

Diploma Thesis

Noise immissions caused by supply and waste disposal transport using the example of the City of Vienna

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Lärmimmissionen aus Versorgungs- und Entsorgungsverkehr am Beispiel der Stadt Wien

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines / einer
Diplom-Ingenieurs/ Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Nadine Steininger, BSc

Matr.Nr.: 01325461

unter der Anleitung von

Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr. **Günter Emberger**

Senior Scientist DI **Tadej Brezina**

Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/230-1, A-1040 Wien

Wien, im Mai 2022



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Themengebiet Lärm im Straßenverkehr, wobei das Hauptaugenmerk auf der Erfassung des Straßenverkehrslärms abseits vom klassischen Straßenverkehr liegt. Zu diesen zusätzlichen Lärmquellen im Straßenverkehr zählen zum Beispiel die Entleervorgänge der Müllabfuhr, die Einsatzfahrten mit eingeschaltetem Folgetonhorn oder auch die Ladetätigkeiten von Warenlieferungen.

Lärm stellt in der heutigen Zeit ein vermehrtes Problem dar. Mittlerweile geben 33 Prozent der österreichischen Bevölkerung an, dass Lärm sie belastet. Der Begriff „Lärm“ stellt ein negativ bewertetes Geräusch dar und kann direkt oder indirekt auf den Menschen einwirken. Je nach Dauer und Lautstärke kann es zu Konzentrationsstörungen bis hin zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen.

Einer der meistgenannten Verursacher von Lärm ist der Verkehrslärm. Fahrzeuge verursachen durch das Motorengeräusch, sowie das Rollgeräusch der Reifen und durch die Windverwirbelungen Lärm beim Fahren. Dieser Lärm wird in Lärmkarten rechnerisch erfasst und graphisch mit Hilfe von Farben dargestellt. Die Lärmkarten erfassen jedoch nur den Lärm von fahrenden Fahrzeugen. Einige Fahrzeuge und Tätigkeiten erzeugen jedoch zusätzliche Lärmimmissionen, welche in der folgenden Arbeit dokumentiert werden.

Um die lärmverursachenden Tätigkeiten und die dazugehörigen Pegelspitzen zu erfahren, werden Lärmmessungen mit einem Schallpegelmesser durchgeführt. Es werden drei verschiedene Datenerhebungen durchgeführt, welche die Lärmentwicklung der Müllabfuhr, die Lärmentwicklung bei Ladetätigkeiten und der Anstieg der Lärmimmissionen bei der Verwendung eines Folgetonhorns beinhalten.

Die Müllabfuhr ist eine wichtige Institution für die Aufrechterhaltung der Abfallentsorgung in Wien. Jedoch verursacht das Entleeren der Mülltonnen Lärm. Durch Lärmmessungen mit Hilfe eines Schallpegelmessers wird an zwei unterschiedlichen Orten in Wien ein Entleervorgang gemessen und im Anschluss mit Referenzmessungen vom selben Messort verglichen. Das Fazit aus diesen Messungen zeigt, dass das Anschlagen der Kübel beim Schwenken an der Karosserie des Müllsammelfahrzeugs die größten Lärmimmissionen verursacht. Die Müllabfuhr entleert den Restmüll mindestens einmal in der Woche an jeder Adresse in Wien, wobei im dicht verbauten Gebiet die Wahrscheinlichkeit sehr hoch ist, dem Lärm der Müllabfuhr mehrmals pro Woche ausgesetzt zu sein.

Ladetätigkeiten zählen ebenfalls zu den zusätzlichen verkehrsbezogenen Lärmquellen. Die Fahrten der LKWs zu den jeweiligen Händlern sind in den Lärmkarten enthalten, jedoch nicht der Lärm, welcher beim Ein- bzw. Ausladen entsteht. Hier wird eine Lärmmes-

sung bei einem Lebensmittelhändler durchgeführt und mit einer Referenzmessung verglichen. Das Ein- und Ausklappen der Abrollsicherung auf der Ladebordwand sowie das Herunterfahren der Rollwägen von der Ladebordwand verursachen mitunter die störenden Pegelspitzen. Anlieferungen zu Filialen finden mindestens einmal am Tag statt, wobei bei großen Umsatzmengen der Filiale mehrere Lieferungen pro Tag möglich sind.

Auch Einsatzfahrzeuge mit eingeschaltetem Folgetonhorn stellen eine Lärmquelle dar. Gerade auf Hauptverkehrsrouten und in der Nähe von Krankenhäusern sind Einsatzfahrten öfters zu hören. Die durchgeführte Messung zeigt deutlich, welchen sprunghaften Dezibelanstieg ein eingeschaltetes Folgetonhorn verursacht und dadurch die gewünschte Signalwirkung erreicht. Unter der Annahme, dass 10 Prozent der Einsätze ein Folgetonhorn verwenden, findet allein bei den drei Blaulichtorganisationen Rettung, Feuerwehr und Polizei ein Folgetonhorn-Einsatz alle 7,9 Minuten in ganz Wien statt.

Für die zuvor genannten Lärmquellen gibt es unterschiedliche Lösungsvorschläge. Die beste Vorgehensweise um Lärm zu reduzieren gliedert sich in drei Konzepte, welche mit einigen Beispielen beschrieben werden.

Das erste Konzept sieht die Vermeidung der Lärmentstehung vor.

Um eine Verminderung der Verkehrsmenge zu erreichen, sollte der öffentliche Verkehr gefördert werden und die Umsetzung der „Stadt der kurzen Wege“ vorangetrieben werden. Eine Siedlungsstruktur mit allen Nutzungsformen in naher Umgebung verringert die Anzahl der notwendigen Fahrten mit dem Pkw.

Um die Anzahl der Müllentleerungen zu verringern, ist es notwendig, die Menge des anfallenden Abfalls zu reduzieren. Schon kleine Änderungen im Alltag tragen zur Abfallvermeidung bei. Eine andere Möglichkeit den Lärm der Müllabfuhr zu verringern, ist ein anderes Sammelsystem anzuwenden. Mit Hilfe einer pneumatischen Abfallsammelanlage wird der Müll über unterirdische Leitungen und Unterdruck abtransportiert und an zentralen Stellen gesammelt. Durch dieses System ist eine behältergebundene Entleerung nicht mehr notwendig. Der Lärm der Ladetätigkeiten kann reduziert werden, wenn mehrere Einzellieferungen zu einer Gesamtlieferung zusammengefasst werden.

Das zweite Konzept sieht die Problembehebung an der Lärmquelle selbst vor. Diese Maßnahmen sind weniger effizient wie die zuvor genannten, jedoch bewirken sie ebenfalls einen Vorteil für die gesamte Bevölkerung.

Bei den Müllsammelfahrzeugen gäbe es die Möglichkeit, geräuschkindernde Maßnahmen einzubauen, um die auftretenden Pegelspitzen zu reduzieren. Ein weiterer Vorschlag wäre, den Entleermechanismus zu einem geräuscharmen Vorgang umzubauen.

Um die Pegelspitzen beim Entladevorgang zu minimieren, gäbe es die Möglichkeit, das Auf- und Einklappen der Abrollsicherung mit Hilfe von geräuschkindernden Maßnahmen zu dämpfen oder alternative Abrollsicherungen einzubauen. Auch ein Materialwechsel der Rollen könnte eine positive Auswirkung auf die Lärmimmissionen haben.

Die dritte Maßnahme stellt Eingriffe am Immissionsort dar. Dadurch werden jedoch nur lokale Verbesserungen erzielt.

Eine überdachte Raumaufteilung, welche schon in der Planungsphase berücksichtigt wird, kann optimal zum Lärmschutz beitragen. Dazu ist es wichtig, dass die Nebenräume wie zum Beispiel Nassräume oder Erschließungsbereiche, die Aufenthaltsräume von der Lärmquelle abschotten. Auch die richtige Bauweise und die passenden Materialien sowie die richtige Ausführung, wie zum Beispiel durch Schallschutzfenster, tragen zu einer besseren Lebensqualität bei.

Abstract

This thesis deals with the topic of noise in road traffic, with the main focus on the recording of road traffic noise apart from the classic road traffic. These additional sources of noise in road traffic include, for example, the emptying processes of garbage collection, emergency drives with the horn switched on, or the loading activities of goods deliveries.

Noise is an increasing problem in today's urbanized world. Currently 33 percent of the Austrian population state that noise is a burden to them. The term "noise" represents a negatively evaluated sound and can have a direct or indirect effect on people. Depending on the duration and volume, it can lead to concentration disorders or even cardiovascular diseases.

One of the most frequently cited causes of noise is traffic noise. Vehicles cause noise by the engine noise, as well as the rolling noise of the tires and by the wind turbulence when driving. This noise is calculated and displayed in coloured maps. However, noise immission maps only record noise from moving vehicles. However, some vehicles and activities generate additional noise immissions, which are documented in the following work.

In order to find out the noise-generating activities and the corresponding level peaks, noise measurements are carried out with a sound level meter. There are three separate data collections, which include the noise development of the garbage collection, the noise development during loading activities and the increase of the noise immission during the use of a horn.

Garbage collection is an important institution for the maintenance of waste disposal in Vienna. However, the emptying of garbage cans causes noise. By noise measurements with the help of a sound level meter, an emptying process is measured at two different locations in Vienna and afterwards compared with reference measurements from the same measuring location. The conclusion from these measurements shows that the banging of buckets swivelled against the garbage collection truck causes the greatest noise emissions. Garbage collection empties residual waste at least once a week at every address in Vienna, and in densely built-up areas the probability of being exposed to the noise of garbage collection several times a week is very high.

Loading activities are also among the additional traffic-related noise sources. The trips of the trucks to the respective dealers are included in the noise maps, but not the noise that occurs during loading or unloading. Here, a noise measurement is carried out at a grocery store and compared with a reference measurement. The folding and unfolding of the roll-off protection on the tail lift as well as the lowering of the roll carts from the tail lift occasionally causes disturbing level peaks. Deliveries to stores take place at least once a day, with several deliveries per day possible, if the store has a large turnover.

Emergency vehicles with their horns on are also a source of noise. Especially on main traffic routes and in the vicinity of hospitals, emergency vehicles can be heard more often. The measurement carried out clearly shows the sudden increase in decibels caused by a switched-on horn and thereby achieving the desired signal effect. Assuming that 10 percent of the missions use a horn, the three blue-light organizations ambulance, fire department and police use a horn every 7.9 minutes all over Vienna.

There are different solutions for the previously mentioned noise sources. The best approach to reduce noise is divided into three concepts, which are described with some examples.

The first concept is to prevent the generation of noise.

In order to achieve a reduction in the amount of traffic, public transport should be promoted and the implementation of the "city of short distances" should be advanced. A settlement structure with all forms of use in close proximity reduces the number of necessary car trips.

In order to reduce the number of garbage collection, it is necessary to reduce the amount of waste generated. Even small changes in everyday life contribute to waste reduction. Another way to reduce the noise of garbage collection is to use a different collection system. With the help of a pneumatic waste collection system, the waste is transported away via underground pipes and negative pressure and collected at central points. This system eliminates the need for container-based emptying.

Noise from loading activities can be reduced if multiple deliveries are combined into one delivery.

The second concept involves eliminating the problem at the source of the noise itself. These measures are less far-reaching than the previous ones, but they also result in a benefit for the entire population.

There would be an opportunity to install noise-reducing measures on the garbage collection truck to reduce the level peaks that occur. Another suggestion would be to convert the emptying mechanism to a low-noise operation.

In order to minimize the level peaks during the unloading process, it would be possible to dampen the unfolding and folding of the roll-off protection using noise-reducing measures or to install alternative roll-off protections. Changing the material of the rollers could also have a positive effect on noise immissions.

The third measure represents interventions at the point of immission. However, this only achieves local improvements.

A covered room layout, which is already considered in the planning phase, can contribute optimally to noise protection. To this end, it is important that adjoining rooms, such as wet rooms or staircases, separate the common rooms from the noise source. The right construction method and materials, as well as the right design, such as soundproof windows, also contribute to a better quality of life.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 <i>Ausgangslage</i>	1
1.2 <i>Problemstellung und Forschungsfrage</i>	3
1.3 <i>Systemabgrenzung</i>	4
1.4 <i>Zielsetzung</i>	4
2 Lärm	5
2.1 <i>Wahrnehmung</i>	5
2.1.1 <i>Frequenzbewerteter Schalldruckpegel</i>	7
2.1.2 <i>Zeitbewerteter Schalldruckpegel</i>	7
2.2 <i>Geometrische Ausbreitung von Lärm</i>	9
2.3 <i>Begriffe</i>	9
2.3.1 <i>Pegeladdition</i>	9
2.3.2 <i>Schalleistungspegel</i>	10
2.3.3 <i>A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$)</i>	10
2.3.4 <i>Maximalpegel mit Zeitbewertung Fast ($L_{A,F,max}$)</i>	10
2.3.5 <i>Minimalpegel ($L_{A,F,min}$)</i>	11
2.3.6 <i>Impulsbewerteter Mittelungspegel ($L_{A,l,m}$)</i>	11
2.3.7 <i>Maximalpegel mit Zeitbewertung Impuls ($L_{A,l,max}$)</i>	11
2.3.8 <i>Spitzenschalldruckpegel ($L_{C,pk}$ (MaxP))</i>	11
2.3.9 <i>Mittlerer Spitzenpegel ($L_{A,1}$)</i>	11
2.3.10 <i>Basispegel ($L_{A,95}$)</i>	12
2.3.11 <i>Anzahl der Spitzen</i>	12
2.3.12 <i>Lärmindex</i>	12
2.3.13 <i>Grundgeräuschpegel</i>	12
2.4 <i>Wirkung</i>	13
3 Verkehrslärm	15
3.1 <i>Lärmquellen (Emissionen)</i>	15
3.1.1 <i>Antriebsgeräusch</i>	15

3.1.2	Rollgeräusch	16
3.1.3	Windgeräusche	16
3.1.4	Elektrofahrzeuge	17
3.2	<i>Lärmkarten</i>	17
3.3	<i>Strategische Lärmkarten - Straßenverkehr</i>	18
4	Verkehrsbezogene Lärmquellen	21
4.1	<i>Müllabfuhr</i>	21
4.2	<i>Straßenreinigung, Schneeräumung</i>	21
4.3	<i>Lieferverkehr</i>	22
4.4	<i>Einsatzfahrzeuge</i>	22
5	Beschreibung des Messumfangs	24
5.1	<i>Messumfang Müllabfuhr</i>	24
5.2	<i>Messumfang Schneeräumfahrzeug</i>	25
5.3	<i>Messumfang Ladevorgang</i>	25
5.4	<i>Messumfang Einsatzfahrzeug</i>	26
6	ÖNORM S 5004	27
6.1	<i>Messgerät</i>	27
6.2	<i>Messpunkte</i>	27
6.3	<i>Beurteilungszeitraum</i>	28
6.4	<i>Meteorologische Einflüsse</i>	28
6.5	<i>Messverfahren</i>	28
6.6	<i>Erforderliche Messgrößen</i>	28
6.7	<i>Aufbau Messbericht</i>	29
6.8	<i>Messabweichungen</i>	30
7	Datenerhebung	31
7.1	<i>Das Messgerät</i>	31
7.2	<i>Messungen</i>	32
7.2.1	Müllabfuhr: Seefeldergasse 42, 1220 Wien	32
7.2.2	Referenzmessung: Seefeldergasse 42, 1220 Wien	36
7.2.2.1	Vergleich Messergebnis Müllabfuhr – Referenzmessung	38
7.2.3	Müllabfuhr: Mommsengasse 31, 1040 Wien.....	39
7.2.4	Referenzmessung: Mommsengasse 31, 1040 Wien.....	42
7.2.4.1	Vergleich Messergebnis Müllabfuhr – Referenzmessung	44

7.2.5	Ladevorgang: An den alten Schanzen 33, 1220 Wien.....	45
7.2.6	Referenzmessung: An den alten Schanzen 33, 1220 Wien.....	48
7.2.6.1	Vergleich Messergebnis Ladevorgang – Referenzmessung.....	50
7.2.7	Einsatzfahrzeug Messort: Alser Straße 69, 1080 Wien	51
7.3	<i>Häufigkeit des Auftretens von Lärmquellen</i>	55
7.3.1	Anzahl der Entleerungsfahrten der Müllabfuhr	55
7.3.2	Anzahl der Ladetätigkeiten.....	55
7.3.3	Anzahl der Einsatzfahrten	56
8	Analyse der Ergebnisse	57
8.1	<i>Ergebnisse Müllabfuhr</i>	57
8.2	<i>Messergebnisse Ladetätigkeit</i>	58
8.3	<i>Messergebnisse Einsatzfahrzeug</i>	58
8.4	<i>Zusammenfassung Messergebnisse</i>	58
9	Präventionsmaßnahmen & Lösungen	60
9.1	<i>Vermeidung von Lärmquellen</i>	60
9.1.1	Vermeidung von Verkehr	60
9.1.2	Geänderte Siedlungsstrukturen.....	61
9.1.3	Reduzierung Entleerungslärm.....	62
9.1.4	Alternative Müllsammelsysteme.....	62
9.1.5	Reduzierung des Lärms von Ladetätigkeiten	63
9.1.6	Standortwahl Einsatzzentralen.....	64
9.2	<i>Emissionen reduzieren</i>	64
9.2.1	Geschwindigkeitsreduzierung von 50 km/h auf 30 km/h.....	64
9.2.2	Verbesserungen Müllsammelfahrzeuge	64
9.2.3	Abrollsicherung Ladebordwand.....	66
9.2.4	Material der Rollen.....	67
9.3	<i>Immissionen reduzieren</i>	69
9.3.1	Lärmschutzwand.....	69
9.3.2	Raumaufteilung.....	70
9.3.3	Bauweise	71
10	Resümee	73
11	Danksagung	75
	Literaturverzeichnis	77
	Abbildungsverzeichnis	84
	Tabellenverzeichnis	86

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Themengebiet Lärm im Straßenverkehr. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Erfassung des Straßenverkehrslärms abseits vom klassischen Straßenverkehr. Zu diesen zusätzlichen Lärmquellen im Straßenverkehr zählen zum Beispiel die Entleervorgänge der Müllabfuhr, die Einsatzfahrten mit eingeschaltetem Folgetonhorn oder auch die Ladetätigkeiten von Warenzulieferungen. Auch die Schneeräumung und die Straßenreinigung sowie die Grünraumpflege zählen zu den zusätzlich anfallenden Lärmquellen. In weiterer Folge werden die Schallimmissionen mit Hilfe von Messungen ermittelt und den unterschiedlichen Verursachern zugeordnet. Im Anschluss werden Lösungsvorschläge erarbeitet, um die Störung durch den Lärm zu reduzieren.

1.1 Ausgangslage

Lärm stellt in der heutigen Zeit ein vermehrtes Problem dar. Mittlerweile geben 33 Prozent der österreichischen Bevölkerung an, dass Lärm sie belastet. In 40 Prozent der Fälle wird der Straßenverkehrslärm als Ursache genannt. Der Kfz-Lärm lässt sich auf Pkw, Lkw und Bus sowie Motorrad und Moped aufteilen. 46 Prozent geben den Pkw-Verkehr als Lärmquelle an, 35 Prozent fallen auf den Schwerverkehr und die übrigen 19 Prozent stellen den einspurigen Verkehr dar. In der Abbildung 1 ist erkennbar, dass 87 Prozent der Personenkilometer von Pkws zurückgelegt werden. 11 Prozent kommen auf den Lkw- und Busverkehr und nur 2 Prozent auf den einspurigen Verkehr. Trotz der geringen Menge an zurückgelegten Personenkilometern verursachen Motorräder und Mopeds eine große Störwirkung.¹

¹ Vgl [55]

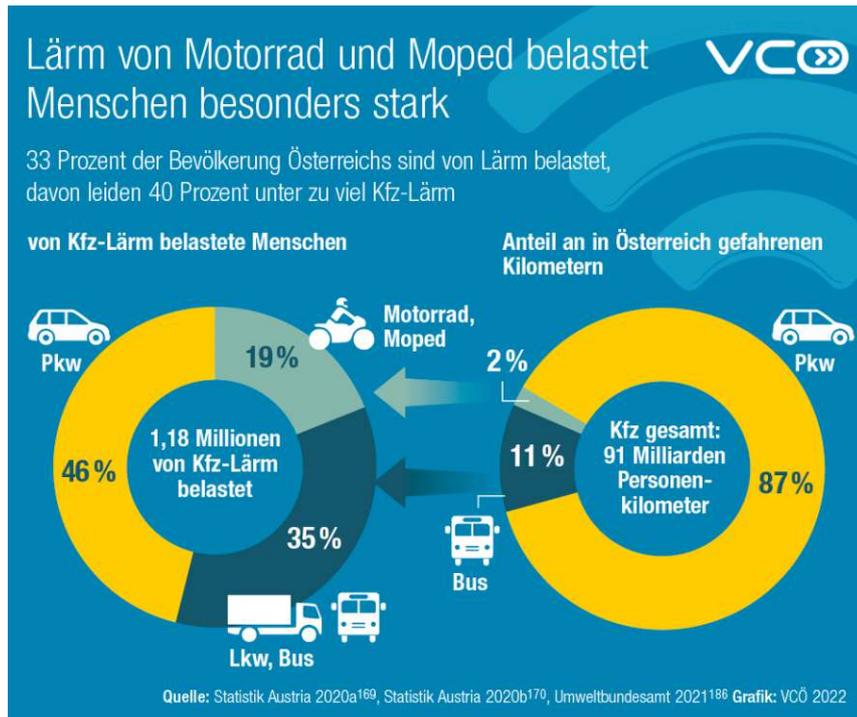


Abbildung 1: Lärmbelastung Kfz-Verkehr²

Ist man dauerhaft Lärm ausgesetzt, führt dies in den meisten Fällen zu Stress und anderen gesundheitlichen Problemen. Gehörschäden, Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder auch Konzentrationsprobleme sind nur ein paar der möglichen Auswirkungen. Besonders störend und schädlich ist Lärm in der Nacht. Schon ab 35 dB kann der Schlaf gestört werden, da das menschliche Gehör auch im Schlaf aktiv ist. 55 dB können zu einer Beeinträchtigung bei Gesprächen führen und bei einer längeren Einwirkung von 85 dB kann es zu Langzeitfolgen kommen.³

Gerade in großen Städten wie Wien spielt der Straßenverkehr eine große Rolle. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Lärmpegelerhebung an drei verschiedenen Orten im Straßenquerschnitt bei unterschiedlichen Verkehrsauslastungen. Die Auswertung wurde in der Straßenmitte, an der Gebäudefassade im 1. Stock und in einer Wohnung im 1. Stock bei geschlossenem Fenster durchgeführt. Der Abstand der Gebäude zur Straßenmitte betrug 19 Meter.

Bei einer sehr hohen Verkehrsstärke können in einer Wohnung bei geschlossenem Fenster Lärmpegel von 45 dB gemessen werden. Erst bei sehr geringen Verkehrsstärken führt der Verkehrslärm zu keinen Beeinträchtigungen mehr.⁴

² [55]

³ Vgl [34]

⁴ Vgl [13]

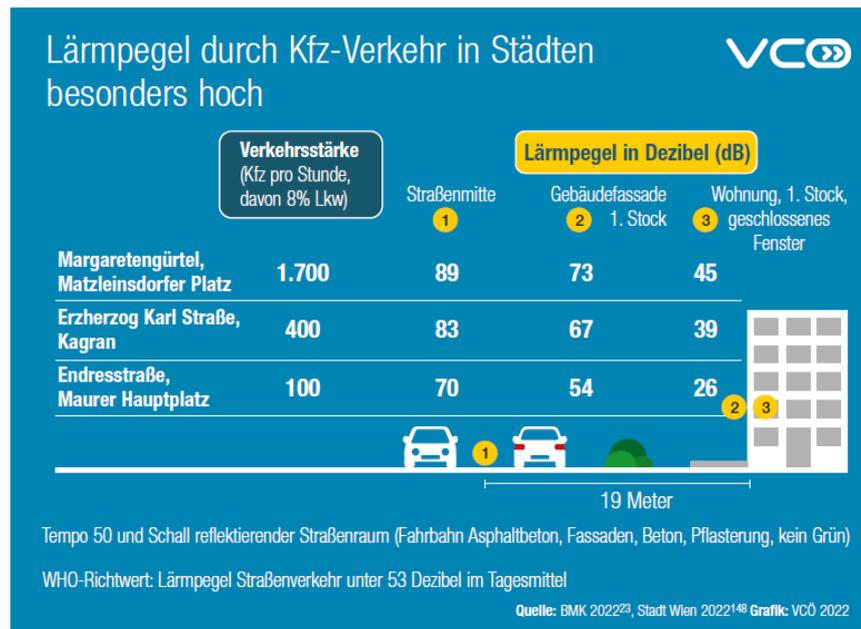


Abbildung 2: Lärmpegel durch Kfz-Verkehr in Wien⁵

Aufbauend auf dieser Ausgangslage werden im nachfolgenden Kapitel die entstehenden Problemstellungen und Forschungsfragen definiert.

1.2 Problemstellung und Forschungsfrage

Durch die zuvor beschriebene Ausgangslage wird deutlich, dass der Straßenverkehr einer der Hauptverursacher von Lärm ist. Bereits bestehende Lärmkarten zeigen einen guten Überblick, welche Lärmverhältnisse es in den unterschiedlichen Straßenzügen gibt. Jedoch wird in diesen Karten keine Rücksicht auf zusätzlich anfallenden Verkehr genommen, wie zum Beispiel die Müllabfuhr oder der Anlieferungsverkehr zu Supermärkten. Dieser „zusätzliche“ Verkehr verursacht ebenfalls störenden Lärm, beispielsweise durch die Entleerung der Mülltonnen. Im Zuge dieser Arbeit sollen diese weiteren Lärmquellen ermittelt werden und die Lärmbelastung, welche von ihnen ausgeht, gemessen werden. Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Welche Lärmquellen gibt es im Straßenverkehr, die nicht in Lärmkarten erfasst werden?
- Wie hoch sind die Pegelspitzen, die daraus entstehen?
- Wie oft und in welchem Umfang treten sie auf?
- Welche Lösungsvorschläge gibt es?

