entladetechnik beliefert. Mit diesem bislang bundesweit einmaligem Pilotversuch soll überprüft werden, ob und unter welchen Bedingungen sich eine geräuscharme Nachtlogistik umsetzen lässt.

Das Amt für Stadtentwicklung und Statistik der Stadt Köln unterstützt das Forschungsprojekt. Eine Ausnahmegenehmigung für den Testzeitraum wurde erteilt. Von wissenschaftlicher Seite wird das Projekt vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund und dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe durchgeführt. Der E-Lkw, technische Hilfsmittel sowie die einzelnen Prozessschritte wurden bereits bestmöglich für eine leise Belieferung angepasst. Weiterhin wird die Testphase umfassend begleitet und überwacht. Zwischenzeitliche Lärmmessungen stellen sicher, dass die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten werden. Bei Unregelmäßigkeiten werden direkt Gegenmaßnahmen eingeleitet. Außerdem stehen Ihnen Mitarbeiter des Fraunhofer IML bei Fragen und Rückmeldungen zu den Testbelieferungen während des gesamten Zeitraums **werktags zwischen 8 und 24 Uhr unter der Telefonnummer [REDACTED]** zur Verfügung.

Mit diesem Projekt wollen wir die Lebensqualität in Städten erhöhen, die durch die immer weiter zunehmenden Verkehre auf der Straße gemindert wird. Wir möchten Sie als Bürgerinnen und Bürger der Stadt Köln einladen, sich an dem Projekt zu beteiligen, indem Sie uns Anregungen und Wünsche mitteilen. Ihre Rückmeldungen zum Forschungsprojekt berücksichtigen wir bestmöglich.

Ergänzende Informationen zum Projekt GeNaLog finden Sie auf dem beigelegten Projektflyer. Wenn Sie Fragen haben, können Sie gerne eine E-Mail an die Adresse [genalog@iml.fraunhofer.de](mailto:genalog@iml.fraunhofer.de) senden.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag



Daniela Kirsch  
Fraunhofer IML



Dr. Christian Lerch  
Fraunhofer ISI



Hermann Breuer  
Amt für Stadtentwicklung und  
Statistik der Stadt Köln

Beispiel Anwohner-  
informationsschreiben  
der Testphase in Köln

ISBN 978-3-8396-1257-6



9 783839 612576