⁵ [13]

1.3 Systemabgrenzung

Der Bearbeitungsbereich erstreckt sich auf einzelne ausgewählte Gebiete im Stadtgebiet von Wien. Die Datenerhebung erfolgt als Freifeldmessung oder als Messung an der Gebäudefassade vor einem geöffneten Fenster. Die Dauer der Messung richtet sich nach der Dauer der lärmverursachenden Tätigkeit.

1.4 Zielsetzung

Mit dieser Arbeit soll ein Bewusstsein für alle bisher vernachlässigten Lärmquellen im Straßenverkehr geschaffen werden. Es soll einerseits gezeigt werden, welche Quellen vorhanden sind und andererseits wodurch die jeweiligen Spitzenpegel entstehen. Durch die Erkenntnisse dieser Problematik soll diese Arbeit auch den Anstoß liefern, neue Lösungsansätze zu finden, Vorschläge zu überdenken und bestehende Systeme zu verbessern.

2 Lärm

Geräusche entstehen durch Bewegungen von Teilchen um ihre Ruhelage, worauf diese Bewegung an die angrenzenden Teilchen in der Luft übertragen wird und diese dadurch ebenfalls in Schwingungen versetzt werden. Diese Schwingungen pflanzen sich longitudinalwellenförmig fort, wobei durch diese Verdickung und Verdünnung Druckschwankungen entstehen. Diese Druckschwankungen werden Schalldruck genannt und werden von unserem Gehör wahrgenommen.

Lärm besteht definitionsgemäß aus negativ bewerteten Schallimmissionen und führt zu Unbehagen und auch Gesundheitsstörungen.

Damit Geräusche zu Lärm werden, sind einige Faktoren zu beachten. Wie klingt das Geräusch? Welche Frequenz hat das Geräusch? Welchen Schalldruckpegel gibt es? Von welcher Person wird dieses Geräusch wahrgenommen und welche Einstellung hat sie dazu? Ebenfalls eine wichtige Rolle spielt der Zeitpunkt und der Ort an dem das Geräusch auftritt. Lärm wird daher als das subjektive Empfinden von störenden Geräuschen definiert, wobei jede Person unterschiedlich sensibel reagiert. Es hängt viel damit zusammen, welchen Bezug die Person zu dem Geräusch hat und wie die Einstellung dazu ist. Die eigenen spielenden Kinder empfinden die Eltern meistens nicht als Lärm, die Nachbarn vielleicht schon.⁶

2.1 Wahrnehmung

Die menschliche Wahrnehmung des Schalldruckes liegt zwischen 20 Mikropascal (μ Pa) und 100 Pa. Da dies eine sehr große Spannweite darstellt, wurde der Schalldruckpegel in Dezibel (dB) eingeführt, welcher wie folgend logarithmisch umgerechnet wird.

$$L = 20 \lg(p/p_0)$$

$$p_0 = 2 * 10^{-5} \text{ N/m}^2$$

„L“ ist der berechnete Schalldruckpegel, dieser Wert ist dimensionslos und wird in Dezibel angegeben.

„p“ stellt den Effektivwert des vorherrschenden Schalldrucks dar.

„p₀“ stellt den festgelegten Bezugsschalldruck dar.

⁶ Vgl [54]

Je nachdem wie viele Schwingungen pro Sekunde auftreten, verändert sich die Höhe beziehungsweise die Tiefe des Tons. Ist eine hohe Frequenz (Hz) vorhanden, handelt es sich um einen hohen Ton und umgekehrt. Das menschliche Gehör kann als niedrigste Frequenz ca. 16 Hz erfassen und als höchste Frequenz ungefähr 16.000 Hz, wobei dies bei jüngeren Leuten auch 20.000 Hz sein können.⁷

Der Lautstärkepegel gibt den Höreindruck wieder und wird in der Einheit Phon angegeben.

„Der kleinste wahrnehmbare Schalldruck wird als Hörschwelle bezeichnet – er ist von der Frequenz abhängig. Der hohe Schalldruck, bei dem der Höreindruck in einen Schmerzdruck übergeht, wird als Schmerzschwelle bezeichnet, dazwischen liegt der Hörbereich des menschlichen Ohres.“⁸

Die nachfolgende Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen dem Schalldruck der Frequenz und dem Lautstärkepegel.

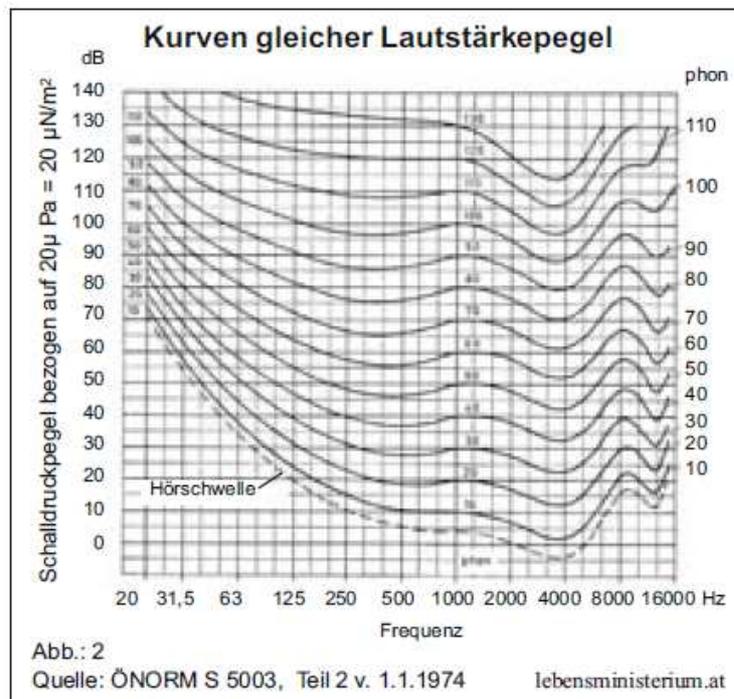


Abbildung 3: Hörschwelle und Kurven gleicher Lautstärke für Sinustöne im freien Schallfeld bei zweihrigem Hören⁹

„Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass hohe und tiefe Töne (Schallwellen hoher und niedriger Frequenzen) vom menschlichen Ohr anders laut wahrgenommen werden, als

⁷ Vgl [54]

⁸ [14] Seite 1

Töne im mittleren Frequenzbereich, selbst wenn sie physikalisch den gleichen Schalldruck aufweisen.“⁹

Das nachfolgende Zitat ist aus einer Veröffentlichung aus dem Jahr 1994. Die darin angeführten Normen sind nicht mehr aktuell, jedoch beschreibt es den Zusammenhang in der Abbildung 3 sehr gut.

„Bild 1 zeigt die Hörschwelle und die Schmerzschwelle und dazwischen die Kurven gleicher Lautstärkepegel in Abhängigkeit von der Frequenz nach ÖNORM S 5003, Teil 2. Die Kurven gleicher Lautstärkepegel verbinden alle diese Schalldruckpegelwerte in Abhängigkeit von der Frequenz, die jeweils gleich laut vom Menschen wahrgenommen werden. Das Bild zeigt deutlich, daß das menschliche Ohr den gleichen Schalldruck bei verschiedenen Frequenzen verschieden laut empfindet (es ist bei 1000 – 4000 Hz am empfindlichsten und bei den tiefen Frequenzen am unempfindlichsten) und auch, daß die Frequenzabhängigkeit bei verschiedenen Schalldrücken verschieden ist (sie ist am ausgeprägtesten bei den ganz kleinen Schalldrücken). Daraus ist ersichtlich, daß es nicht einfach ist, den Höreindruck für den Menschen messtechnisch zu erfassen.“¹⁰

2.1.1 Frequenzbewerteter Schalldruckpegel

Da das menschliche Gehör bei unterschiedlichen Frequenzen Töne verschieden laut wahrnimmt, obwohl der Schalldruckpegel gleich bleibt, wurde eine Frequenzbewertung eingeführt. Zwei häufig vorkommende Frequenzbewertungen stellen die A-Bewertung und die C-Bewertung dar.

Der sogenannte A-bewertete Schalldruckpegel berücksichtigt, dass Geräusche in einer Frequenz zwischen 1000 – 4000 Hz lauter wahrgenommen werden und niedrige Frequenzen weniger laut. Er umfasst die menschliche Hörschwelle.

Die C-Bewertung dient dazu Spitzenpegel und die damit zusammenhängende Schmerzschwelle besser darzustellen.¹¹

2.1.2 Zeitbewerteter Schalldruckpegel

Die Zeitbewertung gibt die Anzeigetragheit von Messgeräten wieder. Diese wird im Vorfeld eingestellt und sind in den Normen zu Schallpegelmessgeräten festgelegt.

Wird die Zeitbewertung „Slow“ (langsam) verwendet, ergibt sich eine Abtastrate von einer Sekunde. Dies führt zu einem geglätteten und ruhigen Verlauf der Darstellung. Bei der

⁹ [54] Seite 26

¹⁰ [14] Seite 1

¹¹ Vgl [54]; Vgl [1]

Einstellung „Fast“ (schnell) ist eine Abtastrate von 125 Millisekunden (ms) eingestellt. Dadurch sind Pegelspitzen deutlicher sichtbar, jedoch ist auch das Bild unruhiger. Die Einstellung „Impulse“ (Impuls) hat einen schnellen Pegelanstieg von 35 ms und eine langsame Abklingrate mit 1500 ms. Jedoch ist diese Einstellung in der aktuellen Norm für Schallpegelmesser nicht mehr enthalten. In Abbildung 4 sind die beschriebenen Zusammenhänge grafisch dargestellt.¹²

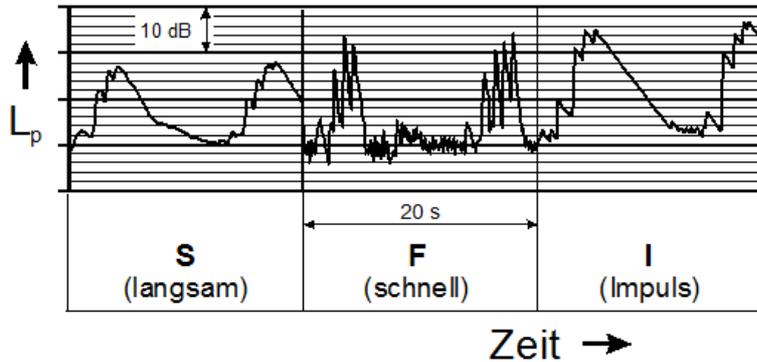


Abbildung 4: Darstellung der unterschiedlichen Zeitbewertungen¹³

Die Messmethode „peak“ (Spitze) gibt zusätzlich zu den zuvor gewählten Einstellungen „Fast“, „Slow“ oder „Impulse“ die absoluten Spitzenwerte jedes Geräusches nahezu verzögerungsfrei wieder. In Abbildung 5 wird das Schallsignal mit der blauen Linie dargestellt. Die schwarze durchgehende Linie zeigt die Einstellung mit der Zeitbewertung „Slow“, die strichlierte Linie die Zeitbewertung „Fast“. Zu sehen ist, dass die Spitzenwerte dokumentiert werden und in der Grafik mit dem Verweis „Peak“ gekennzeichnet sind.¹⁴

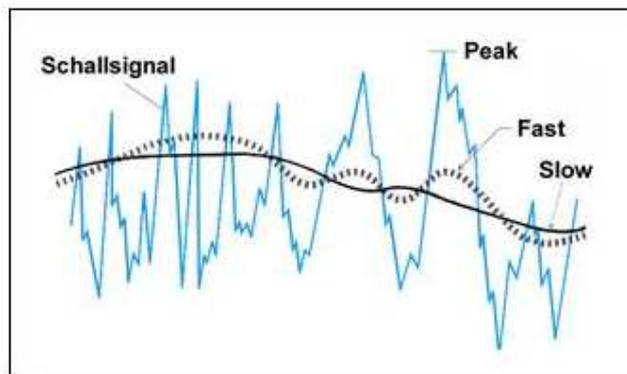


Abbildung 5: Zeitbewertung "peak"¹⁵

¹² Vgl [1]; Vgl [10]

¹³ [1]

¹⁴ Vgl [1]

¹⁵ [1]

2.2 Geometrische Ausbreitung von Lärm

Die Ausbreitung von Lärm ist räumlich veränderlich. Das bedeutet, dass sich der Schall in alle drei Raumrichtungen kugelförmig ausbreitet und mit der Entfernung abnimmt. Je nachdem ob eine Schallquelle als Punktschallquelle, Linienschallquelle oder als Flächenschallquelle definiert ist, verhält sich die Abnahme des Schalls unterschiedlich. Als Punktquelle können einzelne kleine Quellen, wie zum Beispiel Maschinen, definiert werden. Eine Linienquelle stellt zum Beispiel ein Straßenzug dar. Als Flächenquelle kann ein Industriegebiet gesehen werden, wobei beachtet werden muss, dass aus großer Entfernung eine flächige Quelle auch wie eine Punktquelle definiert werden kann. Für die Pegelabnahme mit der Entfernung gibt es folgende Faustformeln, siehe Tabelle 1, wobei diese für Luftschall im Freien mit ungehinderter Ausbreitung gelten.¹⁶

Faustformeln Pegelabnahme mit der Entfernung	
Quellart	Pegelabnahme je Abstandsverdoppelung [dB]
Punkt	6
Linie	3
Fläche	0 bis 6

Tabelle 1: Faustformeln für Pegelabnahme mit der Entfernung¹⁷

2.3 Begriffe

Nachfolgend werden die wichtigsten Begriffe zum Thema Lärmmessung, welche in dieser Arbeit verwendet werden bzw. zum Verständnis beitragen, erklärt.

2.3.1 Pegeladdition

Treten mehrere Schallpegel gleichzeitig auf, summieren sich die Dezibel nicht nach den klassischen arithmetischen Rechenregeln. Da es sich um logarithmische Größen handelt, muss auf die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Pegeladdition geachtet werden. Wenn beispielweise zwei gleiche Schallquellen addiert werden, verdoppelt sich die

¹⁶ Vgl [54]

¹⁷ [54] Seite 31

Schallleistung, der Schallpegel erhöht sich jedoch nur um 3 dB unabhängig von der absoluten Pegelhöhe.

$$L_{gesamt} = 10 \lg(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}) \text{ in dB}^{18}$$

2.3.2 Schalleistungspegel

„Die Schallleistung ist die von einer Schallquelle je Zeiteinheit abgestrahlte Schallenergie und kann z.B. in W (Watt) angegeben werden. Daraus errechnet sich der Schalleistungspegel L_W nach der folgenden Gleichung unter Bezug auf die Bezugsschallleistung P_0 :

$$L_W = 10 \lg(P/P_0) \text{ in dB}$$

P : Schallleistung

P_0 : Bezugsschallleistung ($P_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W}$)

Der Schalleistungspegel L_W ist ein Maß für die von einer Maschine insgesamt abgestrahlte Schallenergie (Geräuschemission) je Zeiteinheit und ist unabhängig von der räumlichen Aufstellung (Schallreflexionen) und von Fremdgeräuschen durch benachbarte Maschinen.“¹⁹

2.3.3 A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$)

In den meisten Fällen treten Geräusche mit einer Vielzahl von Frequenzen und unterschiedlichen Schallpegeln auf und zusätzlich noch von mehreren Schallquellen. Ein Beispiel stellt der Verkehr dar. Auf der Straße fahren unterschiedliche Fahrzeuge mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und auch die Anzahl variiert je nach Zeitpunkt. Der energieäquivalente Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$) mit A-Bewertung ist jener Schallpegel, welcher dieselbe Schallenergie besitzt, wie sie bei Schallmessungen über einen bestimmten Zeitraum mit schwankenden Schallpegeln auftritt.²⁰

2.3.4 Maximalpegel mit Zeitbewertung Fast ($L_{A,F,max}$)

Der $L_{A,F,max}$ ist der höchste Schalldruckpegel, welcher mit der Zeitbewertung „Fast“ und der A-Frequenzbewertung gemessen wurde, innerhalb der Messdauer.²¹

¹⁸ Vgl [54] Seite 30

¹⁹ [1]

²⁰ Vgl [54]; Vgl [38]; Vgl [25]

²¹ Vgl [54]; Vgl [56]

2.3.5 Minimalpegel ($L_{A,F,min}$)

Der $L_{A,F,min}$ ist der niedrigste Schalldruckpegel, welcher mit der Zeitbewertung „Fast“ und der A-Frequenzbewertung gemessen wurde, innerhalb der Messdauer.²²

2.3.6 Impulsbewerteter Mittelungspegel ($L_{A,I,m}$)

Der $L_{A,I,m}$ stellt einen Mittelungspegel dar, welcher mit Impuls- und A-Bewertung ermittelt wurde.²³

2.3.7 Maximalpegel mit Zeitbewertung Impuls ($L_{A,I,max}$)

Der $L_{A,I,max}$ ist der höchste Schalldruckpegel, welcher mit der Zeitbewertung „Impuls“ und der A-Frequenzbewertung gemessen wurde, innerhalb der Messdauer.²²

2.3.8 Spitzenschalldruckpegel ($L_{C,pk}$ (MaxP))

Der Spitzenschalldruckpegel wird mit der C-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „peak“ ermittelt. Er stellt den höchsten Schalldruckpegel innerhalb der Messdauer dar. Mit Hilfe des Spitzenschalldruckpegels können akut gefährdende Schallereignisse besser beurteilt werden.²⁴

2.3.9 Mittlerer Spitzenpegel ($L_{A,1}$)

„ $L_{A,1}$ der in 1% der Messzeit überschrittene A-bewertete, mit der Zeitbewertung F (Fast) ermittelte Schalldruckpegel der Schallpegel-Häufigkeitsverteilung eines beliebigen Geräusches.“²⁵

²² Vgl [56]

²³ Vgl [40]

²⁴Vgl [2]

²⁵ [39] Seite 5

2.3.10 Basispegel ($L_{A,95}$)

„ $L_{A,95}$ der in 95% der Messzeit überschrittene A-bewertete, mit der Zeitbewertung F (Fast) ermittelte Schalldruckpegel der Schallpegel-Häufigkeitsverteilung eines beliebigen Geräusches.“²⁶

2.3.11 Anzahl der Spitzen

Dieser Wert zählt, wie viele Sekunden ein bestimmter Spitzenpegel während der Messzeit überschritten wurde.²⁷

2.3.12 Lärminde

Der Lärminde stellt einen gemittelten Wert des Umgebungslärms über einen Zeitraum von einem Jahr dar. Unterschieden wird in die unterschiedlichen zeitlichen Abschnitte eines Tages.

L_{day}	Taglärminde für die Belastung während des Tages (06:00 bis 19:00 Uhr)
$L_{evening}$	Abendlärminde für die Belastung während des Abends (19:00 bis 22:00 Uhr)
L_{night}	Nachtlärminde für die Belastung in der Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr)
L_{den}	Tag-Abend-Nacht-Lärminde, ermittelt nach

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} [13 * 10^{L_{day}/10} + 3 * 10^{(L_{evening}+5)/10} + 8 * 10^{(L_{night}+10)/10}]$$
²⁸

2.3.13 Grundgeräuschpegel

Der Grundgeräuschpegel ist jener Schalldruckpegel welcher vorherrscht, selbst wenn alle näheren Schallquellen abgeschaltet sind.

„Der geringste an einem Ort während eines bestimmten Zeitraumes gemessene A-bewertete Schalldruckpegel in dB, der durch entfernte Geräusche verursacht wird und bei dessen Einwirkung Ruhe empfunden wird. Er ist der niedrigste Wert, auf welchen die Anzeige des Schallpegelmessers (Anzeigedynamik „schnell“) wiederholt zurückfällt.“²⁹

²⁶ [39] Seite 5

²⁷ Vgl [56]

²⁸ [54] Seite 209

²⁹ [54] Seite 35

2.4 Wirkung

Wie bereits anfangs erwähnt, hängt die Empfindung von Lärm von unterschiedlichen Faktoren ab. Die physikalischen Größen welche eine Rolle spielen, sind der Schalldruckpegel sowie die Frequenz und der Schalleistungspegel. Ebenfalls spielt die persönliche Einstellung zu dem Geräusch eine wichtige Rolle. In Zusammenhang dazu steht das Alter der Person und die Lärmempfindlichkeit aber auch das soziale Umfeld. Die Situation in welcher das Geräusch wahrgenommen wird, ist für das Empfinden ebenfalls entscheidend. Es macht einen Unterschied an welchem Ort und zu welcher Zeit das Geräusch auftritt und welche Tätigkeit gerade ausgeführt wird.

Lärm kann auf zwei verschiedene Arten auf uns einwirken.

In direkter Form, zum Beispiel an einem lauten Arbeitsplatz oder durch Musik, aber auch in indirekter Form. Je nach Dauer und Lautstärke der direkten Einwirkung kann es zu Konzentrationsschwierigkeiten bis hin zu irreversiblen Hörschäden kommen, wie zum Beispiel einem Tinnitus. Die beste Vorbeugung gegen solche Probleme stellen die Vermeidung bzw. bewusste Lärmpausen dar. Laut Arbeitnehmerschutzgesetz gibt es eine Begrenzung von 85 dB bzw. einen Spitzenwert von 135 dB, der nicht überschritten werden soll, da es danach gesundheitsgefährdende Auswirkungen hat. Hörakustiker der Firma Geers warnen mit folgenden Aussagen:

„Ab 40 dB: Lern- und Konzentrationsstörungen möglich

Ab 60 dB: Hörschäden nach längerer Einwirkung möglich

Ab 65 dB: 20% erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei längerer Einwirkung

Ab 85 dB: Beschädigungsbereich, vor allem an lauten Arbeitsplätzen

Ab 120 dB: Hörschädigung schon nach kurzer Einwirkung möglich“³⁰

In indirekter Form hat die Lärmeinwirkung ebenfalls eine negative Auswirkung auf den Menschen, wobei nicht die Lautstärke, sondern die Beständigkeit der ausschlaggebende Punkt ist. Evolutionsbedingt lässt sich das Hören auch im Schlaf nicht abschalten. Bekommt das Gehirn einen akustischen Reiz, wird der Körper in Alarmbereitschaft versetzt und es werden Stresshormone ausgeschüttet. Diese Auswirkung wird bei dem Einsatz von Sirenen oder Hupen bewusst genutzt. Kommt es jedoch dauerhaft oder über längere Zeiträume zu Lärmeinwirkungen, werden ebenfalls Stresshormone ausgeschüttet, welche negative Einflüsse haben. Die dauerhafte Belästigung durch Lärm kann Krankheiten hervorrufen oder schon bestehende Krankheiten verschlechtern. In weiterer Folge können durch Lärmeinwirkung Schlafstörungen hervorgerufen werden. Diese verursachen wiederum eine verringerte Leistungsfähigkeit, Müdigkeit oder auch Kopfschmerzen, um einen

³⁰ [9]

kleinen Einblick zu geben. Aus diesem Grund gibt es eine Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation, dass nachts in Schlafräumen ein Pegel von 30 dB bzw. einzelne Spitzenpegel von 45 dB nicht überschritten werden sollen.³¹

³¹ Vgl [54]; Vgl [53]; Vgl [9]

3 Verkehrslärm

Der Verkehrslärm setzt sich aus vielen Komponenten zusammen. Die drei größten Unterteilungen sind der Schienenverkehrslärm, der Flugverkehrslärm und der Straßenverkehrslärm. Im nachfolgenden Kapitel wird auf die Lärmquellen und die Darstellung beziehungsweise die Dokumentation des Straßenverkehrslärms näher eingegangen.

3.1 Lärmquellen (Emissionen)

Im Straßenverkehr gibt es verschiedene Lärmquellen, welche die unterschiedlichsten Emissionsorte aufweisen und dadurch auch unterschiedliche Lärminderungsansätze benötigen. Lärm entsteht zum Beispiel vom Motor und der Auspuffanlage, aber auch das Rollen der Reifen, sowie die Strömungsgeräusche durch die Verdrängung der Luft verursachen Lärm. In der nachfolgenden Abbildung sind die Entstehungsorte der Schallabstrahlung eines Fahrzeugs eingezeichnet.³²



3.1.1 Antriebsgeräusch

Das Antriebsgeräusch von Kfz-Fahrzeugen entsteht durch den Motor und den dazugehörigen Aggregaten sowie der Auspuffanlage und der Ansaugung. Das Geräusch selbst ist nur von der Motorbelastung und der Drehzahl abhängig. Somit begünstigt untertouriges Fahren nicht nur den Spritverbrauch, sondern auch den Lärmpegel. Über die letzten Jahre

³² Vgl [36]

hat sich das Antriebsgeräusch bei neuzugelassenen Fahrzeugen vermindert, jedoch ist diese positive Entwicklung kaum spürbar, da die Anzahl der Fahrzeuge zunahm.³³

3.1.2 Rollgeräusch

Das Rollgeräusch ist von der Geschwindigkeit, dem Reifen und der Fahrbahnbeschaffenheit abhängig. Es entsteht durch das Verschließen von Luft in kleinen Hohlräumen zwischen dem Reifen und der Fahrbahn und dem erneuten Öffnen („Air-Pumping-Effekt“).

„Durch die Unebenheit der Fahrbahn wird der Reifen beim Abrollen zu Radialschwingungen angeregt. Die dadurch hervorgerufene Geräuschabstrahlung ist umso stärker, je unebener und rauer die Straßenoberfläche ist.“³⁴

Das Rollgeräusch entsteht in einem Geschwindigkeitsbereich zwischen 35 km/h und 50 km/h, wobei es ab diesem Geschwindigkeitsbereich das dominante Geräusch im Vergleich zum Antriebsgeräusch darstellt. Durch schwere Fahrzeuge mit breiten Reifen wird das Geräusch verstärkt. Es existieren EU-Richtlinien, welche die Grenzwerte für die Geräuschemission von Reifen regeln. Die Fahrbahnbeschaffenheit ist ein wichtiger Einflussfaktor beim Rollgeräusch. Besitzt die Fahrbahnoberfläche eine offenporige Deckschicht, kann dies einen positiven Einfluss auf die Lärmentwicklung haben. Zurzeit wird viel an neuen Fahrbahnbelägen und Oberflächen geforscht, um eine bessere und dauerhafte Lärmreduktion zu ermöglichen.³³

3.1.3 Windgeräusche

Windgeräusche sind von den Windverhältnissen selbst, der gefahrenen Geschwindigkeit und dem aerodynamischen Aufbau der Fahrzeugkarosserie abhängig. Dominant werden die Windgeräusche bei Pkws ab einer Geschwindigkeit von ca. 130-140 km/h. Bei Kleintransportern tritt dies schon ab einer Geschwindigkeit von ca. 80-100 km/h ein. Herrschen Gegenwindverhältnisse kann das Windgeräusch schon bei niedrigeren Geschwindigkeiten dominant werden, da durch den Gegenwind höhere Strömungsgeschwindigkeiten vorherrschen. Genau entgegengesetzt ist das Verhalten bei Rückenwind.³⁵

³³ Vgl. [54]; Vgl [36]

³⁴ [54] Seite 64

³⁵ Vgl. [3]

3.1.4 Elektrofahrzeuge

Der Vorteil von Elektrofahrzeugen besteht darin, dass sie sehr geringe Antriebsgeräusche erzeugen. Um jedoch die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten, ist in der EU-Verordnung Nr.540/2014 festgelegt, dass alle neuzugelassenen Fahrzeuge ab dem 1. Juli 2021 ein „Acoustic Vehicle Alert System“ (AVAS) besitzen müssen. Das AVAS dient dazu, in einem Geschwindigkeitsbereich zwischen 0-20 km/h ein Warngeräusch zu erzeugen. Das Geräusch soll mit dem Geräusch eines Verbrennungsmotors vergleichbar sein und das Fahrverhalten widerspiegeln. Die Untergrenze bei 10 km/h ist ein Schalldruckpegel mit 50 dB und 56 dB bei 20 km/h. Die Obergrenze von 75 dB darf nicht überschritten werden. Die Dezibelwerte beziehen sich jeweils auf eine A-Frequenzbewertung.

Das Elektrofahrzeug hat aus lärmtechnischer Sicht einen großen Vorteil in Gebieten mit langsamer Fahrgeschwindigkeit, wie Ortsgebiete oder 30er-Zonen. Da das Rollgeräusch erst ab einem Geschwindigkeitsbereich zwischen 35 – 50 km/h maßgebend wird, erzeugt das Elektrofahrzeug in diesem Geschwindigkeitsbereich weniger Lärm. Auch Busse und Müllsammelfahrzeuge sollen durch Elektroantriebe den Stadtverkehr leiser machen. Bei höheren Geschwindigkeiten gleicht die weitere Lärmentwicklung von Elektrofahrzeugen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.³⁶

3.2 Lärmkarten

Lärmkarten dienen dazu, den Lärm bzw. die Schallausbreitung graphisch darzustellen. Die Schallwellen breiten sich in alle Richtungen aus und sind zu unterschiedlichen Zeitpunkten verschieden wahrnehmbar. In den Lärmkarten wird diese Komplexität auf zweidimensionale Grafiken heruntergebrochen.

Isophone sind Linien welche zeigen, in welchen Bereichen der gleiche Schalldruck herrscht. Die Unterteilung erfolgt meist in 5 dB Schritten, wobei darauf hingewiesen wird, dass an den Übergängen von zwei Linien ein fließender Verlauf stattfindet. In jeder Karte gibt es ein Betrachtungsniveau, welches meist 1 m über dem Boden ist. Bei der Auswertung von lärmtechnischen Problemen ist es in vielen Fällen sinnvoll, Lärmkarten von Teilimmissionen zu erstellen. Diese beinhalten die Schallausbreitung von einer maßgebenden Lärmquelle. Diese Vorgehensweise ermöglicht das Auffinden von Problemstellen und liefert einen Überblick, welche Maßnahmen am besten gesetzt werden können. Die Gesamtimmissionskarten beinhalten die Summe aller Teilimmissionen und dienen in erster Linie zum Vergleich mit den vorgegebenen Richtwerten. Die Abbildung 7 zeigt einen Ausschnitt aus einer Gesamtimmissionskarte mit zugehöriger Pegelskala. Zu sehen ist ein Lageplan mit einem Musterbetrieb sowie Anrainer zwischen einer Straße und einer Eisenbahnstrecke. Grün eingefärbte Flächen würden Bereiche mit geringen Dezibel-

³⁶ Vgl. [42]; Vgl [26]

werten anzeigen, violette Bereich stellen hohe Dezibelwerte dar. Die Farbabstufung auf der Pegelskala verändert sich von grün zu gelb und weiter zu rot bis violett.³⁷

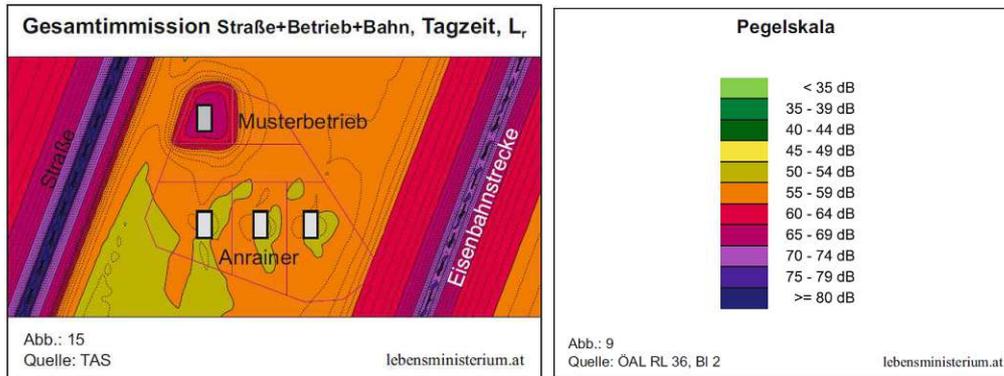


Abbildung 7: Darstellung Gesamtimmission inklusive Pegelskala³⁸

3.3 Strategische Lärmkarten - Straßenverkehr

Strategische Lärmkarten werden vom Bund und den Ländern für den Straßenverkehrslärm, den Eisenbahnverkehrslärm, für den Flugverkehrslärm, für Ballungsräume als auch für Industrieanlagen erstellt.³⁹

Die Ermittlung des Straßenverkehrslärms erfolgt rechnerisch, wobei eine wichtige Datengrundlage die abschnittsbezogenen Verkehrszahlen (JDTV) sind. Die Abkürzung JDTV steht für „jahresdurchschnittlicher Tagesverkehr“. Die erforderlichen Daten für die Ermittlung des Straßenverkehrslärms ergeben sich aus der Anzahl der Pkw bzw. Lkw welche täglich auf den Straßen unterwegs sind. Bei Hauptverkehrsstraßen, also Autobahnen und Schnellstraßen wird der Verkehrslärm ab einer Auslastung von 3 Millionen Fahrzeugen pro Jahr aufgezeichnet. Die Erhebung der Daten des jährlich durchschnittlichen Tagesverkehr (JDTV) erfolgt durch Verkehrszählungen.

Für die Stadt Wien wird zwischen zwei verschiedenen Auswertungen unterschieden. Eine Karte bezieht sich auf den Lärmindex Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{den} . In diesem werden für die Abendstunden 5 dB Zuschlag hinzugerechnet und für die Nachtstunden 10 dB, da der Abend- und Nachtzeitraum strenger beurteilt wird. In der Abbildung 8 ist der Bereich rund um den Karlsplatz zu sehen mit dem eingestellten 24 Stunden-Durchschnittswert L_{den} . Die zweite Auswertung stellt nur den Nacht-Lärmindex L_{night} dar. Zu sehen ist dieser Wert in Abbildung 9, ebenfalls für den Bereich rund um den Karlsplatz. Die Erhebung der Lärmimmissionen erfolgt über ein Jahr und kann mit den Grenzwerten von

³⁷ Vgl. [54]; Vgl [11]

³⁸ [54] Seite 51

³⁹ Vgl [35]

60 dB für den L_{den} und 50 dB für den L_{night} verglichen werden. Das Bezugsniveau beträgt 4 m über dem Boden, wobei es vereinzelt auch Karten mit einem Bezugsniveau mit 1,5 m über den Boden gibt. Die flächenhafte Ausbreitung des Schalls wird rechnerisch ermittelt. Folgende Faktoren gehen in diese Berechnung ein: die Verkehrsstärke, die Art der Fahrzeuge, die Geschwindigkeit aber auch die Bebauung, die Bodenbeschaffenheit, der Abstand, die Abschirmung oder die Witterungsverhältnisse. Die der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellten Karten dienen der Information, es können jedoch keine individuellen Daten abgeleitet werden. Für die Berechnung werden mehrere Vereinfachungen getroffen. Beispielsweise wird mit der maximalen Höchstgeschwindigkeit gerechnet und nicht mit der tatsächlich gefahrenen, es wird nur eine Reflexion herangezogen oder es wird von guten Witterungsverhältnissen ausgegangen.⁴⁰

„Die ausgewiesenen Immissionswerte können daher - insbesondere natürlich auch bei Vorliegen lokaler Lärmquellen, welche nicht in den Bearbeitungsumfang der Umgebungs-lärmgesetzgebung fallen - von der tatsächlichen Lärmbelastung abweichen.“⁴¹

Das vorherige Zitat sagt deutlich, dass Lärmquellen welche lokal entstehen oder nicht in den Bearbeitungsumfang des Umgebungslärms gehören, nicht berücksichtigt werden können. Aus diesem Grund ist eine Betrachtung der zusätzlichen Lärmquellen notwendig.

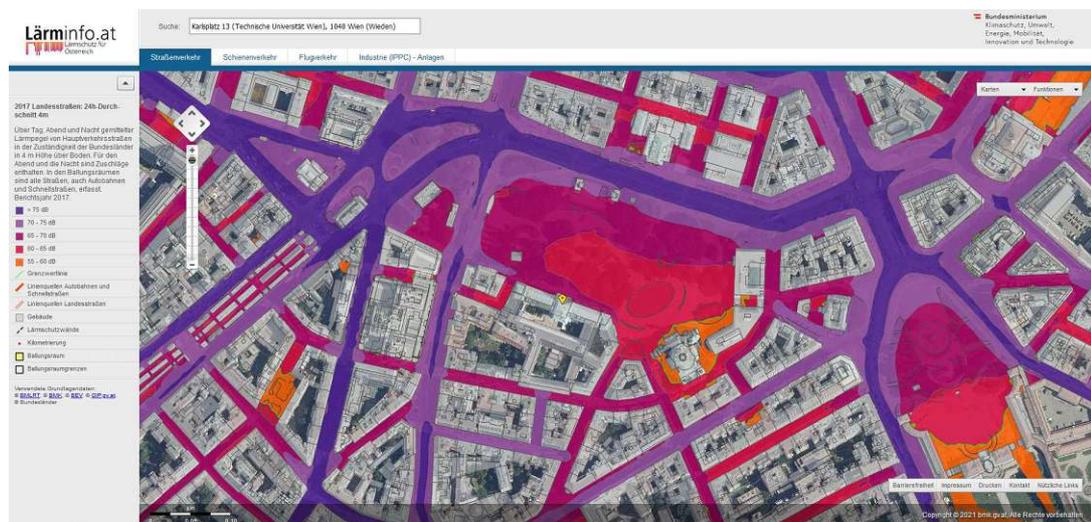


Abbildung 8: Karlsplatz 24h-Durchschnitt, 4 m⁴²

⁴⁰ Vgl [35]

⁴¹ [35]

⁴² [37]

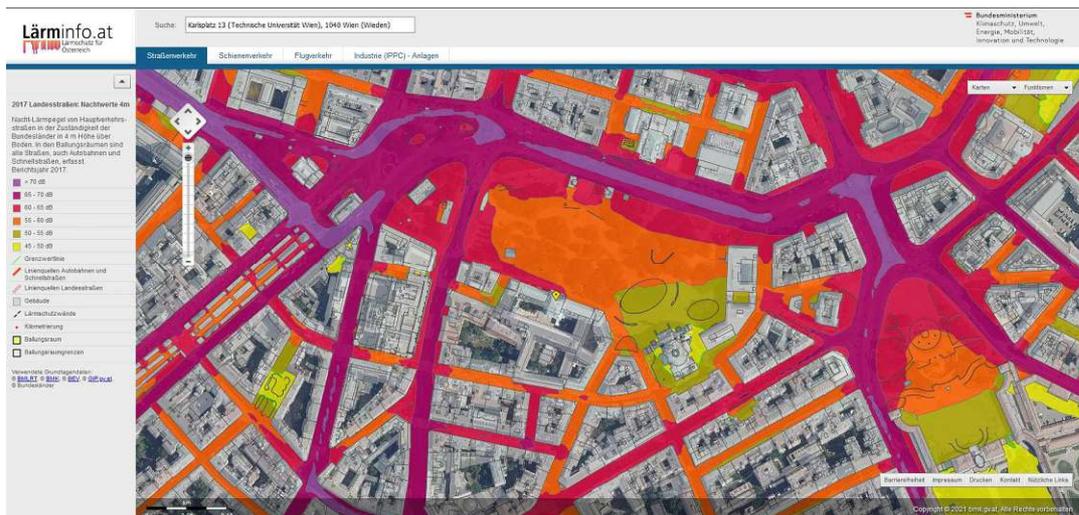


Abbildung 9: Karlsplatz Nachtwerte, 4 m⁴³

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

⁴³ [37]

4 Verkehrsbezogene Lärmquellen

Das Kapitel 4 „Verkehrsbezogene Lärmquellen“ soll einen Überblick geben, welche zusätzlichen Lärmquellen im Straßenverkehr auftreten können und in den Lärmkarten keine Berücksichtigung finden.

4.1 Müllabfuhr

Die Müllabfuhr hat in Wien eine lange Tradition und ist einem ständigen Wandel unterzogen. Dieser Wandel ist der Veränderung der Lebensumstände geschuldet. Die Abfälle haben sich verändert, von Anfangs Asche und Biomüll über Restmüll bis zur vermehrten Trennung der Müllarten und Wiederverwertung.

Die Magistratsabteilung 48 ist in Wien für die Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und den Fuhrpark zuständig. Täglich sind bis zu 265 Fahrzeuge der Müllabfuhr auf Wiens Straßen unterwegs. Die Entleerung der Behälter erfolgt wochentags in einem Zeitraum von 06:00 – 14:00 Uhr. Ausnahmen stellen Feiertage unter der Woche dar, in diesen Wochen verschiebt sich die Entleerung um einen Tag und wird dann auch am Samstag ausgeführt. Der Fuhrpark der Müllabfuhr besteht aus dieselbetriebenen Lkws mit integrierter Müllverdichtung und Behälterentleerung mit einem Fassungsvermögen von max. 13 Tonnen und einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von 26 Tonnen.

Seit dem Jahr 2019 gibt es ein Prototyp-Müllsammelfahrzeug bei der Abfallwirtschaft, welches vollkommen elektrisch betrieben wird. Das heißt, sowohl der Antrieb als auch das Entleeren und Verdichten der Tonnen erfolgt elektrisch. Dadurch kommt es zu weniger Umweltbelastungen und auch weniger Lärm. Momentan befindet sich dieses Fahrzeug in der Testphase und wird auf unterschiedlichen Strecken mit unterschiedlichen Abfallstoffen gefahren, um Daten für die beste Eignung zu sammeln.⁴⁴

4.2 Straßenreinigung, Schneeräumung

Einen wichtigen Beitrag zur Reinigung der Stadt leisten die Mitarbeiter der Straßenreinigung. Ihr Tätigkeitsfeld ist weit gefächert, es beinhaltet die allgemeine Straßen- und Gehsteigreinigung, den Winterdienst, die Grünflächenreinigung, die Entleerung der Papierkörbe und viele weitere Punkte.

⁴⁴ Vgl [50]; Vgl [48]; Vgl [47]

Viele dieser Arbeiten verursachen Lärmemissionen, welche in den Lärmkarten nicht berücksichtigt werden. Kommt es zu Schneefällen, ist in Österreich jeder Grundeigentümer innerhalb des Ortsgebietes verpflichtet, Gehsteige und Gehwege in einem Zeitraum von 06:00 – 22:00 Uhr vom Schnee zu befreien, wenn der Gehweg oder Gehsteig dem öffentlichen Verkehr dient. Somit kann es sein, dass sogar vor sechs Uhr auf Gehsteigen und Innenhöfen begonnen wird, den Schnee mit Hilfe von kleinen Schneeräumfahrzeugen wegzuräumen. Einige dieser Geräte können im Sommer für die Straßenreinigung oder Grünraumpflege umgebaut werden.⁴⁵

4.3 Lieferverkehr

Der Lieferverkehr stellt in Österreich einen massiven Anteil am gesamten Verkehr dar.

In Österreich gibt es zum Beispiel 1534 Spar-Filialen, 1105 Billa-Filialen, unzählige weitere Supermärkte und Händler in den unterschiedlichsten Sparten die allesamt beliefert werden.⁴⁶ Im Jahr 2020 betrug in Österreich das Transportaufkommen im Straßengüterverkehr 376,5 Mio. Tonnen. Im Vergleich zum Jahr 2019 gab es einen Rückgang von 6,4 Prozent, wobei auf den Anfang der Coronapandemie verwiesen wird.⁴⁷ Das Verkehrsaufkommen, welches daraus entsteht, wird in den Verkehrszählungen und somit auch in den Lärmkarten berücksichtigt. Jedoch wird auf die Lärmbelastung, welche durch Ladevorgänge für die angrenzenden Nachbarn entsteht, in den Karten nicht weiter eingegangen. Je nach Standort und Größe des Händlers variiert die An- und Ablieferung. In manchen Fällen kann der Lkw mit der Rückseite an eine Ladeschleuse fahren und die Ware wird mit Hilfe von Wägen oder Gabelstapler ausgeladen oder befindet sich schon auf fahrbaren Wägen. Ist keine Schleuse vorhanden, parkt der Lkw im Idealfall in unmittelbarer Nähe und lädt die Ware sukzessive durch Hoch- und Runterfahren der Laderampe ab.

4.4 Einsatzfahrzeuge

Einsatzfahrzeuge leisten einen wichtigen Dienst für die Gesellschaft. Jede Person ist dankbar, wenn Hilfe möglichst schnell am Einsatzort ankommt. Um dies zu gewährleisten, ist die Nutzung eines Folgetonhorns unumgänglich. Die Einsatzorganisationen dürfen das Blaulicht und das Folgetonhorn...

„...nur bei Gefahr im Verzuge, zum Beispiel bei Fahrten zum und vom Ort der dringenden Hilfeleistung oder zum Ort des sonstigen dringenden Einsatzes verwenden. Außerdem

⁴⁵ Vgl [8]

⁴⁶ Vgl [23]

⁴⁷ Vgl [12]

dürfen die angeführten Signale soweit als notwendig nur noch zur Abwicklung eines protokollarisch festgelegten Programms für Staatsbesuche oder sonstige Staatsakte sowie in Erfüllung völkerrechtlicher Verpflichtungen verwendet werden.“⁴⁸

Im Jahr 2020 hat es in Wien 197.000 Fahrten der Wiener Berufsrettung gegeben, das entspricht ca. 539 Fahrten pro Tag. Die Wiener Polizei hatte im Vergleich dazu rund 1.200 Einsätze pro Tag im Jahr 2020.⁴⁹ Die Wiener Berufsfeuerwehr fährt pro Tag ungefähr 90 Einsatzfahrten. Selbst wenn nur bei einem kleinen Bruchteil davon die Nutzung des Folgetonhorns notwendig war, ergibt dies doch einige Einsätze pro Tag. Außerdem kommen noch weitere Einsatzorganisationen wie zusätzliche Rettungsorganisationen oder beispielsweise die Verkehrsaufsicht der ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft) hinzu.

Gerade auf Hauptverkehrsrouten ist der Einsatz von Folgetonhörnern vermehrt zu bemerken.⁵⁰

⁴⁸ [28] §26. Einsatzfahrzeuge

⁴⁹ Vgl [43]

⁵⁰ Vgl. [49]; Vgl [46]

5 Beschreibung des Messumfangs

Um heraus zu finden, welche Tätigkeiten Lärm verursachen und welche Spitzenpegel sich daraus ergeben, sind Lärmmessungen notwendig. Mit den erhaltenen Ergebnissen können die Forschungsfragen bearbeitet werden.

Gemessen werden drei verschiedene Situationen. Die erste Datenerhebung bezieht sich auf die Lärmentwicklung, welche bei der Müllabfuhr und den damit zusammenhängenden Tätigkeiten entsteht. Die weitere Datenerhebung konzentriert sich auf die Lärmentwicklung während der Be- bzw. Entladetätigkeiten von einem Lkw. Die letzte Erhebung beinhaltet die Lärmentwicklung von einem Einsatzfahrzeug mit eingeschaltetem Folgetonhorn.

5.1 Messumfang Müllabfuhr

Die Lärmbelastung, welche von einem Müllfahrzeug ausgeht, gliedert sich in mehrere Punkte. Das klassische Fahren des Müllwagens zum Einsatzort ist in den jeweiligen Lärmkarten bereits erfasst und berücksichtigt. Jedoch verursachen die folgenden Arbeitsschritte ebenfalls Lärm. Die Mistkübel und Mülltonnen werden vor dem Fahrzeug positioniert und angehoben. Durch eine Schwenkbewegung werden die Kübel kopfüber in das Fahrzeug geneigt und entleert. In Abbildung 10 ist der Arbeitsablauf schematisch dargestellt. Durch mehrmaliges Auf- und Abschwenken wird sichergestellt, dass der ganze Müll aus den Kübeln entsorgt ist. Zeitgleich läuft im inneren des Müllfahrzeugs eine rotierende Schnecke, welche den neu hinzukommenden Müll verdichtet und in den vorderen Bereich des Fahrzeugs transportiert.

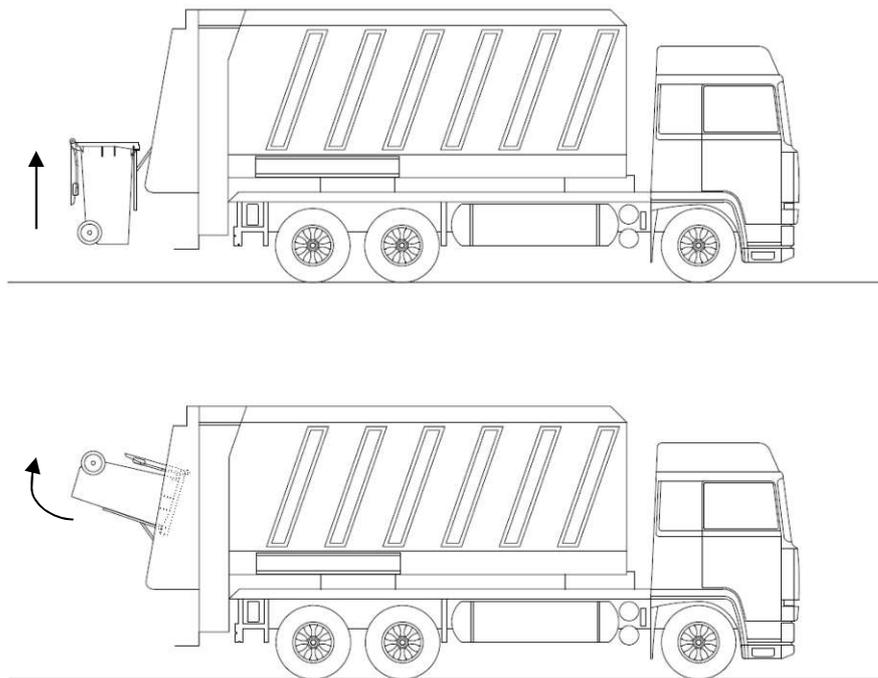


Abbildung 10: anheben und schwenken der Mistkübel

In dem nachfolgenden Kapitel 7 Datenerhebung werden für den bereits beschriebenen Arbeitszyklus zwei Messungen an verschiedenen Standorten durchgeführt. Um eine Vergleichbarkeit zu schaffen, werden diese Messungen ausgewertet und mit jeweils einer Referenzmessung vom selben Ort zu einer ähnliche Zeit verglichen.

Da das elektrische Müllsammelfahrzeug noch in der Testphase ist, konnte die Stadt Wien keine Daten zur Verfügung stellen. Weiters wurde die Anfrage auf eine Vergleichsmessung zwischen dem klassisch betriebenen Fahrzeug und dem vollkommen elektrisch betriebenen Müllsammelfahrzeug abgelehnt.

5.2 Messumfang Schneeräumfahrzeug

Im Zeitraum der Datenerhebungen, zwischen Dezember 2021 und Februar 2022, gab es in Wien trotz winterlicher Verhältnisse (Temperaturen unter null Grad), keinen ausreichenden Niederschlag in Form von Schnee, dass Schneeräumfahrzeuge notwendig gewesen wären. Aus diesem Grund konnten keine Messungen zu Schneeräumfahrzeugen gemacht werden.

5.3 Messumfang Ladevorgang

Wie bereits beschrieben, gibt es mehrere Möglichkeiten einen Lkw zu beladen bzw. zu entladen. Bei diesen Vorgängen entsteht Lärm, zum Beispiel durch das Manövrieren der

Laderampe aber auch durch das Fahren der Wägen oder des Gabelstaplers auf der Laderampe, das Befahren auf unebenen Böden bzw. im inneren des Fahrzeugs.

In der nachfolgenden Messung wird ein Entladevorgang eines Lkws dokumentiert. Die Ware befand sich bereits auf selbstfahrenden Wägen und wurden durch das Manövrieren der Laderampe ausgeladen. Schematisch ist dies in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die Messung umfasst den gesamten Vorgang und wird ebenfalls mit einer Referenzmessung verglichen.

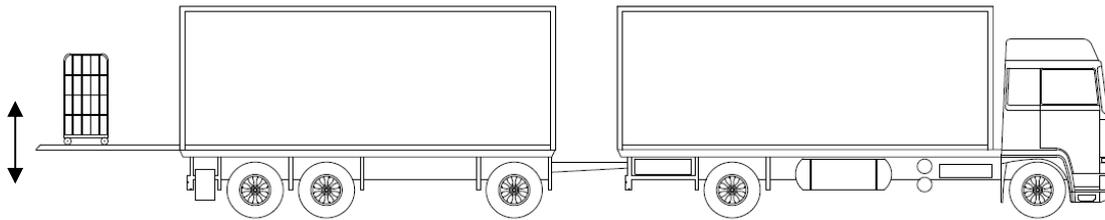


Abbildung 11: Schema Lkw mit Rollwagen

5.4 Messumfang Einsatzfahrzeug

In der folgenden Datenerhebung ist der Einsatz eines Folgetonhorns von einem Einsatzfahrzeug dokumentiert.

In den vorherigen Datenerhebungen war es möglich, die Lärmentwicklung der Tätigkeit gesondert aufzuzeichnen und im Anschluss mit einer Referenzmessung zu vergleichen. Da der Einsatz eines Folgetonhorns nicht vorhersehbar ist, konnte die Messung nicht ausschließlich die Lärmentwicklung des Folgetonhorns erfassen. Die entstandene Messung enthält daher eine Straßenverkehrslärmmessung mit dem Einsatz eines Folgetonhorns durch ein vorbeifahrendes Einsatzfahrzeug.

6 ÖNORM S 5004

In diesem Kapitel wird auf die Norm zur Messung von Immissionsschalldruckpegeln eingegangen und die Grundlagen für die Datenerhebung ausgearbeitet.

Die ÖNORM S 5004 wird angewandt um Schallimmissionen in der Nachbarschaft zu messen und reproduzierbare Ergebnisse zu liefern. Diese Ergebnisse dienen dazu um Grundlagen für Lärmschutzplanungen zu liefern. Die Schallemissionen von Geräten und Maschinen werden mit dieser Norm nicht abgedeckt.⁵¹

6.1 Messgerät

Das Messgerät unterliegt der Eichpflicht gemäß Maß- und Eichgesetz und muss mit einem Gerät der höchsten Genauigkeitsklasse geeicht werden. Die entsprechende Bewertungsfunktion ist je nach Aufgabenstellung zu wählen. Vor und nach jeder Messung ist die gesamte Messkette vom Mikrofon bis zu den Anzeigegeräten mit einer geeichten Prüfschallquelle der Klasse 1 zu justieren.⁵¹

6.2 Messpunkte

Die Norm gibt mehrere Möglichkeiten für Messorte an. Bei der Freifeldmessung wird das Mikrofon in einer Höhe von 1,5 m bis 2,0 m über dem Boden aufgestellt. Der Abstand des Mikrofons zu anderen reflektierenden Oberflächen, abgesehen vom Boden, muss den doppelten Abstand zu der dominanten Schallquelle besitzen. Bei Messungen von Schallimmissionen bei Fassaden kann das Messgerät außerhalb, in einem Abstand von 0,5 m ungefähr in der Mitte eines geöffneten Fensters, aufgestellt werden. Ist dies nicht möglich, ist die Grenzflächenmethode anzuwenden. Messergebnisse die durch eine Freifeldmessung ermittelt wurden, lassen sich nicht direkt mit einer Messung vor einem geöffneten Fenster vergleichen, da Schallreflexionen vorhanden sind.⁵¹

⁵¹ Vgl [39]

6.3 Beurteilungszeitraum

In der Norm ist der Messzeitraum so definiert und vorgegeben, dass die akustische Situation ausreichend genau erfasst ist und alle charakteristischen Zeiträume abdeckt.⁵²

6.4 Meteorologische Einflüsse

Alle meteorologischen Gegebenheiten wie Niederschlag, Nebel, Luftfeuchte, Bewölkung, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Inversionswetterlagen, Temperatur und Luftdruck sind qualitativ zu beschreiben. Ebenfalls sind bei größeren Entfernungen die Bodenverhältnisse (Schneelage, hoher Bewuchs,...) zu beschreiben. Bei Messungen im Freien ist ein Windschirm zu verwenden.⁵²

6.5 Messverfahren

Die Messung muss repräsentativ und reproduzierbar sein. Der Umfang und die Art der Messung sind auf die zu untersuchende Geräuschart auszulegen. Örtlich nicht übliche oder selten auftretende Schallquellen sind außer Acht zu lassen.⁵²

6.6 Erforderliche Messgrößen

Folgende Messgrößen sollen zur Beschreibung von Schallimmissionen ermittelt werden. Der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ sowie der Basispegel $L_{A,95}$ und der mittlere Spitzenpegel $L_{A,1}$.

„Die Messzeit ist mindestens so lange zu wählen, dass die Bedingungen einer repräsentativen Geräuscherfassung erfüllt sind. Jedenfalls ist dies der Fall, wenn ein einzelnes, signifikantes Schallereignis den energieäquivalenten Dauerschallpegel um nicht mehr als 0,1 dB verändert. Bei periodisch schwankenden Geräuschen gilt die Messzeit als ausreichend, wenn sich der energieäquivalente Dauerschallpegel, abgelesen vor und nach dem Zyklus, um nicht mehr als 0,1 dB unterscheidet.“⁵³

Der kennzeichnende Spitzenpegel $L_{A,Sp}$ ist zu erheben, wenn einzelne maßgebende Pegelspitzen in einem Geräusch auftreten. In diesem Fall ist die Häufigkeit, die Dauer und die zeitliche Verteilung sowie der Wert selbst zu dokumentieren. Setzt sich der Wert aus

⁵² Vgl [39]

⁵³ [39] Seite 10

unterschiedlichen Einzelgeräuschen zusammen, sind die Werte für jedes einzelne Geräusch gesondert zu ermitteln.

Der Schallereignispegel $L_{A,E}$ ist zu ermitteln, indem einzelne begrenzte Schallereignisse über die gesamte Zeitdauer gemessen werden. Es sind mindestens 3 Ergebnisse zu messen und energetisch zu mitteln, wobei die Schwankung des größten und kleinsten Schallereignispegels nicht größer als 3 dB betragen darf. Ist dies doch der Fall, sind die Messungen zu erhöhen, bis die Anzahl gleich oder größer dem Zahlenwert der Schwankung ist.⁵⁴

6.7 Aufbau Messbericht

„Der Messbericht muss unter Hinweis auf diese ÖNORM folgende Daten enthalten:

a) *Messort, Messdauer, Datum und Uhrzeit*

b) *Schallquelle(n):*

- *Beschreibung (z.B. Fotodokumentation),*
- *Lage,*
- *Betriebsbedingungen,*
- *Beschreibung der Geräuschcharakteristika (z.B. Singen, Heulen, Pfeifen, Stampfen, tieffrequent, schwankend, gleichbleibend, Musik, Sprache, Hämmern, Klopfen, kennzeichnende Pegelspitzen), siehe Anhang C.*

c) *Messbedingungen:*

- *Beschreibung des Geländes (z.B. Bebauung, Bewuchs, Angabe von reflektierenden oder abschirmenden Objekten in der Umgebung);*
- *Meteorologische Bedingungen (z.B. Niederschlag, Nebel, Luftfeuchte, Bewölkung, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Inversionswetterlage).*

d) *Messgeräte:*

- *Hersteller,*
- *Type,*

⁵⁴ Vgl [39]

- *Seriennummer,*
 - *Angaben über die letzte Eichung.*
- e) *Messpunkte;*
- f) *Messzeit (Messbeginn und Messende);*
- g) *Messergebnisse;*
- h) *Angaben zur Unsicherheit der Messergebnisse;*
- i) *Unterschrift des für die Messung Verantwortlichen.“⁵⁵*

6.8 Messabweichungen

Die durchgeführten Messungen werden in Anlehnung an die Norm durchgeführt. Jedoch konnten nicht alle Vorgaben eingehalten werden.

Die Norm besagt, dass nur Messungen gemacht werden dürfen, die repräsentierbar und reproduzierbar sind und eine Wiederholbarkeit besitzen. Örtlich nicht übliche Schallquellen sind außer Acht zu lassen.⁵⁶

Um eine Reproduzierbarkeit bestmöglich zu gewährleisten, werden die durchgeführten Messungen genau beschrieben. Jedoch kommt es vor, dass unübliche Geräuschquellen das Messergebnis mitbeeinflussen.

Die geometrischen Bedingungen am Messort weichen teilweise von den Vorgaben in der Norm ab. Die Abweichungen werden in den Aufzeichnungen beschrieben. Weiters wurden die Messungen im Freien ohne Windschirm durchgeführt.

Das Messgerät wurde am Anfang vor der ersten Messung und am Ende nach dem Abschluss der Messungen kalibriert. Zwischendurch wurden keine weiteren Kalibrierungen durchgeführt.

Das Ziel der Messungen ist, die maßgebenden Pegelspitzen zu finden und die dazugehörigen Emissionsquellen auffindig zu machen. Die Dezibelwerte dienen als Richtwerte und sind daher mit den vereinfachten Annahmen der Norm vereinbar.

⁵⁵ [39] Seite 11

⁵⁶ Vgl [39]

7 Datenerhebung

7.1 Das Messgerät

Der von der Technischen Universität Wien zur Verfügung gestellte Schallpegelmesser ist von der Firma Brüel&Kjaer. In der nachfolgenden Tabelle sind die Daten des Schallpegelmessers zusammengefasst.

Schallpegelmesser	
Firma	Brüel&Kjaer
Bauart	2238 Mediator
Seriennummer Messgerät	2457102
Seriennummer Mikrophon	2461559
letzte Eichung	Nacheichung 2020
Kalibrierung	08.12.2021
Kalibrierpegel	94 dB
Kalibriergerät	Sound Level Calibrator Type 4230
Protokollier Software	BZ7124 Version 1.2
Datenauswertung	Noise Explorer Type 7815

Tabelle 2: Daten Schallpegelmesser

Es handelt sich um den Mediator 2238. Die Seriennummer des Messgerätes ist 2457102 und die Seriennummer des Mikrofons ist 2461559. Die letzte Eichung wurde im Jahr 2020 durchgeführt. Kalibriert wurde das Messgerät am 08.12.2021 um 16:19:50 Uhr. Der Kalibrierpegel lag bei 94,0 dB. Der Übertragungsfaktor betrug -33,0 dB. Beim abschließenden Kalibrieren am 13.03.2022 wurde ein Übertragungsfaktor von 32,2 dB ausgewertet. Das Kalibriergerät war ein Sound Level Calibrator Type 4230 mit 94 dB und 1000 Hz. Am Gerät war die Protokollier-Software BZ7124 Version 1.2 installiert. Zum Auswerten der Daten wurde die Software Type 7815, Noise Explorer verwendet.

Da das Messgerät ein älteres Modell ist und die letzte Eichung im Jahr 2020 stattfand, sind die nachfolgenden Werte als Richtwerte zu verstehen und dienen dazu, die Pegelspitzen ausfindig zu machen.

7.2 Messungen

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der durchgeführten Lärmmessungen, mit Angaben zum Ort, der Zeit sowie der Durchführungsart. Die einzelnen Messungen werden in den nachfolgenden Unterkapitel genauer beschrieben und analysiert.

Übersicht Messungen					
Kategorie	Messort	Bezirk	Art der Durchführung	Uhrzeit	Referenzmessung
Müllabfuhr	Seefeldergasse 42	1220 Wien	bei geöffnetem Fenster	10:30:44	ja
Müllabfuhr	Mommsengasse 31	1040 Wien	bei geöffnetem Fenster	09:09:01	ja
Ladetätigkeit	An den alten Schanzen 33	1220 Wien	Freifeldmessung	07:10:52	ja
Folgetonhorn	Alser Straße 69	1080 Wien	bei geöffnetem Fenster	14:40:17	nein

Tabelle 3: Übersicht Datenerhebungen

7.2.1 Müllabfuhr: Seefeldergasse 42, 1220 Wien

Der Messort Seefeldergasse 42 befindet sich im 22. Wiener Gemeindebezirk nahe der Grenze zu Niederösterreich, zu sehen ist die Lage in Abbildung 12. Es handelt sich um ein freistehendes Einfamilienhaus. Die gegenüberliegende Straßenseite ist Ackerfläche, die zum Zeitpunkt der Messung nicht bewirtschaftet war.

Die Messung erfolgte am äußeren Fensterbrett aus einem geöffneten Fenster im Erdgeschoß mit Blick auf die Straße. In der Sichtachse zum Haltepunkt der Müllabfuhr befand sich ein einzelner löchriger Strauch. Der Untergrund bestand aus Rasen. Der Zaun wurde zum Zeitpunkt der Messung erneuert und war somit nicht vorhanden. Die Messumgebung ist in Abbildung 13 dargestellt.

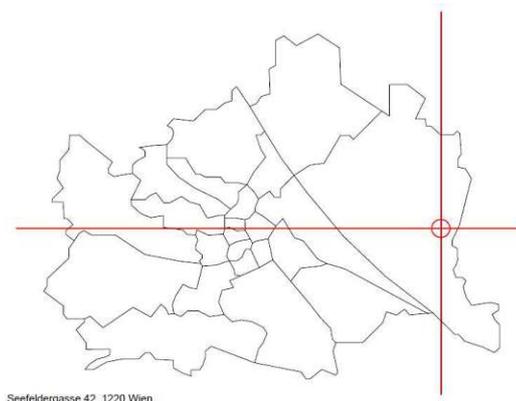


Abbildung 12: Übersicht Seefeldergasse 42, 1220 Wien

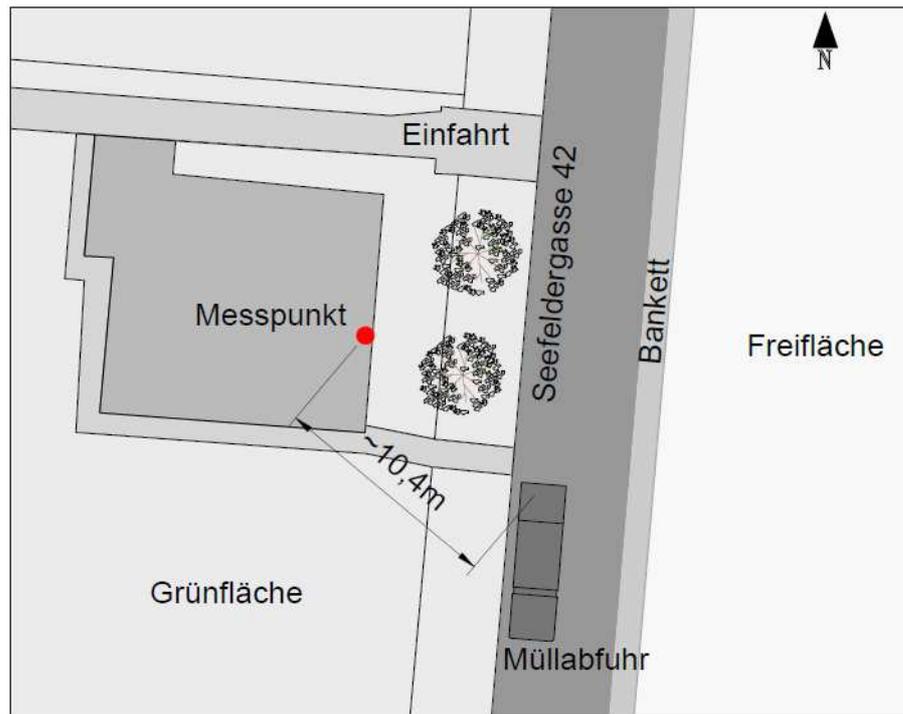


Abbildung 13: Messort Seefeldergasse 42, 1220 Wien

Die Messung wurde am 4. Jänner 2022 um 10:30:44 Uhr gestartet und hat eine Messdauer von 38 Sekunden. Der Endzeitpunkt war somit um 10:31:22 Uhr. Zum Zeitpunkt der Messung war der Boden leicht feucht vom vorherigen Regen, aber es gab keinen Niederschlag während der Messung. Die Temperatur lag bei 7° und die Bewölkung betrug 100 %. Die Luftfeuchtigkeit betrug 83 % und die leichte Brise aus SO hatte Geschwindigkeiten von 7 km/h und maximale Spitzen von 18 km/h.

Die Abstandsangabe von 10,4 m wurde aus dem Lageplan ermittelt und stellt einen Richtwert dar, da die Position der Müllabfuhr variieren kann.

Die Messung beinhaltet einen Arbeitszyklus der Müllabfuhr. Das Fahrzeug nähert sich dem Haltepunkt. Ein Mitarbeiter bringt den Kübel zum Fahrzeug, hebt ihn an und entleert den Kübel mit mehrmaligem Schwenken. Währenddessen läuft die Müllpresse im inneren des Fahrzeugs um den Müll zu verdichten. Anschließend wird der Kübel zurückgestellt und das Müllsammelfahrzeug fährt weiter.

Aus diesem Ablauf ergibt sich folgende Schallquelle, das Ziehen der Mistkübel zum Fahrzeug, das Anheben und Schwenken der Kübel sowie die Müllpresse.

Hier handelt es sich um ein nicht periodisch schwankendes Geräusch mit einzelnen Pegelspitzen.

Der Messbereich des Schallpegelmessers war auf 32,0 – 112,0 dB eingestellt. Weiters werden Spitzenwerte über 100,0 dB angezeigt. 100 dB entsprechen dem Umgebungsgeschall einer Kreissäge oder eines Discobesuches und können bei längerer Einwirkung Schäden hervorrufen.⁵⁷

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Auswertung der Lärmmessung. Auf der vertikalen Achse ist der Messbereich des Schallpegelmessers in Dezibel (dB) angegeben und auf der horizontalen Achse ist der zeitliche Verlauf der Messung zu sehen. Die Zeiteinheit dieser Achse ist in Stunden:Minuten:Sekunden (hh:mm:ss) angegeben. Der zeitliche Abstand zwischen den zwei Pegelspitzen (gekennzeichnet durch Nr. 6) beträgt ungefähr 5 Sekunden. Gestartet wurde die Messung um 10:30:44 Uhr und nach einer Messdauer von 38 Sekunden um 10:31:22 Uhr wieder beendet. Die blaue Linie stellt den A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$) dar, die grüne Linie den Maximalpegel ($L_{A,F,Max}$) und die schwarze Linie den Minimalpegel ($L_{A,F,Min}$), jeweils mit einer A-Frequenzbewertung und Zeitbewertung „Fast“ ermittelt. Die rote Linie stellt den Spitzenschalldruckpegel ($L_{C,pk}$ (MaxP)) dar, welcher mit einer C-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „peak“ ermittelt wurde. Die vertikale rote Linie stellt den Cursor dar.

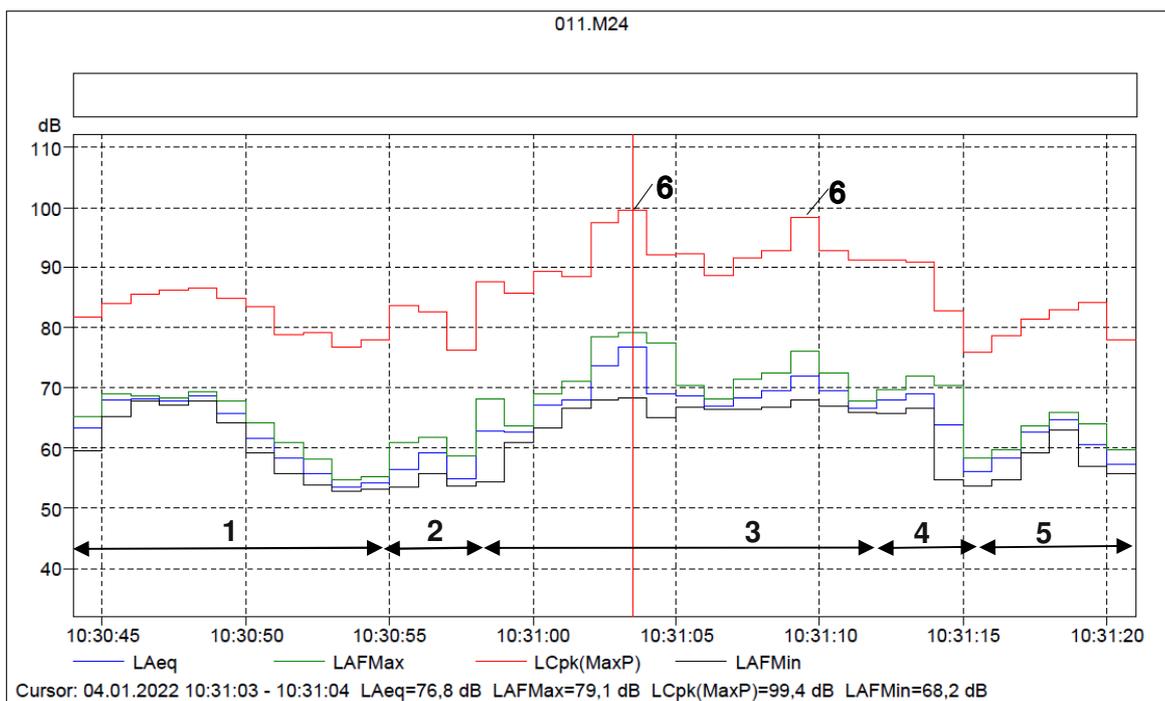


Abbildung 14: Lärmmessung Müllabfuhr

⁵⁷ Vgl [9]

1. Heranfahen des Müllfahrzeugs und Halten
2. Mistkübel wird zum Fahrzeug gebracht
3. Aufdrehen der Müllpresse, hochheben des Mistkübels und entleeren mit 2-maligem Schwenken
4. Zurückbringen des Mistkübels, Müllpresse läuft im Hintergrund noch
5. Wegfahren des Müllfahrzeugs
6. Pegelspitze, ausgelöst durch 2-maliges Anschlagen des Kübels auf dem Fahrzeug

Die Abbildung 15 stellt die Überschreitungshäufigkeitsverteilung der Messung dar. Auf der vertikalen Achse sind Prozentwerte angegeben. Die horizontale Achse enthält die gemessenen Dezibelwerte (dB). Die roten Rechtecke an der horizontalen Achse zeigen an, wie viele Prozent an der Gesamtsumme ein Dezibelwert besitzt. Die grüne Linie zeigt an, wie oft ein Dezibelwert in der Messung überschritten wird. Beispielweise befindet sich der Cursor (rote vertikale Linie) bei dem Dezibelwert von 70 dB. Der Wert von 70 dB wird in dieser Messung nie genau erreicht und besitzt deshalb keinen Häufigkeitswert. Die grüne Linie zeigt bei 70 dB eine Überschreitungshäufigkeit von 8,1 Prozent an. Das bedeutet, dass während der Messung der Wert von 70 dB zu 8,1 Prozent überschritten wurde.

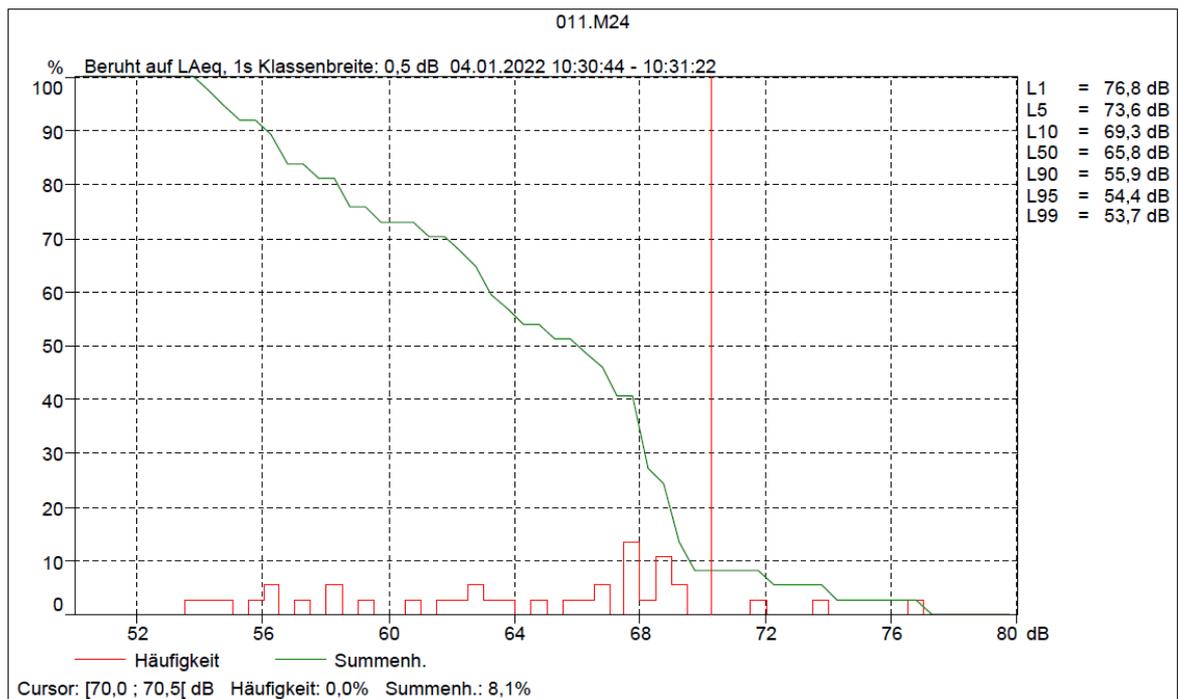


Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung Müllabfuhr

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFMax [dB]	LAFMin [dB]	LAIIm [dB]	LAIMax [dB]	LAIMin [dB]	LCpk(MaxP) [dB]	LA1 [dB]	LA95 [dB]	Anzahl CSpitzen
Wert				0,00	67,3	79,1	52,7	72,1	81,7	54,2	99,4	76,8	54,4	0
Zeit:	10:30:44	10:31:22	0:00:38											
Datum	04.01.2022	04.01.2022												

Tabelle 4: Messergebnis Müllabfuhr Seefeldergasse 42, 1220 Wien

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, wie in Tabelle 4 ersichtlich, dass der Arbeitszyklus des Entleerens der Mistkübel einen energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ von 67,3 dB verursacht. Weiters wurde ein Maximalpegel $L_{A,F,max}$ von 79,1 dB erreicht. Wird der

Spitzenschalldruckpegel L_{Cpk} betrachtet, welcher durch die C-Bewertung darauf ausgelegt ist, akut gefährdende Schallereignisse zu erfassen, liegt dieser bei 99,4 dB. Der Verlauf des Spitzenschalldruckpegels ist in der roten Linie im Diagramm von Abbildung 14 ersichtlich.

Für dieses kurze Schallereignis liegt der mittlere Spitzenpegel L_{A1} bei 76,8 dB. Das bedeutet, dass in einem Prozent der Messdauer der Wert von 76,8 dB überschritten wurde. Ersichtlich ist dies in der Häufigkeitsverteilung der Abbildung 15, dargestellt durch die grüne Linie. Der Basispegel, welcher in 95 % der Messdauer überschritten wird, liegt bei 54,4 dB. Im Fall dieser Messung wurde der Wert von 100 dB nie überschritten, was den Wert 0 bei der Anzahl der Spitzen erklärt.

Die Messung wurde in Anlehnung an die ÖNORM S 5004 ausgeführt. Jedoch konnten nicht alle Vorgaben eingehalten werden. Die Messung erfolgte am äußeren Fensterbrett vor einem geöffneten Fenster, wobei der Abstand zur Fassade weniger als 0,5 m entsprach. Weiters wurde für die Messung kein Windschirm verwendet.

7.2.2 Referenzmessung: Seefeldergasse 42, 1220 Wien

Die Referenzmessung wurde im Anschluss zur Müllabfuhr-Messung durchgeführt. Sowohl der Standort als auch die meteorologischen Bedingungen sind gleich geblieben. Die Messung wurde am 4. Jänner 2022 um 10:39:15 Uhr gestartet, dauerte 17:01 Minuten und endete um 10:56:16 Uhr.

In der Abbildung 16 sind auf der vertikalen Achse die Dezibelwerte angegeben und auf der horizontalen Achse der zeitliche Verlauf. Die Pegelspitzen, markiert durch die Nummer 3, zeigen in dem Diagramm sehr deutlich den Dezibelanstieg bei vorbeifahrenden Fahrzeugen. Die Maximalwerte werden durch die grüne Linie dargestellt, die blaue Linie stellt den energieäquivalenten Dauerschallpegel dar und die schwarze Linie die Minimalwerte. Die rote Linie stellt den Spitzenschalldruckpegel dar. Während der Datenerfassung wurden in der Nachbarschaft Arbeiten mit einer Kreissäge durchgeführt, dies ist durch den Bereich 2 im Diagramm gekennzeichnet.

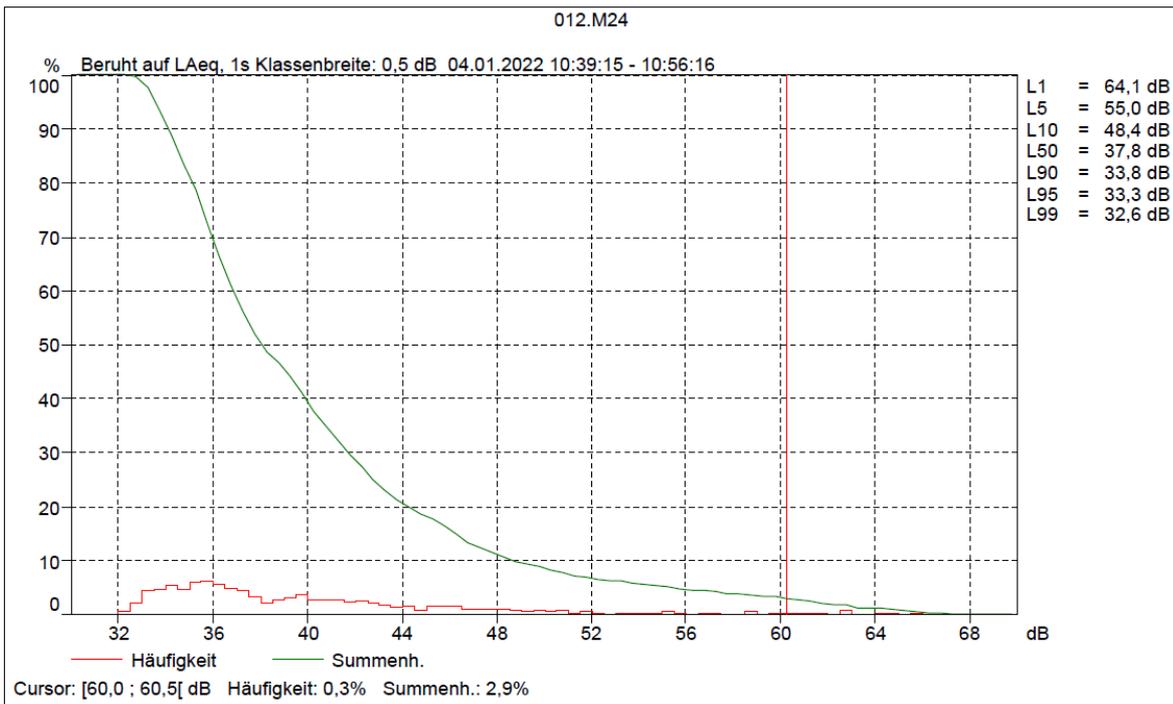


Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung Straßenlärm

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFMax [dB]	LAFMin [dB]	LAIIm [dB]	LAIMax [dB]	LAIIm [dB]	LCpk(MaxP) [dB]	LA1 [dB]	LA95 [dB]	Anzahl CSpitzen
Wert				0,00	49,7	68,3	31,7	53,2	70,1	32,0	97,1	64,1	33,3	0
Zeit	10:39:15	10:56:16	0:17:01											
Datum	04.01.2022	04.01.2022												

Tabelle 5: Messergebnis Referenzmessung Seefeldergasse 42, 1220 Wien

Bei der Referenzmessung hat sich ein energieäquivalenter Dauerschallpegel von 49,7 dB eingestellt und der Maximalpegel liegt bei 68,3 dB. Der Spitzenschalldruckpegel erreicht einen Maximalwert von 97,1 dB. In nur einem Prozent der Messdauer liegt die Dezibelbelastung über 64,1 dB. Der Basispegel liegt bei 33,3 dB. Ebenfalls wurde der Spitzenwert von 100 dB während der Messung nicht überschritten. Aufgelistet sind diese Werte in der Tabelle 5.

Bei dieser Messung wurde ebenfalls versucht die ÖNORM S 5004 bestmöglich einzuhalten. Jedoch ergeben sich die gleichen Abweichungen wie bereits im Kapitel 7.2.1 beschrieben.

7.2.2.1 Vergleich Messergebnis Müllabfuhr – Referenzmessung

Der direkte Vergleich der zwei Messungen zeigt, dass der Maximalpegel mit 79,1 dB bei der Müllabfuhrmessung um 10,8 dB höher ausfällt als bei der Referenzmessung, obwohl bei der Vergleichsmessung sogar Arbeiten mit der Kreissäge in der näheren Umgebung stattfanden. Dieses Ergebnis spiegelt auch der Spitzenschalldruckpegel wider. Hier beträgt der Unterschied nur 2,3 dB und dennoch ist die Müllabfuhr lauter. Auch die anderen Werte der Messungen zeigen höhere Werte bei der Müllabfuhrmessung, jedoch lassen sich diese aufgrund der unterschiedlichen Zeitspannen nicht direkt miteinander vergleichen.

Das Fazit daraus ist, dass der Arbeitszyklus der Müllabfuhr für eine kurze Zeitspanne zu einem erhöhten Schalldruckpegel führt und dadurch eine Lärmbelästigung besteht.

7.2.3 Müllabfuhr: Mommsengasse 31, 1040 Wien

Die Datenerhebung fand in der Mommsengasse 31 im 4. Wiener Gemeindebezirk in einer Quergasse zum Wiedner Gürtel statt. Die Lage ist auf der Wienkarte der Abbildung 18 ersichtlich. In der Mommsengasse gibt es eine geschlossene mehrstöckige Bebauung. Der Messort befand sich im Erdgeschoß vor einem geöffneten Fenster direkt hinter der Bushaltestelle des 13A Buses. Die Entleerung fand auf der gegenüberliegenden Straßenseite bei Hausnummer 30 statt. Der angrenzende Gehsteig als auch die Fahrbahn sind asphaltiert. Die zuvor beschriebenen Umgebungsbedingungen sind in Abbildung 19 graphisch dargestellt. Die Abstandsangabe entspricht einem Richtwert und wurde durch Messen aus einem Lageplan ermittelt.

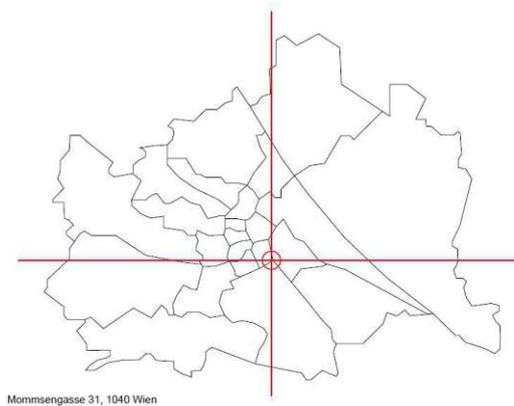


Abbildung 18: Übersicht Mommsengasse 31, 1040 Wien



Abbildung 19: Messort Mommsengasse 31, 1040 Wien

Gestartet wurde die Messung am 20. Dezember 2021 um 09:09:01 Uhr und dauerte 1:33 Minuten. Der Endzeitpunkt liegt somit bei 09:10:34 Uhr. Zum Zeitpunkt der Messung schien die Sonne und die Bewölkung lag bei 13 Prozent. Es herrschte eine Temperatur von 2° Celsius mit einer Luftfeuchtigkeit von 83 Prozent. Es wehte eine schwache Brise aus Nordwesten mit einer Geschwindigkeit von 21 km/h. Vereinzelt Böen mit Spitzengeschwindigkeiten von 68 km/h konnten auftreten.

Die nachfolgende Messung beinhaltet das Entleeren von Restmüllkübeln mit Hilfe eines Müllsammelfahrzeugs. Zum Zeitpunkt der Messung standen die Mistkübeln bereits am Gehsteigrand bereit. Die Messung setzt sich aus mehreren Arbeitsschritten zusammen. Das Fahrzeug hält an der Entleerposition und die Müllpresse wird gestartet. Die Kübeln werden von einem Mitarbeiter angehoben und durch mehrmaliges Schwenken entleert. Nach dem Zurückstellen der ersten zwei Kübeln und dem erneuten Entleeren weiterer zwei Kübeln wird die Presse ausgeschaltet und das Müllsammelfahrzeug fährt weiter.

Der Messbereich des Schallpegelmessers war zwischen 42 dB bis 122 dB eingestellt. Weiters wurden alle Spitzen über einem Dezibelwert von 100 dB dokumentiert.

Die Messung wurde in Anlehnung an die ÖNORM S 5004 ausgeführt, jedoch konnten nicht alle Vorgaben eingehalten werden. Die Messung erfolgte am äußeren Fensterbrett vor einem geöffneten Fenster, wobei der Abstand zur Fassade weniger als 0,5 m entsprach. Weiters wurde für die Messung kein Windschirm verwendet.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Lärmmessung zu erkennen. Die vertikale Achse stellt den eingestellten Dezibelbereich des Schallpegelmessers dar und die horizontale

Achse zeigt den zeitlichen Ablauf. Die blaue Linie stellt den energieäquivalenten Dauerschallpegel dar, die grüne Linie den Maximalwert und die schwarze Linie den Minimalwert. Diese drei Messergebnisse wurden jeweils mit der A-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „Fast“ gemessen. Die rote Linie hingegen wurde mit der C-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „peak“ ermittelt und stellt den Spitzenschalldruckpegel dar.

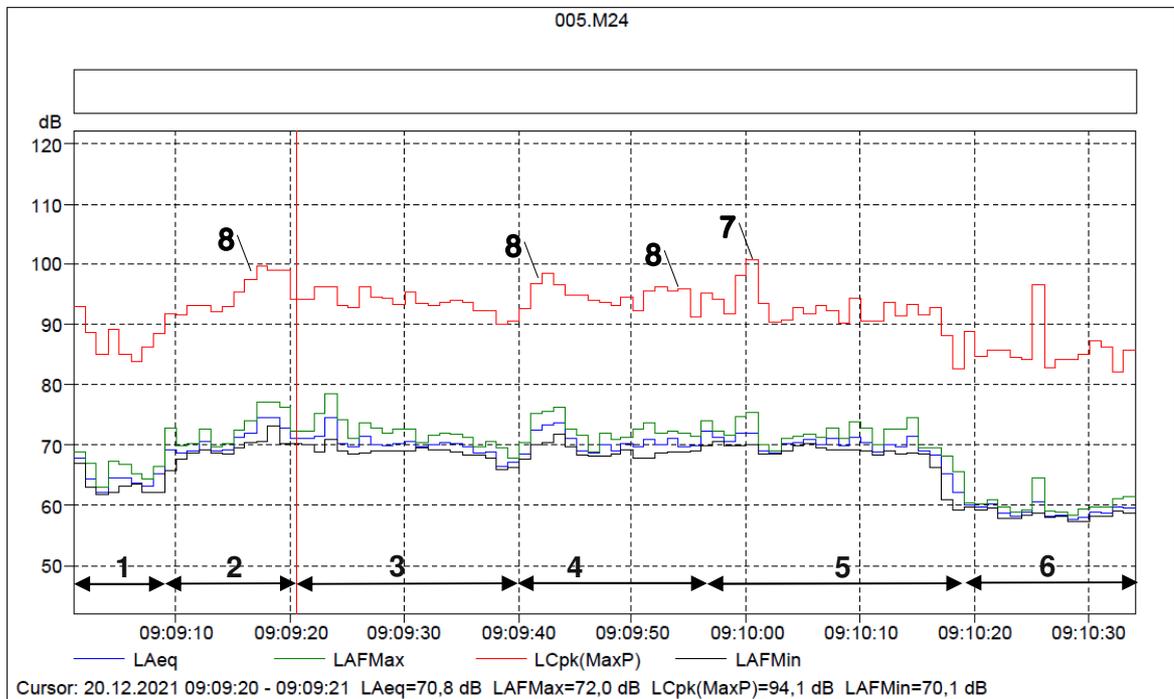


Abbildung 20: Lärmmessung Müllabfuhr

1. Müllfahrzeug fährt und hält an
2. Müllpresse wird aufgedreht, Mistkübel werden angehoben und mit 3-maligen Schwenken entleert
3. Kübel werden zurückgestellt, Müllpresse läuft (metallisches Klirren im Inneren hörbar)
4. Mistkübel werden hochgehoben und 5-mal hintereinander geschwenkt
5. Kübel werden weggebracht, Müllpresse läuft noch
6. Müllfahrzeug wartet zum Losfahren ohne Müllpresse
7. Pegelspitze, durch Müllpresse erzeugtes Klirren im Fahrzeug
8. Pegelspitzen, anschlagen der Kübel am Fahrzeug

Der Verlauf der grünen Linie in Abbildung 21 zeigt an, mit wie viel Prozent ein Dezibelwert in der Messung überschritten wird. Beispielsweise wird der Wert mit 64 dB in der Messung zu 80 Prozent überschritten. Die rote Linie der Dezibelangaben zeigt an, wie viele Prozent sie von der Gesamtsumme ausmachen.

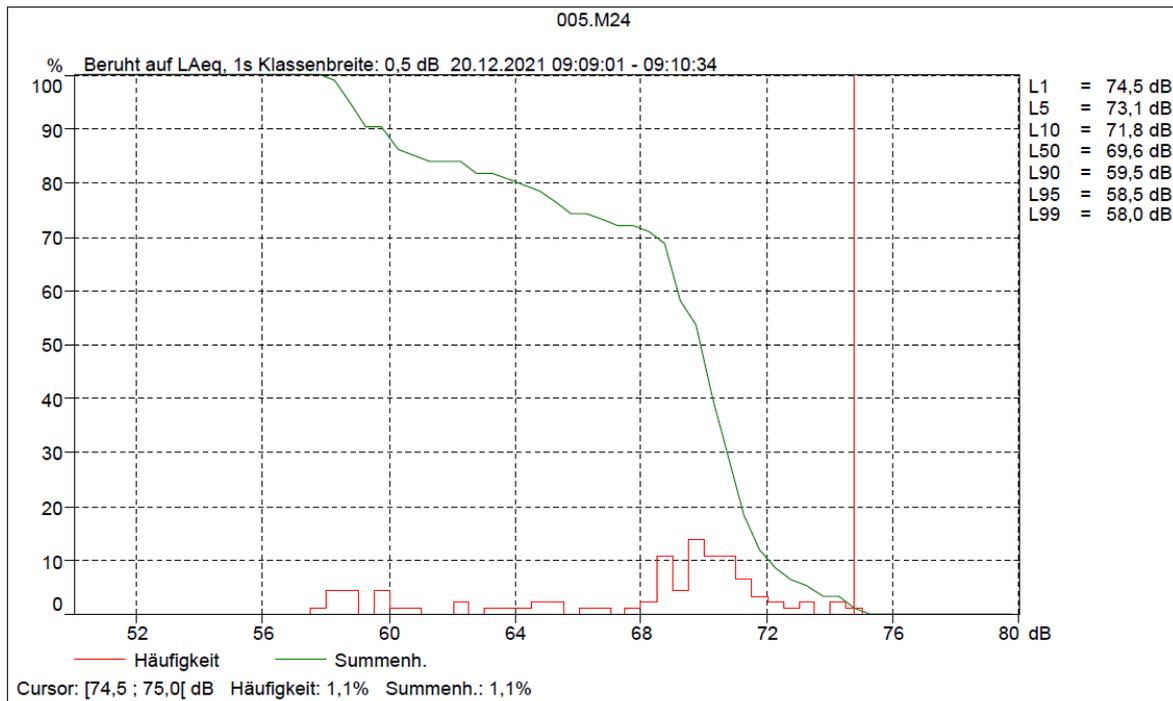


Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung Müllabfuhr

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFMax [dB]	LAFMin [dB]	LAIIm [dB]	LAIMax [dB]	LAIMin [dB]	LCpk(MaxP) [dB]	LA1 [dB]	LA95 [dB]	Anzahl CSpitzen
Wert				0,00	69,4	78,3	57,1	71,9	81,0	57,2	100,6	74,5	58,5	1
Zeit	09:09:01	09:10:34	0:01:33											
Datum	20.12.2021	20.12.2021												

Tabelle 6: Messergebnis Mommsengasse 31, 1040 Wien

Die Auswertung der Messergebnisse zeigt einen energieäquivalenten Dauerschallpegel von 69,4 dB. Der Maximalwert während der Messung besitzt 78,3 dB. Der Spitzenschall-druckpegel welcher durch die rote Linie in der Abbildung 20 zu sehen ist, liegt bei 100,6 dB. Während der kurzen Messzeit ist der Spitzenschall-druckpegel für eine Sekunde über die 100 dB Grenze gestiegen. Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass der mittlere Spitzenpegel bei 74,5 dB liegt. Im Vergleich dazu liegt der zu 95 Prozent der Messzeit überschrittenen Basispegel bei 58,5 dB. Zusammengefasst sind diese Werte in Tabelle 6 ersichtlich.

7.2.4 Referenzmessung: Mommsengasse 31, 1040 Wien

Die Vergleichsmessung startete am 21. Dezember 2021 um 08:49:30 Uhr und endete um 09:06:10 Uhr. Draus ergibt sich eine Messdauer von 16:40 Minuten. Innerhalb dieses Zeitraumes herrschen dieselben Umgebungsbedingungen sowie die selben Abweichungen von der ÖNORM S 5004 wie bei der vorigen Messung beschrieben.

Es handelt sich um ein nichtperiodisch schwankendes Geräusch mit einzelnen Pegelspitzen. In der Aufzeichnung sind anhand der Pegelspitzen sehr deutlich die vorbeifahrenden Fahrzeuge erkennbar. Jedoch ist aufgrund des starken Verkehrs am Gürtel ein sehr hoher durchschnittlicher Verkehrslärm vorhanden. In der Abbildung 22 sind auf der vertikalen

Achse die Dezibelwerte angegeben und auf der horizontalen Achse wird der zeitliche Verlauf dokumentiert. Die Maximalwerte werden durch die grüne Linie dargestellt. Die blaue Linie stellt den energieäquivalenten Dauerschallpegel dar und die schwarze Linie die Minimalwerte. Die rote Linie stellt den Spitzenschalldruckpegel dar.

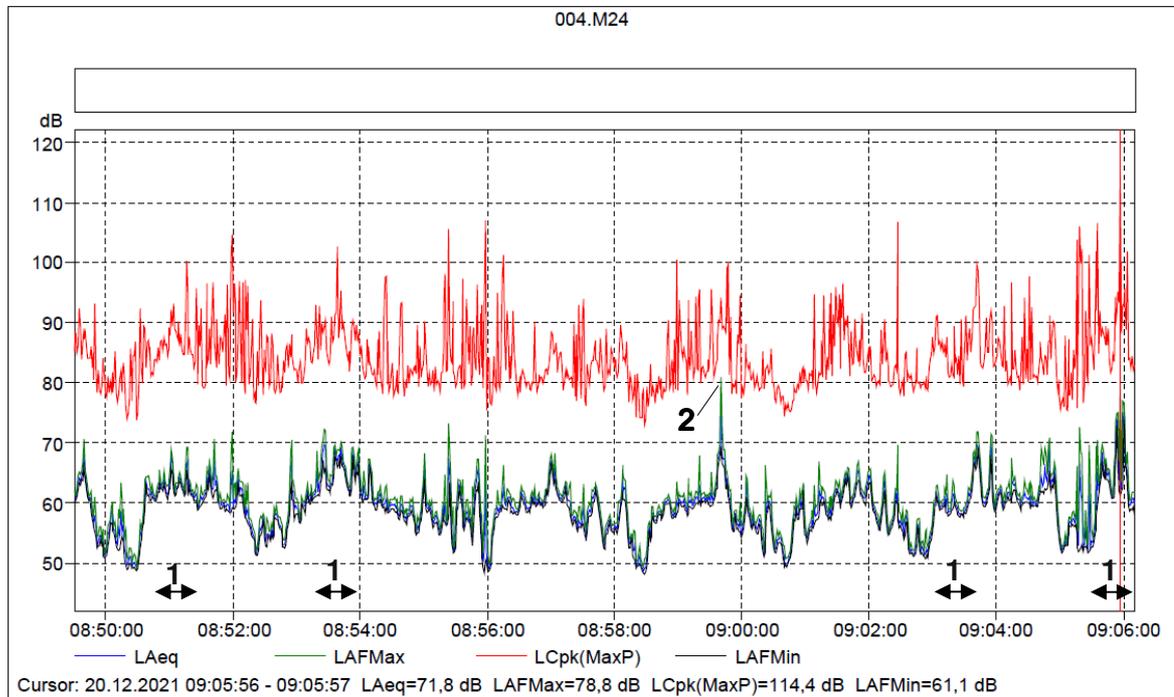


Abbildung 22: Referenzmessung Straßenlärm

1. Bus fährt in Station ein, lässt die Fahrgäste aus- und einsteigen und fährt los
2. Hupe eines Fahrzeugs

Weitere Pegelspitzen stellen vorbeifahrende Fahrzeuge dar.

Die Überschreitungshäufigkeitsverteilung ist in Abbildung 23 zu sehen. Sie zeigt, dass der Basispegel $L_{A,95}$ einen Wert von 52,0 dB besitzt. Dies bedeutet, dass der Wert von 52,0 dB während der Messung zu 95 Prozent überschritten wird. Der Spitzenwert $L_{A,1}$ überschreitet nur in einem Prozent der Messung den Wert von 69,8 dB. Der Zusammenhang zwischen den Dezibelwerten und den Prozentangaben wird durch die grüne Linie dargestellt.

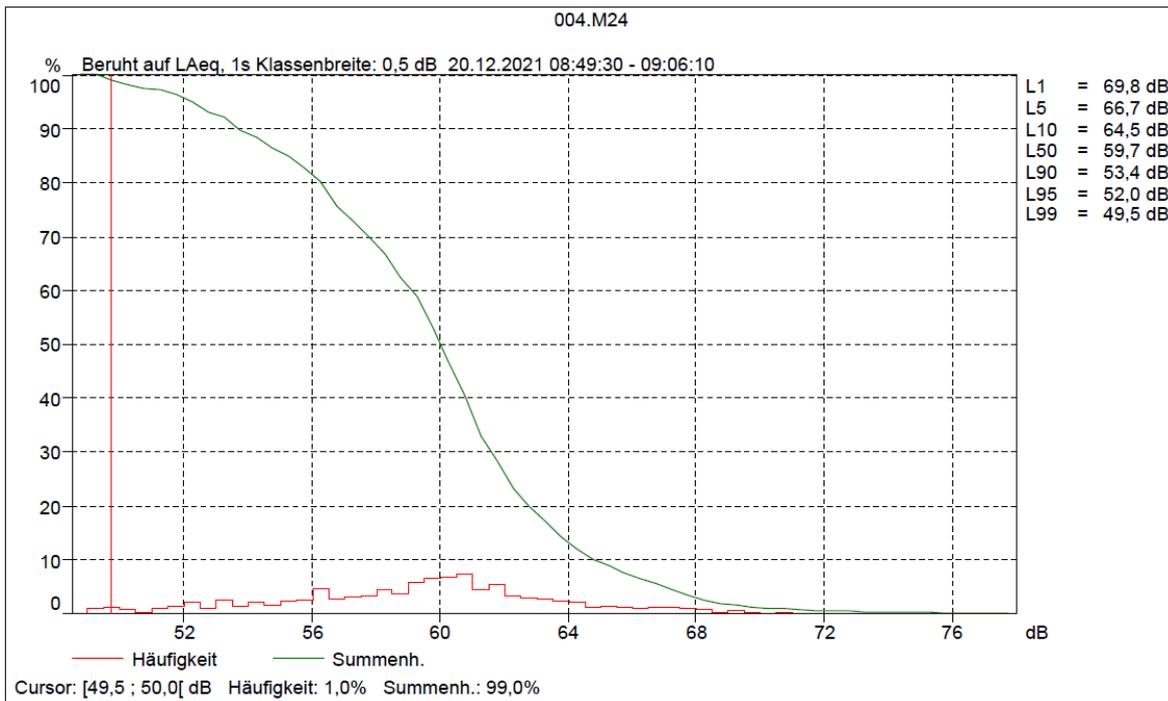


Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung Straßenlärm

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFMax [dB]	LAFMin [dB]	LAIIm [dB]	LAIMax [dB]	LAIMin [dB]	LCpk(MaxP) [dB]	LA1 [dB]	LA95 [dB]	Anzahl CSpitzen
Wert				0,00	61,6	80,8	48,1	64,3	82,6	48,4	114,4	69,8	52,0	17
Zeit:	08:49:30	09:06:10	0:16:40											
Datum:	20.12.2021	20.12.2021												

Tabelle 7: Messergebnis Referenzmessung Mommsengasse 31, 1040 Wien

Die Auswertung der Messung ergibt für den energieäquivalenten Dauerschallpegel einen Wert von 61,6 dB. Der höchste Wert während der Messung, welcher mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung „Fast“ gemessen wurde, liegt bei 80,8 dB. Der Spitzenschalldruckpegel hat sogar einen Wert von 114,4 dB. In der Schallpegelhäufigkeitsverteilung Abbildung 23 ist erkennbar, dass der mittlere Spitzenpegel $L_{A,1}$ bei 69,8 dB liegt und der Basispegel $L_{A,95}$ bei 52,0 dB. Während der Messung wurde der voreingestellte Grenzwert von 100 dB 17 Sekunden lang überschritten. Zusammengefasst ist die Auswertung in Tabelle 7 ersichtlich.

7.2.4.1 Vergleich Messergebnis Müllabfuhr – Referenzmessung

Im direkten Vergleich ist der energieäquivalente Dauerschallpegel bei der Müllabfuhrmessung um 7,8 dB höher. Jedoch ist der Maximalpegel als auch der Spitzenpegel bei der Referenzmessung höher. Das liegt daran, dass die Spitzenwerte im Zeitpunkt des Losfahrens des Buses aufgetreten sind und die Haltestelle sich direkt vor dem Messpunkt befindet. Die Entleerung der Mülltonnen fand hingegen in einer Entfernung von ungefähr 21 Metern statt. Mit dieser Überlegung ist der Unterschied des Maximalpegels von 2,5 dB gar nicht mehr so entscheidend, da sich der Schalldruckpegel mit der Verdopplung der Entfernung um 6 dB bei einer Punktquelle abbaut. Umso interessanter ist, dass sowohl der mittlere Spitzenpegel $L_{A,1}$, also der in einem Prozent der Messzeit überschrittene Wert, als auch der Basispegel $L_{A,95}$, der in 95 % der Messzeit überschrittene Wert, jeweils

bei der Müllabfuhrmessung höher sind.

Das Resultat daraus ist, dass die Müllabfuhr trotz Entleerung in ein paar Metern Entfernung einen deutlich merkbaren Pegelanstieg und eine Lärmbelastung verursachen.

7.2.5 Ladevorgang: An den alten Schanzen 33, 1220 Wien

Der Standort An den alten Schanzen 33 befindet sich, wie in Abbildung 24 ersichtlich, im 22. Wiener Gemeindebezirk. An dieser Adresse befindet sich ein Lebensmittelhändler der Marke „Spar“. Die Messung beinhaltet die Lärmentwicklung, welche durch Ladetätigkeiten hervorgerufen wird, wobei die Fahrgeräusche selbst nicht inkludiert sind. Die Datenerhebung wurde am 14. Jänner 2022 um 07:10:52 Uhr gestartet und endete um 07:23:12 Uhr. Das entspricht einer Messdauer von 12:20 Minuten. Die Messung wurde als Freifeldmessung ausgeführt. Der Abstand der Lärmquelle zum Messort betrug ungefähr 18 Meter und wurde am Parkplatz des Supermarktes durchgeführt. Die Norm legt fest, dass der Abstand vom Mikrofon zu anderen reflektierenden Oberflächen den doppelten Abstand zur dominanten Schallquelle haben soll. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten konnte dies nicht eingehalten werden, siehe Abbildung 25. Weiters wurde für die Messung kein Windschirm verwendet.

Der Parkplatz besitzt einen asphaltierten Boden. Direkt angrenzend an die Entladestelle befindet sich ein vollflächiger Holzzaun, um die dahinter liegenden Wohnhäuser von der Entladezone abzugrenzen. Die Außenwand des Supermarktes ist verputzt. Die Entfernungsangaben dienen als Referenzwerte. Sie wurden mit Hilfe eines Lasermessers ermittelt.

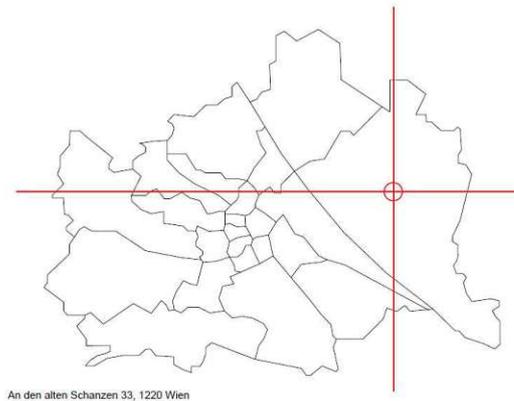


Abbildung 24: Übersicht An den alten Schanzen 33, 1220 Wien

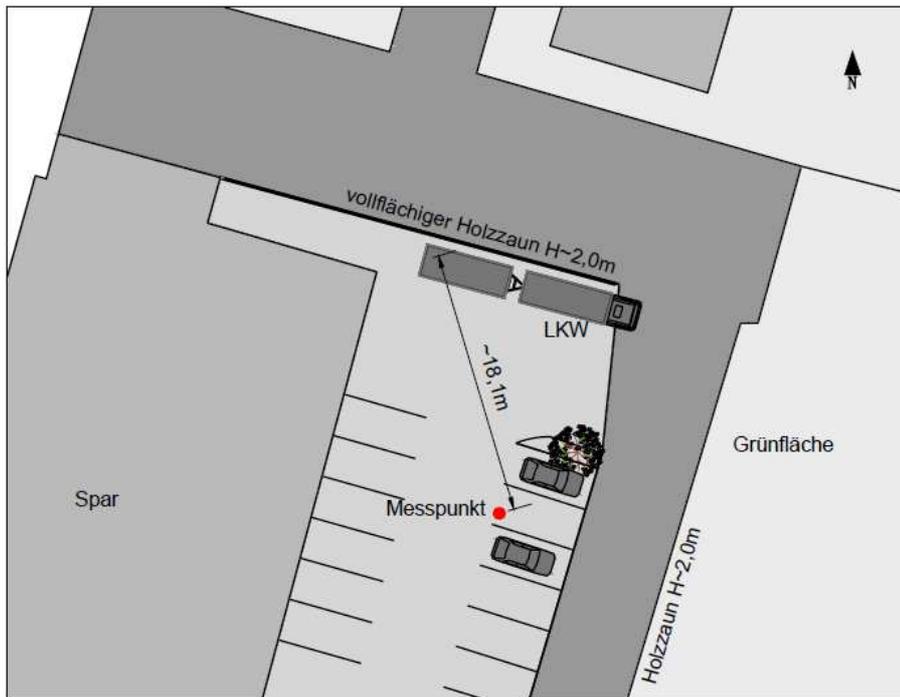


Abbildung 25: Messort An den alten Schanzen 33, 1220 Wien

Zum Messzeitpunkt lag die Temperatur bei 3 Grad Celsius und die Bewölkung lag laut Wetterbericht bei nur einem Prozent. Es wehte eine schwache Brise aus Nordwest mit 25 km/h, wobei Böen mit Spitzengeschwindigkeiten von 58 km/h nicht auszuschließen waren. Die Luftfeuchtigkeit lag bei 74 Prozent.

Durch die unterschiedlichen Tätigkeiten beim Ausladen ergaben sich eine vielfältige Anzahl an Pegelspitzen. Sehr markante Pegelspitzen wurden durch das Aus- und Einklappen der Abrollsicherung auf der Ladebordwand verursacht, ebenso wie das Herunterfahren der Wägen von der Ladebordwand auf den Asphalt. Nahezu geräuschlos war hingegen das Bewegen der Ladebordwand selbst.

Zu sehen sind diese Ergebnisse in der nachfolgenden Abbildung. Das Diagramm der Lärmmessung besitzt auf der vertikalen Achse den Einstellungsbereich von 32 – 112 dB des Schallpegelmessers. Auf der horizontalen Achse ist der zeitliche Verlauf in hh:mm:ss angegeben. Die grüne Linie in dem Diagramm zeigt die Maximalwerte der Messung, die schwarze Linie die Minimalwerte und die blaue Linie den energieäquivalenten Dauerschallpegel. Alle drei Auswertungen wurden mit der A-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „Fast“ ermittelt. Die rote Linie hingegen wurde mit der C-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „peak“ ermittelt und zeigt den Spitzenschalldruckpegel.

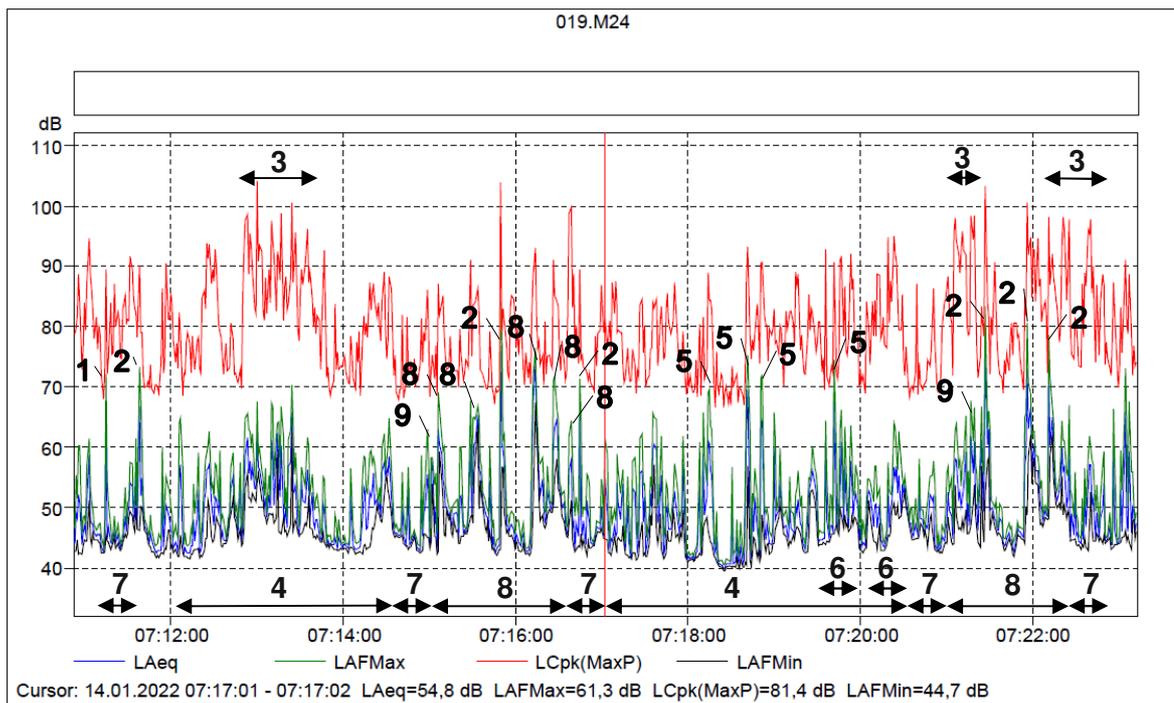


Abbildung 26: Lärmmessung Ladevorgang

1. Schaltkasten zum Bedienen der Ladebordwand wird geöffnet
2. Abrollsicherung der Ladung auf der Ladebordwand wird aus- bzw. eingeklappt
3. Windböen
4. Arbeiten im inneren des Lkw (Abschnallen/Sichern der Wägen und zur Ladebordwand führen)
5. Pegelspitze (Öffnen von Verschlüssen, „klacken“)
6. Entsichern der Ladung, Verwendung einer Ratsche
7. Ladebordwand wird herunter bzw. hinauf bewegt
8. Wägen/Rollbehälter werden von der Ladebordwand zur Warenannahme gefahren
9. Druckausgleich Lkw (Zischgeräusch)

Die Abbildung 27 stellt die Überschreitungshäufigkeitsverteilung der Messung dar. Auf der vertikalen Achse sind Prozentwerte angegeben. Die horizontale Achse enthält die gemessenen Dezibelwerte. Die roten Rechtecke an der horizontalen Achse zeigen an, wie viele Prozent an der Gesamtsumme ein Dezibelwert besitzt. Die grüne Linie zeigt an, wie oft ein Dezibelwert in der Messung überschritten wird. Der mittlere Spitzenpegel, also jener Wert welcher zu einem Prozent der Messzeit überschritten wird, liegt bei 67,2 dB. Der Basispegel, welcher zu 95 Prozent der Messzeit überschritten wird, liegt bei 42,6 dB.

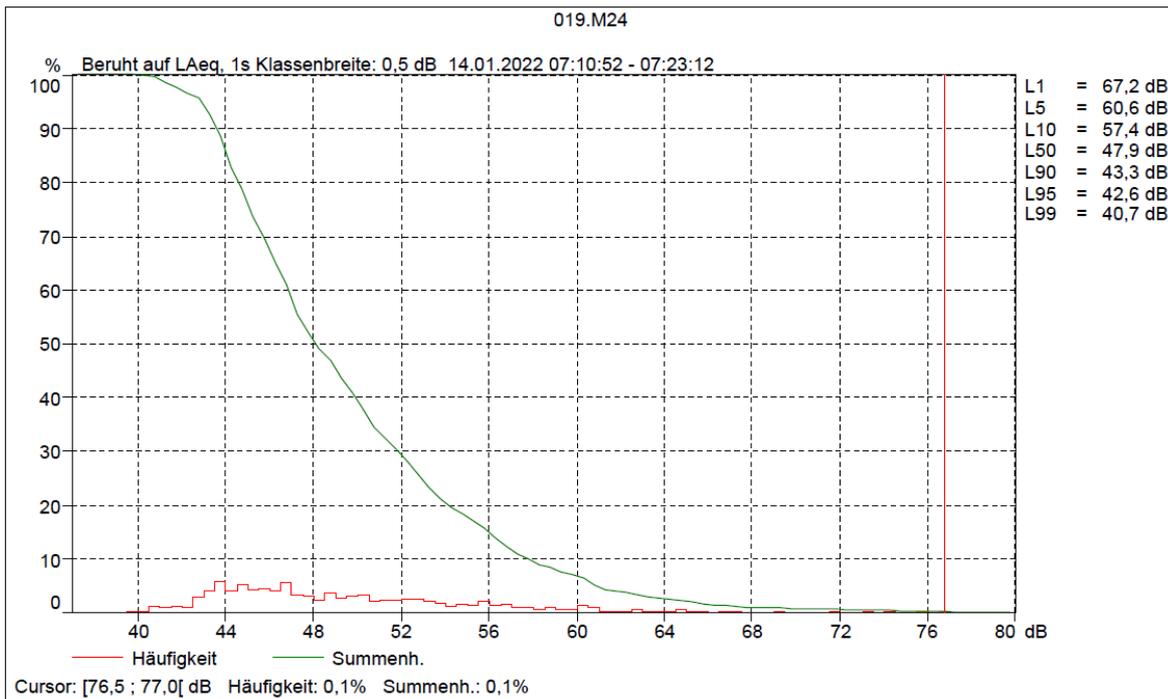


Abbildung 27: Häufigkeitsverteilung Ladevorgang

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFMax [dB]	LAFMin [dB]	LAIIm [dB]	LAIMax [dB]	LAIMin [dB]	LCpk(MaxP) [dB]	LA1 [dB]	LA95 [dB]	Anzahl CSpitzen
Wert				0,00	56,5	84,0	39,4	67,3	88,0	40,0	103,9	67,2	42,6	5
Zeit	07:10:52	07:23:12	0:12:20											
Datum	14.01.2022	14.01.2022												

Tabelle 8: Messergebnis An den alten Schanzen 33, 1220 Wien

Die Auswertung der Daten ergeben einen energieäquivalenten Dauerschallpegel von 65,5 dB. Der Maximalpegel, welcher 84,0 dB anzeigt, wurde durch das Ein- bzw. Ausklappen der Abrollsicke auf der Ladebordwand erreicht. Der Spitzenschalldruckpegel, welcher im Diagramm Abbildung 26 mit der roten Linie dargestellt wird, erreicht einen Spitzenwert von 103,9 dB. Auch diese Spitzen lassen sich auf das Aus- bzw. Einklappen der Abrollsicke zurückführen. Im Laufe der gesamten Messung wurde 5 Sekunden lang der Grenzwert von 100 dB überschritten. Der mittlere Spitzenpegel $L_{A,1}$, liegt bei 67,2 dB und der Basispegel $L_{A,95}$ liegt bei 42,6 dB. Zusammengefasst sind diese Werte in der Tabelle 8 ersichtlich.

7.2.6 Referenzmessung: An den alten Schanzen 33, 1220 Wien

Die Referenzmessung wurde um 07:32:50 Uhr gestartet und endete um 07:39:36 Uhr. Die Umgebungsbedingungen waren die Gleichen wie bei der vorigen Messung beschrieben. Jedoch sind im Laufe der Messung vermehrt Windböen aufgetreten, was zu einem Beenden der Messung nach 6:46 Minuten geführt hat. Zum Zeitpunkt der Referenzmessung war der Spar bereits geöffnet. Diese Tatsache erhöht den Lärmpegel, da mehr Fahrzeuge, Einkaufswägen und Personen unterwegs waren, als bei der Messung zur Ladetätigkeit.

Die maßgebenden Pegelspitzen ergeben sich durch das Schließen von Autotüren und

Kofferraumdeckeln, sowie das Zurückbringen von Einkaufswagen in die Sammelstelle. Diese Pegelspitzen sind in der nachfolgenden Grafik eingetragen. Zu sehen sind die Maximalwerte mit der grünen Linie, die Minimalwerte mit der schwarzen Linie und den energieäquivalenten Dauerschallpegel mit der blauen Linie. Die Spitzenschalldruckpegel werden mit der roten Linie dargestellt. Der Schallpegelmesser war auf einen Bereich zwischen 32 – 112 dB eingestellt, was in der vertikalen Achse sichtbar wird. Die horizontale Achse zeigt den Zeitverlauf.

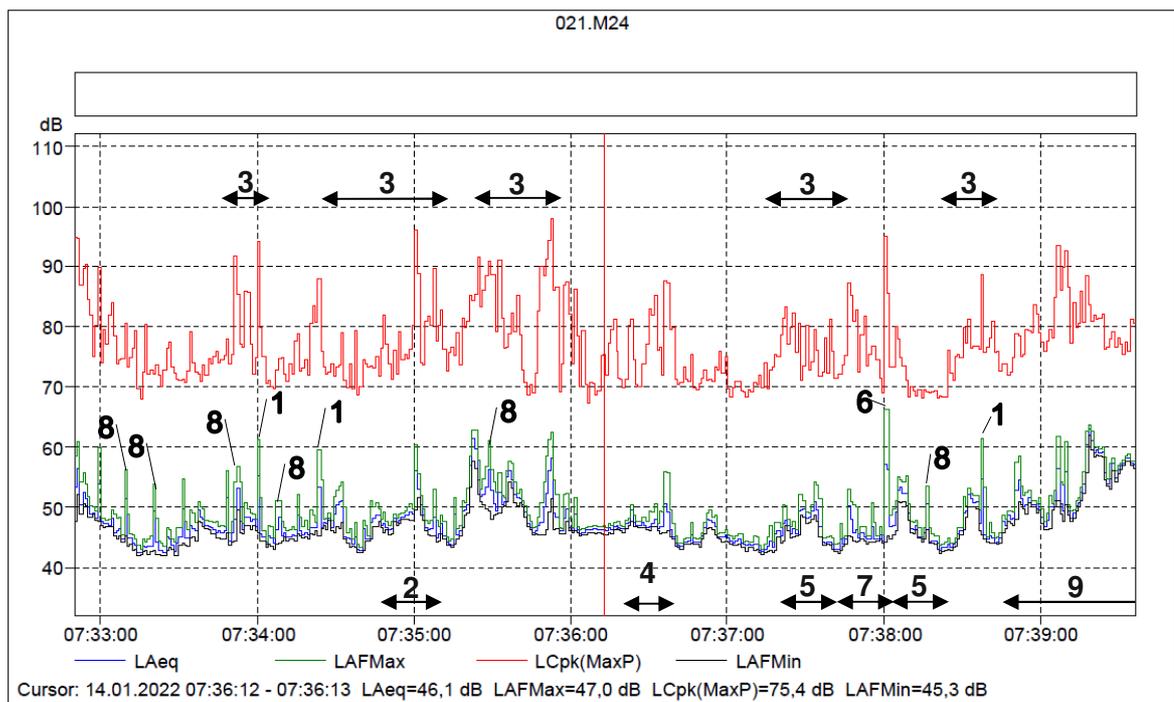


Abbildung 28: Referenzmessung

1. Pegelspitze durch zuschlagende Autotür
2. Geparkter Pkw parkt aus; Pegelspitze durch knirschende Steine unter Reifen
3. Entfernt vorbeifahrende Fahrzeuge bei der Straße
4. Windböe
5. Einkaufswagen wird zum bzw. weg vom Pkw gefahren
6. Pegelspitze durch zuschlagenden Kofferraumdeckel
7. Kofferraum einräumen
8. Einkaufswagen wird in Sammelstelle geschoben
9. Pkw fährt nahe an Messgerät vorbei

Die nachfolgende Grafik zeigt die Überschreitungshäufigkeitsverteilung. Die vertikale Achse zeigt die Prozentangaben und die horizontale Achse die Dezibelwerte aus der Messung. Das Diagramm zeigt, dass der Basispegel $L_{A,95}$ einen Wert von 43,4 dB besitzt. Das bedeutet, dass der Wert von 43,4 dB während der Messung zu 95 Prozent überschritten wird. Der Spitzenwert $L_{A,1}$ überschreitet nur in einem Prozent der Messung den Wert von 60,0 dB. Der Zusammenhang zwischen den Dezibelwerten und den Prozentangaben wird durch die grüne Linie dargestellt.

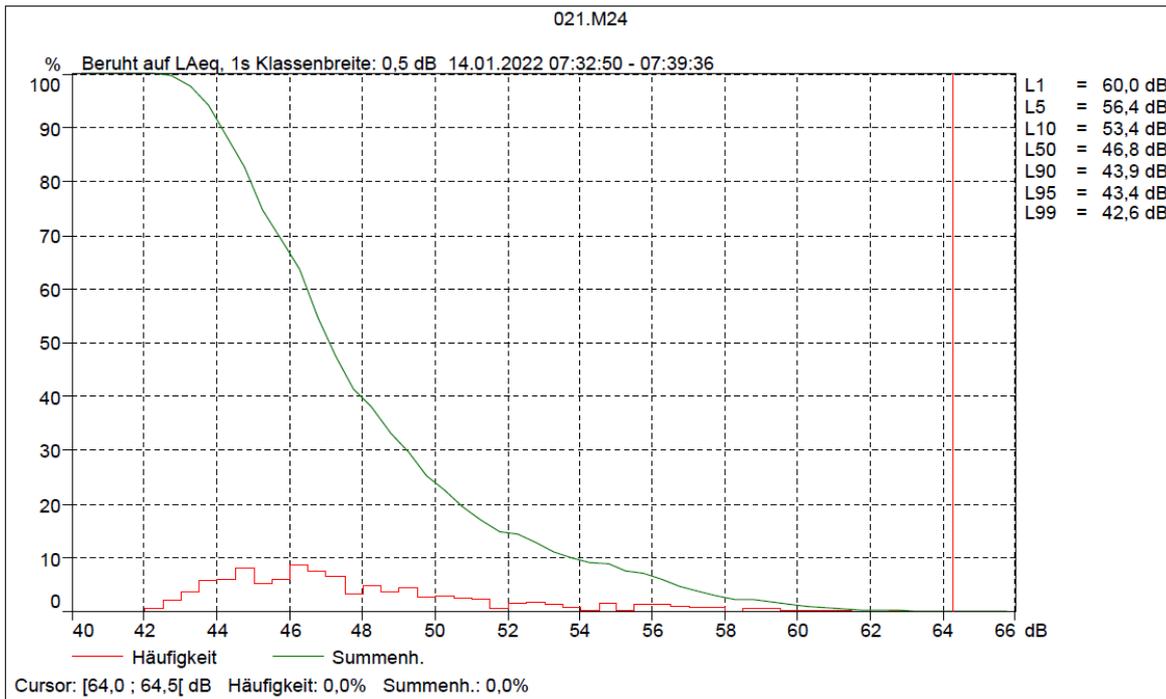


Abbildung 29: Häufigkeitsverteilung Referenzmessung

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFMax [dB]	LAFMin [dB]	LAIIm [dB]	LAIImax [dB]	LAIImin [dB]	LCpk(MaxP) [dB]	LA1 [dB]	LA95 [dB]	Anzahl CSpitzen
Wert				0,00	50,3	66,1	41,8	54,2	69,2	42,2	97,8	60,0	43,4	0
Zeit:	07:32:50	07:39:36	0:06:46											
Datum	14.01.2022	14.01.2022												

Tabelle 9: Messergebnis Referenzmessung An den alten Schanzen 33, 1220 Wien

Die Referenzmessung zeigt einen energieäquivalenten Dauerschallpegel von 50,3 dB. Der Maximalpegel liegt bei 66,1 dB und wird durch das Zuschlagen eines Kofferraumdeckels verursacht. Der Spitzenschalldruckpegel überschreitet die 100 dB Grenze nicht und liegt bei 97,8 dB. Auch der mittlere Spitzenpegel und der Basispegel zeigen sehr geringe Werte mit 60,0 dB und 43,4 dB. Die auftretenden Messwerte sind in der Tabelle 9 zusammengefasst.

7.2.6.1 Vergleich Messergebnis Ladevorgang – Referenzmessung

Beim direkten Vergleich der beiden Messergebnisse ist deutlich sichtbar, dass die Ladetätigkeiten zusätzlichen Lärm verursachen. Der Maximalpegel liegt bei der Ladetätigkeitsmessung bei einem Wert von 84,0 dB, was einen um 17,9 dB höheren Wert als bei der Referenzmessung darstellt. Auch der energieäquivalente Dauerschallpegel besitzt einen höheren Wert. Der Spitzenschalldruckpegel, welcher zur Beurteilung von akut gefährdeten Schallereignissen dient, ist bei der Ladetätigkeitsmessung um 6,1 dB höher. Auch der mittlere Spitzenpegel ist bei der Ladetätigkeitsmessung 7,2 dB höher. Nur der Basispegel ist bei der Referenzmessung um 0,8 dB gering höher. Die Begründung dafür ist, dass zum Zeitpunkt der Referenzmessung der Grundgeräuschpegel höher war als in der Früh bei der Messung zum Entladevorgang.

7.2.7 Einsatzfahrzeug Messort: Alser Straße 69, 1080 Wien

Der Messort zur Datenerhebung von Einsatzfahrzeugen mit eingeschaltetem Folgetonhorn befand sich in der Alser Straße 69 im 8. Wiener Gemeindebezirk, zu sehen auf der Abbildung 30. Die Messung fand im 2. Stock vor einem geöffneten Fenster statt. Der Schallpegelmesser befand sich am äußeren Fensterbrett, wobei nach Norm die 0,5 Meter zur äußeren Fassadenkante nicht eingehalten werden konnten. Am Messort gibt es eine geschlossene mehrstöckige Bebauung. Durch die nahe Lage zum Hernalser Gürtel und dem nahe gelegenen Allgemeinen Krankenhaus sind in dieser Gegend sehr oft Einsatzfahrten hörbar. Direkt unter dem Messort auf der gegenüberliegenden Straßenseite befindet sich die Straßenbahnhaltestelle der Linie 44. Die Fahrbahnen als auch die Gehsteige sind asphaltiert. Die angegebenen Entfernungen sind Referenzwerte und wurden graphisch ermittelt. Der Lageplan zur beschriebenen Messumgebung ist in Abbildung 31 zu sehen.

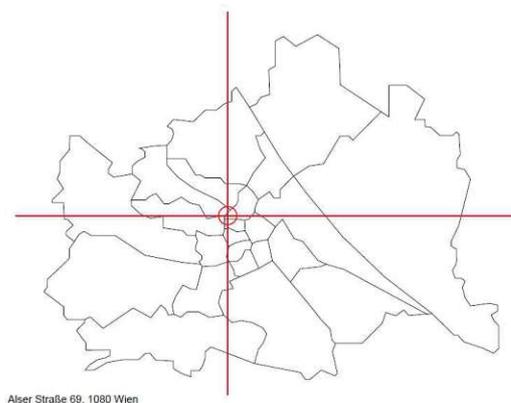


Abbildung 30: Übersicht Alser Straße 69, 1080 Wien

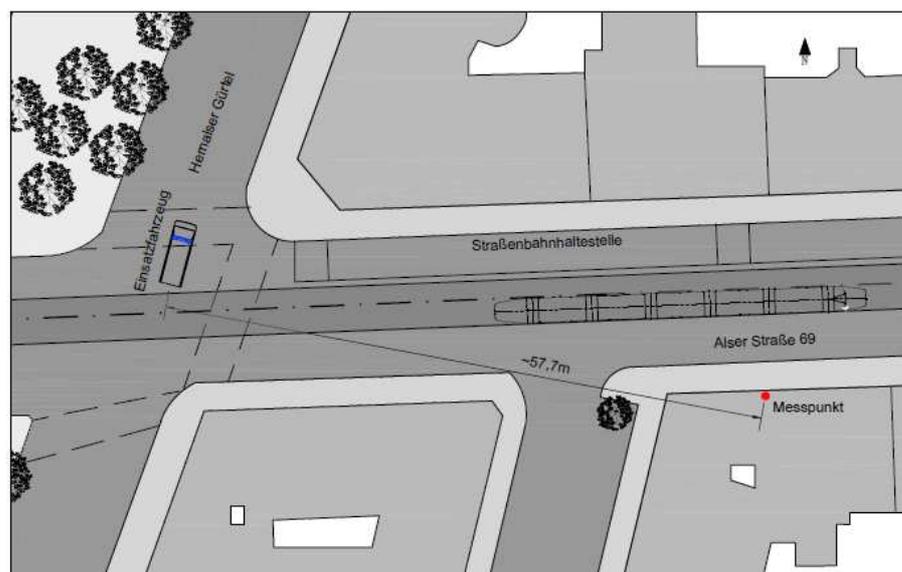


Abbildung 31: Messort Alser Straße 69, 1080 Wien

Die Messung zur Erfassung eines Einsatzfahrzeuges mit eingeschaltetem Folgetonhorn wurde am 27. Jänner 2022 um 14:40:17 Uhr gestartet und nach 9:28 Minuten beendet.

Das Messende lag somit bei 14:49:45 Uhr. Zum Zeitpunkt der Messung lag die Temperatur bei 7° Celsius. Es wehte eine schwache Brise aus Westen mit einer Geschwindigkeit von 21 km/h. Vereinzelt waren Böen mit Spitzengeschwindigkeiten von 65 km/h möglich. Die Luftfeuchtigkeit lag bei 56 Prozent und es war bewölkt mit einer Bewölkungsrate von 75 Prozent.

Bei der Messung wurde kein Windschirm verwendet.

Der Messbereich des Schallpegelmessers war zwischen 52,0 dB und 132,0 dB eingestellt, zu sehen auf der vertikalen Achse der Abbildung 32. Die horizontale Achse stellt den zeitlichen Verlauf der Messung dar. Gestartet wurde um 14:10:17 Uhr und geendet nach 9:28 Minuten um 14:49:45 Uhr. Da vereinzelt die Messwerte unter die 52 dB Grenze gefallen sind, konnte in weiterer Folge kein Minimalwert ausgegeben werden. Der Minimalwert wird durch die schwarze Linie dargestellt. Die grüne Linie stellt den Maximalwert dar und die blaue Linie den energieäquivalenten Dauerschallpegel. Alle drei Auswertungen werden mit der A-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „Fast“ ermittelt. Die rote Linie stellt den Spitzenschalldruckpegel dar und wird mit der C-Frequenzbewertung und der Zeitbewertung „peak“ ermittelt. Die vertikale rote Linie stellt den Cursor dar.

Die graphische Auswertung (Abbildung 32) zeigt ein nichtperiodisch schwankendes Geräusch. Die einzelnen Pegelspitzen werden von vorbeifahrenden Fahrzeugen am Messort ausgelöst. Durch den nahe gelegenen Hernalser Gürtel ist ein lauter Grundgeräuschpegel vorhanden.

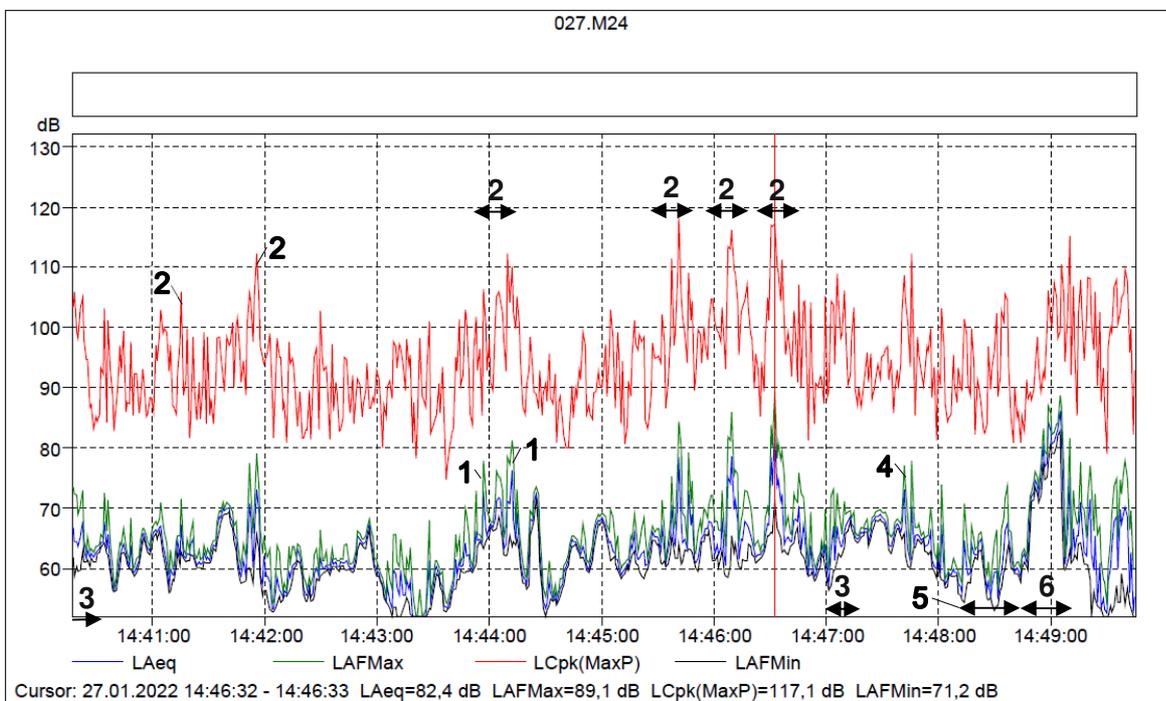


Abbildung 32: Lärmmessung Folgetonhorn

1. Pegelspitze durch Hupe
2. Windböen
3. Vorbeifahrt der Straßenbahn
4. Pegelspitze, rufende Kinder
5. Einsatzfahrzeug mit Folgetonhorn in der Ferne
6. Einsatzfahrzeug mit Folgetonhorn in der Nähe (siehe Abbildung 31)

Die weiteren Pegelspitzen ergeben sich durch direkte oder indirekte am Gürtel vorbeifahrende Fahrzeuge.

Im Zeitabschnitt 5 der Abbildung 32 nähert sich ein Einsatzfahrzeug mit eingeschaltetem Folgetonhorn dem Messort. Der Zeitabschnitt 6 kennzeichnet jenen Moment, an welchem das Einsatzfahrzeug sich der Kreuzung Hernalser Gürtel – Alser Straße nähert und diese überquert. In der anschließenden Abbildung 33 ist der Zeitausschnitt 6 groß dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Maximalpegel durch das Folgetonhorn in die Höhe schnell und einen Wert von 89,1 dB erreicht. Ebenso wird der Spitzenschalldruckpegel von 118,0 dB erreicht.

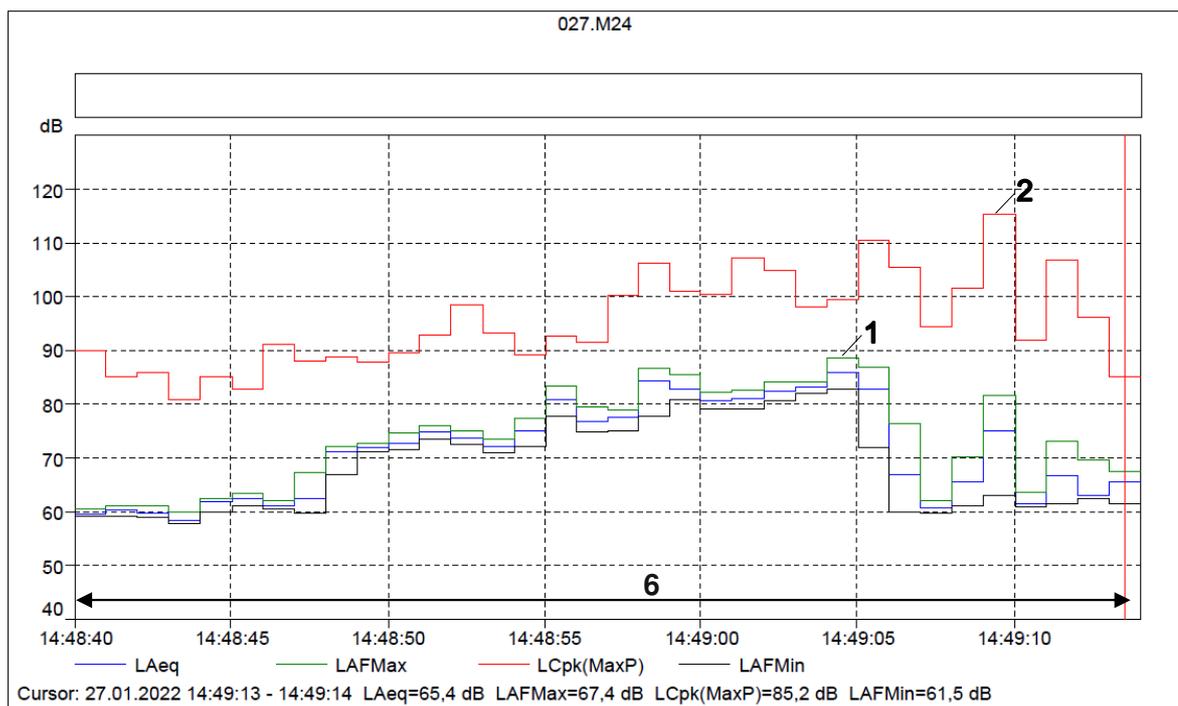


Abbildung 33: Ausschnitt Einsatzfahrzeug Folgetonhorn

1. Maximalpegel $L_{A,F,max}$ 89,1 dB
2. Spitzenschalldruckpegel $L_{C,pk}$ (MaxP) 118,0 dB
6. Einsatzfahrzeug mit eingeschaltetem Folgetonhorn

Die nachfolgende Grafik zeigt die Überschreitungshäufigkeitsverteilung. Die vertikale Achse zeigt die Prozentangaben und die horizontale Achse die Dezibelwerte aus der Messung. Das Diagramm zeigt, dass der Basispegel $L_{A,95}$ einen Wert von 55,0 dB besitzt.

Das bedeutet, dass der Wert von 55,0 dB während der Messung zu 95 Prozent überschritten wird. Der Spitzenwert $L_{A,1}$ überschreitet nur in einem Prozent der Messung den Wert von 82,3 dB. Der Zusammenhang zwischen den Dezibelwerten und den Prozentangaben wird durch die grüne Linie dargestellt. Die roten Rechtecke an der horizontalen Achse zeigen an, wie viele Prozent an der Gesamtsumme ein Dezibelwert besitzt.

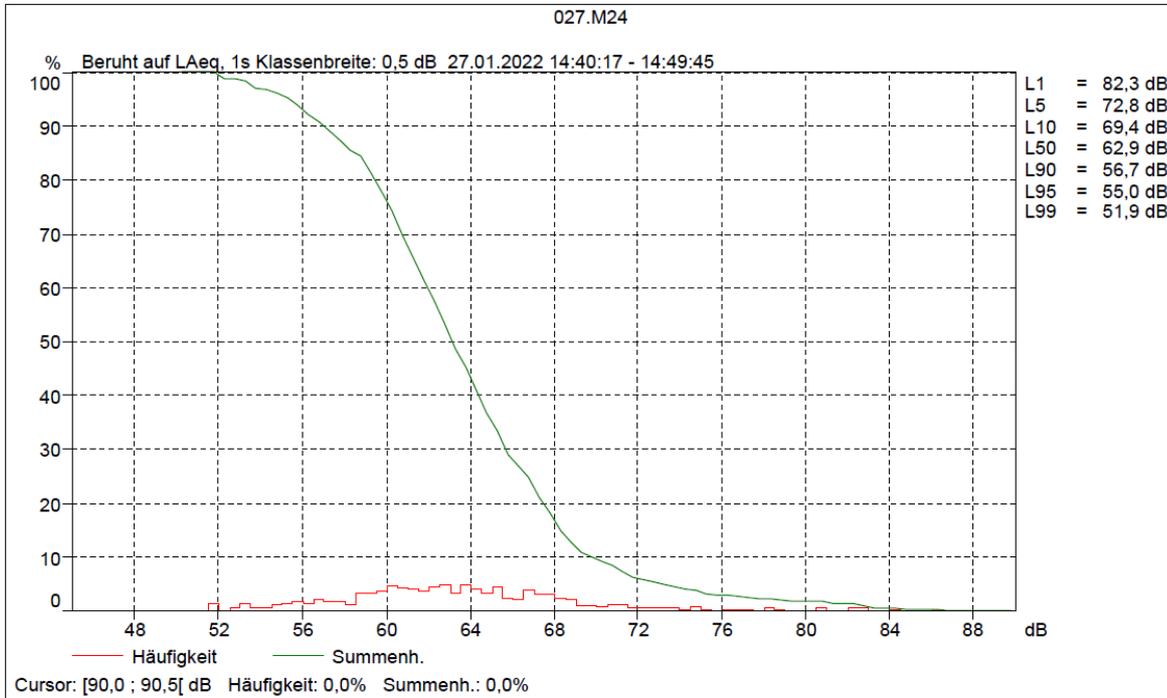


Abbildung 34: Häufigkeitsverteilung Gesamtmessung

	Startzeit	Endzeit	Verstrichene Zeit	Übersteuerung [%]	LAeq [dB]	LAFMax [dB]	LAFMin [dB]	LAlm [dB]	LAIMax [dB]	LAIMin [dB]	LCpk(MaxP) [dB]	LA1 [dB]	LA95 [dB]	Anzahl CSpitzen
Wert				0,00	68,6	89,1	---	74,6	91,6	52,0	118,0	82,3	55,0	127
Zeit:	14:40:17	14:49:45	0:09:28											
Datum	27.01.2022	27.01.2022												

Tabelle 10: Messergebnis Alser Straße 69, 1080 Wien

Das Folgetonhorn lässt den Schalldruckpegel sprunghaft ansteigen und erreicht dadurch die gewünschte Signalwirkung. In der Abbildung 33 ist ebenfalls ersichtlich, dass bei einem Einsatz des Folgetonhorns die 100 dB – Grenze für mehrere Sekunden überschritten wird.

All diese Werte werden trotz einer Entfernung von mehr als 57 Metern zum Emissionsort erreicht. Der Immissionswert fällt noch höher aus, wenn Wohngebäude näher an Hauptverkehrsrouen liegen.

In Tabelle 10 sind die gemessenen Werte der gesamten Lärmmessung zusammengefasst. Da der Einsatz eines Folgetonhorns nicht voraussehbar ist, ist es nicht möglich eine Messung nur für diesen Einsatz zu starten. Aus diesem Grund ist es auch nicht zielführend die Messung mit einer Referenzmessung zu vergleichen.

7.3 Häufigkeit des Auftretens von Lärmquellen

Im vorigen Kapitel wurden durch Datenerhebungen maßgebende Lärmquellen und Pegelspitzen ermittelt. In diesem Kapitel wird eine Abschätzung durchgeführt, wie häufig die zusätzlichen Lärmquellen auftreten können.

7.3.1 Anzahl der Entleerungsfahrten der Müllabfuhr

Die Restmüllentleerung der Mülltonnen durch die Wiener Müllabfuhr findet mindestens einmal pro Woche statt. Je nach Bedarf und Notwendigkeit kann die Entleerung auch sechsmal pro Woche durchgeführt werden. In Ausnahmefällen kann die Entleerung auch auf zweimal täglich erhöht werden. Zusätzlich zum Restmüll findet auch eine Entleerung der Biotonnen sowie des Altpapiers, der Dosen und Kunststoffbehälter statt. Durch die telefonische Auskunft des Wiener Misttelefons findet beispielweise die Entleerungen an der Adresse Hannah-Arendt-Platz 1-3 in der Seestadt Aspern an unterschiedlichen Tagen statt. Der Restmüll sowie Dosen und Kunststoff werden am Montag geholt, der Biomüll am Dienstag und das Altpapier am Mittwoch.⁵⁸

Dadurch wird ersichtlich, dass Anrainer mehrmals pro Woche dem Lärm der Müllabfuhr ausgesetzt sind. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass nicht an allen Adressen alle Sammelstoffe gesammelt werden. Gerade in den weniger verbauten Gebieten werden oft Sammelstellen nur an zentralen Punkten in der näheren Umgebung errichtet.

7.3.2 Anzahl der Ladetätigkeiten

Die Warenzulieferung zu Supermärkten besitzt ein komplexes System. Die Filialgruppe Billa und Billaplus setzt das nachfolgend beschriebenen System um. Die Ware befindet sich in unterschiedlichen Lagern und wird von dort zu den Filialen gebracht. Zusätzlich zu den verschiedenen Lagern gibt es Direktlieferanten und externe Zusteller. Das Frischesortiment wird einmal am Tag in jede Filiale geliefert. Beim Trockensortiment gibt es verschiedene Lagertypen. Aus dem Zentrallager bekommt jede Filiale je nach Umsatzgröße 2-4 Lieferungen pro Woche zugestellt. Aus dem Schnelldreher-Lager, dort befinden sich Artikel mit einer hohen Umschlagshäufigkeit, kommt 2-4 mal pro Woche eine Lieferung je nach Filialtyp. Aus dem zentralen Langsamdreher-Lager, dort befinden sich Waren mit einer geringen Abverkaufsgeschwindigkeit und dem Cross-Docking-Lager kommt jeweils einmal pro Woche eine Lieferung. Bei Cross Docking wird die Ware nicht mehr traditionell gelagert, sondern direkt umgeschlagen und zum Kunden versendet. Diese Waren werden gebündelt mit einem Lkw angeliefert und nehmen gegebenenfalls noch Ware aus anderen

⁵⁸ Vgl [45]; [41]

internen Lagern mit. Je nach Filialtyp kommt von einem externen Logistikdienstleister einmal täglich eine Lieferung mit Frischeware. Das Tiefkühlsortiment wird je nach Umsatzmenge 1-6 mal pro Woche angeliefert.⁵⁹

Aufsummiert ergibt das eine Auslastung von 9 Anlieferungen pro Woche, wenn die geringste Umsatzmenge berechnet wird.

7.3.3 Anzahl der Einsatzfahrten

Wie bereits im Kapitel 4.4 beschrieben, fährt die Wiener Rettung ungefähr 539 Fahrten pro Tag. Bei der Polizei sind es ca. 1.200 Einsätze pro Tag und bei der Wiener Feuerwehr 90 Einsatzfahrten. Zusammen ergibt das eine Gesamtsumme von ungefähr 1829 Einsätze pro Tag. Vertrauenswürdige Quellen zur Einsatzhäufigkeit von Folgetonhörnern waren nicht auffindbar. Doch unter der Annahme, dass bei nur einem kleinen Bruchteil von 10 Prozent ein Folgetonhorn verwendet wird, würde das ca. 183 Einsätze pro Tag darstellen. Das würde bedeuten, dass im Schnitt alle 7,9 Minuten ein Folgetonhorn in Wien ertönt.

⁵⁹ [16]; Vgl [51]; Vgl [52]

8 Analyse der Ergebnisse

Im nachfolgenden Kapitel werden die erhaltenen Messergebnisse zusammengefasst und mit den gestellten Forschungsfragen verglichen.

Das Ziel der Arbeit ist es, Antworten auf folgende Forschungsfragen zu bekommen:

- Welche Lärmquellen gibt es im Straßenverkehr, die nicht in Lärmkarten erfasst werden?
- Wie hoch sind die Pegelspitzen, die daraus entstehen?
- Wie oft und in welchem Umfang treten sie auf?
- Welche Lösungsvorschläge gibt es?

Untersucht wurden die Tätigkeiten der Müllabfuhr, die Lärmentwicklung von Ladetätigkeiten und der Einsatz von Folgetonhörnern bei Einsatzfahrten. Auf die letzte Forschungsfrage, welche Lösungsvorschläge es gibt, wird im Kapitel 9 eingegangen.

Die Messungen wurden in Anlehnung an die ÖNORM S 5004 durchgeführt. Jedoch konnten teilweise die Vorgaben der Norm zur Messung von Immissionsschalldruckpegel nicht eingehalten werden. Im Zubehör des Schallpegelmessers waren keine Windschirme enthalten, deshalb wurden die Messungen ohne diese durchgeführt. Auch die geometrischen Abmessungen konnten wie im Kapitel 7.2 beschrieben nicht immer eingehalten werden. Kalibriert wurde das Gerät am Anfang vor dem Start der Messungen und am Ende der Messaufzeichnungen. Zwischen den einzelnen Messungen konnte keine Kalibrierung durchgeführt werden.

Bei allen Messungen gab es unterschiedliche Randbedingungen. Sie wurden an unterschiedlichen Orten mit verschiedenen Abständen, Untergrundverhältnissen und meteorologischen Bedingungen durchgeführt. Die erhaltenen Werte dienen daher als Richtwerte und liefern eine Größenordnung der Dezibelwerte. Entscheidend ist jedoch, dass durch die Datenerhebungen die Pegelspitzen ausfindig gemacht und dadurch die entsprechenden Maßnahmen dazu gefunden werden konnten.

8.1 Ergebnisse Müllabfuhr

Die Ergebnisse zur Messung der Müllabfuhr führen zu folgender Schlussfolgerung. Der Arbeitsablauf vom Aufdrehen der Müllpresse, dem Anheben der Kübel und dem Schwenken der Kübel ist der Hauptverursacher von Lärm. Die maßgebenden Pegelspitzen entstehen durch das Schwenken der Kübel und dem damit verbunden Anschlagen der Kübel

an der Karosserie. Die Spitzenschalldruckpegel, mit C-Frequenzbewertung ermittelt, erreichen Werte von 99,4 dB und 100,6 dB. Die dazugehörigen Maximalwerte, welche mit der A-Frequenzbewertung ermittelt wurden, ergeben Werte von 79,1 dB und 78,3 dB.

Die Müllabfuhr entleert den Restmüll mindestens einmal pro Woche an jeder Adresse in Wien, wobei im dicht verbauten Gebiet die Wahrscheinlichkeit sehr hoch ist, dem Lärm der Müllabfuhr mehrmals pro Woche ausgesetzt zu sein.

8.2 Messergebnisse Ladetätigkeit

Die Auswertung der Messergebnisse zur Ladetätigkeit liefert mehrere Tätigkeiten, welche die Pegelspitzen hervorrufen. Das Öffnen und Schließen der Abrollsicke auf der Ladebordwand sind die häufigsten Lärmquellen und verursachen Spitzenschalldruckpegel von 103,8 dB und dazugehörige Maximalpegel von 84,0 dB. Weiters ist das Herunterfahren der Rollbehälter von der Ladebordwand eine markante Lärmquelle und verursacht ähnlich hohe Werte wie zuvor angegeben. Auch Arbeiten im Lkw, wie beispielweise das Öffnen von Verschlüssen führt zu hohen Pegelspitzen mit Spitzenschalldruckpegelwerten von 93,1 dB. Ladetätigkeiten können mindestens einmal täglich bis mehrmals täglich stattfinden.

8.3 Messergebnisse Einsatzfahrzeug

Der Einsatz eines Folgetonhorns erreicht wie gewünscht eine Signalwirkung. Trotz ungefähr 57 Meter Abstand zur Kreuzung werden Spitzenschalldruckpegel von 118,0 dB erreicht. Der Maximalpegel zum Zeitpunkt des eingeschalteten Folgetonhorns beträgt 89,1 dB. Einsätze von Blaulichtorganisationen kommen in Wien am Tag sehr häufig vor. Unter der Annahme, dass 10 Prozent der Einsätze ein Folgetonhorn verwenden, würde alle 7,9 Minuten ein Folgetonhorn in Wien ertönen, allein von den drei Hauptrettungsorganisationen Rettung, Feuerwehr und Polizei.

8.4 Zusammenfassung Messergebnisse

Die nachfolgende Tabelle fasst die zuvor beschriebenen Tätigkeiten und die dazugehörigen Pegelspitzen zusammen.

Mit den durchgeführten Messungen konnten die lärmverursachenden Tätigkeiten ausfindig gemacht werden. Durch den Vergleich der Messergebnisse mit den Referenzmessungen der Umgebung werden die als besonders störend empfundenen Pegelspitzen deutlich. Die erhaltenen Werte dienen als Richtwerte und zeigen eine Größenordnung der Lärmbelastung.

Zusammenfassung Messergebnisse			
Kategorie	Tätigkeit	Spitzenschall- druckpegel $L_{C,pk}$ [dB]	Maximalpegel $L_{A,F,max}$ [dB]
Müllabfuhr	anschlagen der Kübel an Karosserie	99,4	79,1
		100,6	78,3
Ladetätigkeit	öffnen und schließen der Abroll- sicherung	103,8	84,0
	herunterfahren der Rollbehälter von der Ladebordwand	92,9	76,5
	öffnen von Verschlüssen	93,1	75,2
Einsatzfahrzeug	eingeschaltetes Folgetonhorn	118,0	89,1

Tabelle 11: Zusammenfassung Messergebnisse

9 Präventionsmaßnahmen & Lösungen

Die vorherigen Kapitel geben einen Überblick über die zusätzlich vorhandenen Lärmquellen. Sie beschäftigen sich auch mit dem Auffinden von lärmverursachenden Tätigkeiten und dem Messen von Pegelspitzen. Jedoch stellt sich die Frage, welche alternativen Lösungsmöglichkeiten es zur Vermeidung oder Reduzierung von Lärm gibt.

Um die beste Vorgehensweise zu finden, Lärm zu reduzieren, gliedern sich die Lösungsvorschläge in drei Konzepte. Das erste Konzept sieht die Vermeidung der Lärm-entstehung vor. Dies ist durch die Verminderung der Verkehrsstärke möglich, geänderte Siedlungsstrukturen oder auch andere alternative Systeme stellen eine Möglichkeit dar. Das zweite Konzept sieht die Problembehebung an der Lärmquelle selbst vor. Diese Maßnahmen sind weniger effizient wie die zuvor genannten, jedoch bewirken sie ebenfalls einen Vorteil für die gesamte Bevölkerung. Die letzte Maßnahme stellt Eingriffe am Immissionsort dar. Dadurch werden nur lokale Verbesserungen erzielt.⁶⁰ Im nachfolgenden Kapitel wird auf die verschiedenen Möglichkeiten näher eingegangen.

9.1 Vermeidung von Lärmquellen

Das Konzept der Vermeidung setzt am gesamten System an, sodass die Lärmquellen gar nicht erst entstehen können. In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Möglichkeiten dafür vorgestellt.

9.1.1 Vermeidung von Verkehr

Die Verringerung der Verkehrsmenge hat nicht nur den Vorteil der Reduktion des Lärms, sondern ist auch ein wesentlicher Bestandteil der Mobilitätswende. Hierbei wird versucht durch unterschiedliche Maßnahmen, den Individualverkehr zu verringern, zu verlagern und zu verbessern um zu einer nachhaltigen Mobilität zu gelangen. Weiters sollen diese Maßnahmen auch dazu beitragen, die gesetzten Klimaziele zu erreichen.

Die wichtigsten Punkte stellen die Förderung des öffentlichen Verkehrs sowie des Fußgänger- und Radverkehrs dar. Eine geänderte Flächennutzung durch Umnutzung von

⁶⁰ Vgl [31]

Fahrbahnen und Parkplätzen wird ebenfalls umgesetzt. Gerade in Städten wie Wien kommen viele verschiedene Nutzungsansprüche wie Wohnen, Arbeiten und Freizeit zusammen.⁶¹

„Der Grundsatz „Verkehr vermeiden, dann Verkehr verlagern, dann Verkehr verbessern“ kann in urbanen Mobilitätsstrategien durch die Umsetzung einer Stadt der kurzen Wege, der Förderung von aktiver Mobilität, öffentlich zugängliche Mobilitätsangebote, Multimodalität und Sharing sowie Elektrifizierung von Fahrzeugen verfolgt werden.“⁶²

Um eine Reduktion des Verkehrs zu erreichen sind daher verschiedenen Maßnahmen notwendig. Dazu gehören siedlungs- und verkehrsplanerische Änderungen, umweltfreundliche alternative Systeme aber auch Anreize mit dem Ziel der Verhaltensänderung. In Wien ist die Anzahl der Autobesitzer bereits rückläufig. Im Jahr 2018 waren pro 1.000 Einwohner 29 Pkws weniger zugelassen als noch im Jahr 2005. Durch die zuvor aufgezählten Maßnahmen kann die Mobilität gesteigert und zeitgleich der Individualverkehr verringert werden.⁶³

9.1.2 Geänderte Siedlungsstrukturen

Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, spielt die Siedlungsplanung bei der Vermeidung von Verkehr eine wichtige Rolle. Die Stadtplanung richtete sich früher nach den Vorgaben des Individualverkehrs. Die einzelnen Funktionen wie Arbeit, Wohnen oder Freizeit wurden getrennt und es kam zu einer Zersiedelung. Durch den Ansatz „Die Stadt der kurzen Wege“ wird diese Zersiedelung aufgehoben und rückgebaut. Die Idee dahinter ist, dass alle lebensnotwendigen Einrichtungen, wie die Arbeit, Versorgungseinrichtungen aber auch Freizeitorte in der nahen Umgebung liegen und keine zusätzlichen Wege mit dem Pkw zurückgelegt werden müssen. Hierzu wird die Nutzung von Erdgeschoßzonen gezielter verfolgt und neue Angebote für Nahversorger geschaffen. Der öffentliche Raum soll wieder attraktiviert werden, durch Schaffung von Aufenthaltsorten und durch Stärkung des Fuß- und Radverkehrs. Barrierefreie Erreichbarkeit, Beschattungselemente oder auch die Umnutzung der Verkehrsflächen des ruhenden Individualverkehrs tragen dazu bei.⁶⁴

Eine weitere Maßnahme ist, Konfliktgebiete im Vorhinein zu trennen, welche bereits in der Raumplanung umgesetzt werden kann. So sollten stark frequentierte Straßen nicht durch

⁶¹ Vgl [20]

⁶² [20]

⁶³ Vgl [20]; Vgl [30]

⁶⁴ Vgl [21]; Vgl [22]

Wohngebiete geführt werden. Weiters sollten Wohngebiete und Erholungsräume nicht in direkte Nähe zu Industriegebieten entstehen.⁶⁵

9.1.3 Reduzierung Entleerungslärm

Durch den steigenden Wohlstand der Gesellschaft wird mehr Abfall produziert. Jedoch führt diese Tatsache dazu, dass mehr Entleerungsfahrten der Müllabfuhr notwendig sind, um den Müll zu entsorgen. Schon ein paar kleine Änderungen im Alltag tragen zur Abfallvermeidung bei und schonen gleichzeitig die Umwelt.

Lebensmittel sollten zum Beispiel möglichst unverpackt gekauft werden und mit Mehrwegtaschen nach Hause getragen werden. Wo die Möglichkeit besteht, sollte Wasser aus der Leitung getrunken werden oder auf Mehrwegflaschen zurückgegriffen werden. Zum Einkaufen sollten wir lieber gehen, mit dem Rad fahren oder die öffentlichen Verkehrsmittel benutzen, anstatt online zu bestellen. Dadurch wird weniger Verpackungsmaterial benötigt und zusätzlich wird der Lieferverkehr reduziert. Alte oder kaputte Sachen sollten repariert oder wiederverwertet werden, bevor sie entsorgt werden.⁶⁶

Allein diese wenigen Maßnahmen zeigen das Potential, welches bei der Abfallvermeidung noch erreicht werden kann. Nur durch die Reduktion der Abfallmengen kann die Fahrtenhäufigkeit der Müllabfuhr minimiert werden.

Die Mülltrennung ist ein wichtiger Baustein zum Schutz der Umwelt. Die gesammelten Altstoffe werden recycelt und wiederverwertet. Durch die Mülltrennung landen 40 Prozent weniger Abfälle im Restmüll.⁶⁷

Durch die getrennte Müllentleerung (Restmüll, Glas, Papier,...) wird im ersten Moment die Annahme getroffen, dass mehr Verkehr durch die zusätzliche Abholung der Behälter entsteht. Jedoch ändert die Art der Müllsammmlung nicht die Menge des anfallenden Mülls. Würden die Altstoffe nicht getrennt gesammelt werden, würde der gesamte Müll in der Restmülltonne landen. Letztendlich bleibt die Gesamtanzahl der Entleerungsfahrten gleich. Das bedeutet, um die Fahrten der Müllabfuhr zu reduzieren, ist es notwendig, weniger Müll zu erzeugen.

9.1.4 Alternative Müllsammelsysteme

Ein alternatives Müllsammelsystem stellt eine pneumatische Abfallsammelanlage dar. Bei diesem System wird der Müll über unterirdische Leitungen mit Hilfe von Unterdruck abtransportiert und an Sammelstellen gelagert. Die Einwurfföffnungen für den Müll können

⁶⁵ Vgl [54]

⁶⁶ Vgl [32]; [27]

⁶⁷ Vgl [44]

sich in Gebäuden oder auch im öffentlichen Raum befinden. Besonders effizient ist diese Anlage an Standorten an denen viel Müll in einem kleinen Bereich anfällt, wie zum Beispiel in dicht bebauten Gebieten, Bürogebäuden oder Krankenhäusern. Der eingeworfene Müll wird über Rohrsysteme abtransportiert. Voraussetzung ist, dass es sich um kleinstückige Abfälle handelt, Sperrmüll muss gesondert entsorgt werden. An den Sammelstellen wird der Müll in Abrollcontainer gesammelt oder von Müllsammelfahrzeugen abgeholt. Um diese Anlage zu installieren, ist im Vorfeld eine gute Planung der Rohrleitungsführung und der Bemessung notwendig.

Die Vorteile dieses Systems stellt der geringe Platzbedarf dar. Es sind keine Müllräume notwendig. Die Entleerung der Kübel fällt weg und somit entfällt auch die damit verbundene Lärm- und Geruchsbelästigung. In der nachfolgenden Abbildung ist das System der pneumatischen Abfallsammelanlage schematisch dargestellt.⁶⁸

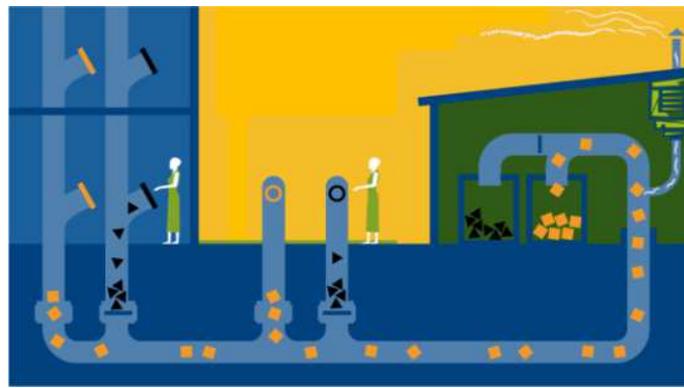


Abbildung 35: Schema pneumatischen Abfallsammelanlage⁶⁹

Die schwedische Firma Envac wirbt mit der Aussage, dass mit diesem System der Lärm, welcher durch den Müllsammelverkehr entsteht, sowie die Emissionen und die Umweltverschmutzung um bis zu 90 Prozent reduziert wird. Dieses System kommt bereits in einigen Städten, Flughäfen oder auch Krankenhäusern zum Einsatz und stellt eine neue Möglichkeit zum bereits bestehenden System dar.⁷⁰

9.1.5 Reduzierung des Lärms von Ladetätigkeiten

Eine weitere Möglichkeit eine geringere Lärmbelastung zu erreichen, ist die Anzahl der Anlieferungen pro Tag und Woche zu reduzieren. Hierzu müsste die Ware von mehreren Lagern und Anbietern gesammelt werden und zusammen an die Filiale ausgeliefert werden. Um das zu erreichen, müsste das bestehende System aus interner Anlieferung, Anlieferung von Direktanbietern und zusätzlich von externen Zustellern überarbeitet werden.

⁶⁸ Vgl [15]

⁶⁹ [15] Seite 2

⁷⁰ Vgl [18]

Weiters sollte die Auslieferung der Ware nicht in den Nachtstunden erfolgen, da zu diesem Zeitpunkt die auftretenden Pegelspitzen als besonders störend wahrgenommen werden. Wird Tiefkühlware geliefert, sollten die Kühlaggregate durch eine externe Stromversorgung betrieben werden, dann müsste die Kühlung nicht durch den laufenden Motor betrieben werden.⁷¹

9.1.6 Standortwahl Einsatzzentralen

Die Anzahl der Einsatzfahrten lässt sich aus raumplanerischer und technischer Sicht nicht beeinflussen. Jedoch kann die Fahrtlänge, welche ein Einsatzfahrzeug mit eingeschaltetem Folgetonhorn zurücklegt, verkürzt werden. Hierfür ist eine ausgewogene flächige Verteilung von Einsatzzentralen notwendig. Diese Erkenntnis sollte bei neuen Stadtplanungsprojekten mitberücksichtigt werden.

9.2 Emissionen reduzieren

Der Emissionsort stellt jenen Ort dar, an dem das störende Geräusch entsteht. Durch geeignete Maßnahmen könnte die Lärmbelastung für die Betroffenen reduziert werden.⁷² Auf Basis bestehender Lösungen und Literatur werden nachfolgend unterschiedliche Lösungsvorschläge für die Emissionsquellen angeführt.

9.2.1 Geschwindigkeitsreduzierung von 50 km/h auf 30 km/h

Eine sehr effektive Maßnahme um bereits bestehenden Straßenverkehrslärm zu reduzieren, ist die Herabsetzung des Tempolimits im Ortsgebiet von 50 km/h auf 30 km/h. Durch diese Verlangsamung werden ungefähr 4 dB weniger emittiert. Eine Dezibelreduktion von 3 dB nimmt das menschliche Gehör wie eine Halbierung des Verkehrsaufkommens war.⁷³

9.2.2 Verbesserungen Müllsammelfahrzeuge

Das gängige Müllsammelfahrzeug in Wien ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt. Es besteht aus einer Fahrerkabine und einem Sammelbehälter mit eingebauter Müllpresse. Der Sammelbehälter hat ein Fassungsvermögen von 13.000 kg. Die

⁷¹ Vgl [19]

⁷² Vgl [54]

⁷³ Vgl [29]

Entleerung der Kübel erfolgt am Heck des Fahrzeugs, wobei die Kübel angehoben und kopfüber in das Fahrzeug entleert werden.⁷⁴

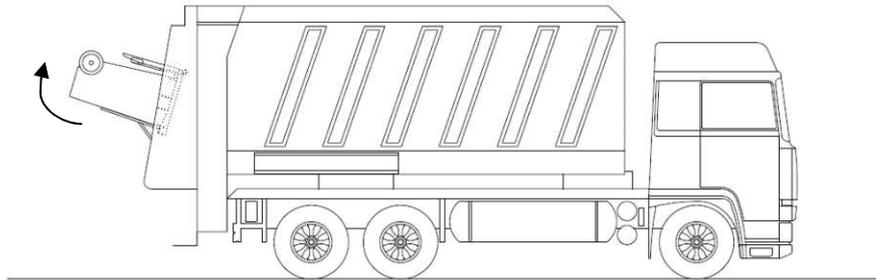


Abbildung 36: Schema Müllsammelfahrzeug

Die maßgebenden Pegelspitzen bei der Entleerung durch ein Müllsammelfahrzeug entstehen durch das Anschlagen der Kübel an der Hebevorrichtung. Die Kübel werden an der Hebevorrichtung eingehängt, um 180 Grad gedreht und dann kopfüber geschwenkt. Bei dem Schwenkvorgang schlägt der Kübel an der Hebevorrichtung an.

Um diese Lärmentwicklung zu minimieren, gibt es zwei Lösungsvorschläge, wobei darauf hingewiesen wird, dass die Machbarkeit von Professionisten im Bereich Maschinenbau geprüft werden müsste.

Eine Möglichkeit wäre, an den Anschlagpunkten der Hebevorrichtung dämpfende Elemente einzubauen. Durch den Schwenkmechanismus würden die Kübel entleert und beim Zurückschwenken gedämpft werden. Dadurch wird weniger Lärm durch den Anschlag verursacht.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Entleermechanismus als Ganzes neu zu konzipieren. Hierzu können die Kübel festgehalten, ebenfalls hochgehoben und um 180 Grad gedreht werden. Jedoch wird anstatt einer Schwenkbewegung eine Bewegung durch schnelles Hoch- und Runterbewegen der Kübel ausgeführt. Dadurch wird der Mist aus den Kübeln gerüttelt, ohne an anderen Bauteilen anzustoßen und Lärm zu erzeugen.

Eine weitere Lärmquelle stellt die Müllpresse im inneren des Fahrzeugs dar. Eine mögliche Verbesserung der Lärmentwicklung könnte erreicht werden, wenn der Antrieb der Müllpresse elektrisch betrieben wird. Da zum Zeitpunkt der Datenerhebungen kein elektrisch betriebenes Müllsammelfahrzeug in Wien unterwegs war, können nur Annahmen getroffen werden, dass diese Änderung bereits eine Lärmreduzierung gegenüber dem klassischen Müllsammelfahrzeug darstellt. Auch von Seiten der Stadt Wien und der Magistratsabteilung 48 wird auf diese Vorteile verwiesen.⁷⁵

⁷⁴ Vgl [50]

⁷⁵Vgl [48]

9.2.3 Abrollsicherung Ladebordwand

Eine der häufigsten Pegelspitzen bei der Messung zur Ladetätigkeit wurde durch das Öffnen bzw. das Schließen der Abrollsicherung ausgelöst. Die Abrollsicherung dient dazu, zu verhindern, dass rollende Ladung von der Ladebordwand fährt. Im aktuellen Fall besteht die Abrollsicherung aus einer Klappe, welche sich vom Boden der Ladebordwand öffnet und somit eine Barriere bildet. Geöffnet wird die Klappe mit einer seitlichen Trittbewegung gegen den Schiebemechanismus. Durch das Betätigen schlägt die Klappe an der Ladebordwand an und verursacht ein störendes Geräusch. Zum Schließen der Klappe wird diese mit dem Fuß hinunter gedrückt und rastet ein.

Diese störenden Geräusche können auf unterschiedliche Arten verbessert und gelöst werden. Um das Aufklapp- und Abklappgeräusch an der Ladebordwand zu reduzieren, bieten Firmen Geräuschkämpfungen an. Diese bestehen aus einem gummierten Klebeband, welches auch nachträglich angebracht werden kann. Dieses wird am anschlagenden Bereich aufgeklebt und reduziert somit den Lärm. Auf der Abbildung 37 ist ein gummiertes Gummiband zu sehen.⁷⁶



Abbildung 37: Abklappanschlag mit gummiertem Klebeband⁷⁷

Der Vorteil daran ist, dass es wie bereits erwähnt, nachträglich angebracht werden kann und kostengünstig ist. Die Firma Kiesling Kühlfahrzeuge wirbt sogar mit folgender Aussage:

„Mit Stop Silent wird dieser Lärm um ca. 17dB(A) reduziert, was einer gefühlten Reduzierung von ca. 70% entspricht. (...) Ärger und Beschwerden von Anwohnern bei der Anlieferung werden somit vermieden.“⁷⁸

⁷⁶ Vgl [7]

⁷⁷ [7]

⁷⁸ [7]

Eine andere Möglichkeit wäre die Abrollsicherung, anstatt mit einer Klappe auszuführen, durch eine Massivmulde zu ersetzen. Die verschiedenen Varianten der Abrollsicherung mit Klappe oder auch als Massivmulde sind in Abbildung 38 dargestellt.



Abbildung 38: Abrollsicherungsarten in der Plattformschleife⁷⁹

Die Möglichkeit der Massivmulde ist von der Beschaffenheit der Ladebordwand bzw. der Plattformschleife abhängig. Dadurch würde es kein störendes Geräusch durch Auf- bzw. Zuklappen geben, da keine Klappe vorhanden wäre. Die Abrollsicherung wäre dadurch gegeben, dass die Rollen der Behälter in diesen Mulden fixiert wären. Diese Mulden stellen lokale Vertiefungen dar. Die Rollbehälter können zum Abladen bewusst an den Massivmulden vorbei geführt werden und ohne zusätzliche Geräusche abgeladen werden. Diese Ausführungsart lässt sich jedoch nachträglich nicht ohne größeren Aufwand ändern.⁸⁰

9.2.4 Material der Rollen

Bei der Ladevorgangsmessung wurden ebenfalls Spitzenpegel durch das Fahren der Rollbehälter von der Ladebordwand zur Warenannahme verursacht. Die Ware befand sich zum Zeitpunkt der Entladung bereits auf den Rollbehältern. Die Rollbehälter waren klassische Gitterwagen mit zweiseitigen Gitterrosten. Die Ausführung der Gitterwagen gibt es in unterschiedlichen Größenabmessungen. Die Traglast beträgt bei einigen 500 kg. Die Rollen der Behälter bestehen meist aus zwei Lenkrollen und zwei Bockrollen aus hartem Kunststoff. Durch die Auswahl von anderen Materialien bei den Rollen kann der Lärm verringert werden.

Kunststoffe sind Materialien, welche aus Makromolekülen bestehen und unterschiedliche Eigenschaften erreichen können. Die Variation reicht von der Härte, der Elastizität, der Bruchfestigkeit bis zur Temperatur- und Lösungsbeständigkeit. Werden die Kunststoffe nach ihren thermisch-mechanischen Eigenschaften eingeteilt, ergeben sich die Gruppen der Thermoplaste, der Duroplaste und der Elastomere. Jede dieser Gruppen hat andere Eigenschaften und Vorteile.

⁷⁹ [5]

⁸⁰ Vgl. [5]

Elastomere haben den Vorteil, dass sie weitmaschig vernetzt sind und dadurch eine gewisse Flexibilität aufweisen. Weiters können sie kurze Druck- oder Dehnungseinwirkungen aufnehmen und kehren danach wieder in den Ausgangszustand zurück. Sie schmelzen bei Erwärmung nicht und sind gegen die meisten Lösemittel resistent. Die Vorteile von Elastomeren könnten zukünftig auch bei den Rädern der Gitterwägen angewandt werden, welche schon häufig bei herkömmlichen Reifen verwendet werden.⁸¹

Die Firma „Rollenbau GmbH“ verkauft beispielweise unterschiedlichste Rollen und Räder. Je nach gewünschten Eigenschaften und Anwendungsformen gibt es bei diesem Hersteller eine große Auswahl.

Besitzt der Gitterwagen eine Traglast von 500 kg, führt dies zu einer Tragkraft von 125 kg pro Rolle. Eine der vielen möglichen Alternativen stellen die Traglastrollen der Serie CR-D dar. Hierbei handelt es sich um Rollen mit Vollgummireifen, wodurch ein geräuscharmer Lauf erzeugt wird. Ebenfalls eine Verbesserung zum harten Kunststoff stellen Rollen mit aufgetragenen Guss-Polyurethan auf den Felgen dar. Eine Möglichkeit sind die Transportrollen aus der Serie CR-TL. Zu sehen sind diese zwei Transportrollen in der nachfolgenden Abbildung.⁸²



Abbildung 39: Lenkrolle Serie CR-D; Lenkrolle Serie CR-TL⁸³

Sowohl die unterschiedlichen Varianten für die Abrollversicherung als auch die unterschiedlichen Materialien für die Rollen sind Lösungsvorschläge, welche leicht und einfach umsetzbar sind. Jedoch müssten Richtlinien oder Verordnungen erlassen werden, welche

⁸¹ Vgl. [6]

⁸² Vgl [4]; Vgl [24]

⁸³ [4]; [24]

Grenzwerte für die Lärmbelastung der Anrainer festlegt, damit die vorhandenen technischen Möglichkeiten von den Firmen und Betrieben auch umgesetzt werden.

9.3 Immissionen reduzieren

Der Immissionsort ist jener Ort, an dem der störende Lärm wahrgenommen wird, wie zum Beispiel die eigene Wohnung oder der Arbeitsplatz. Durch richtig gesetzte Maßnahmen in der Planung oder in der Sanierung können die negativen Auswirkungen des Lärms auf die Betroffenen reduziert werden.

9.3.1 Lärmschutzwand

Wie bereits im Kapitel 9.1.2 erwähnt, sollten im Vorfeld lärmtechnische Konfliktgebiete vermieden werden. Wenn die Möglichkeit vorhanden ist, sollte zum Beispiel die Position von Entladezonen so gewählt werden, dass die angrenzenden Nachbarn möglichst wenig Lärmimmissionen ausgesetzt sind.

Im konkreten Fall der Entladezone beim Spar An den alten Schanzen 33, gäbe es die Möglichkeit, den vollflächigen Holzzaun zu einer Lärmschutzwand umzubauen. Die Wirkung von Lärmschutzwänden ist am effektivsten, je näher sie sich an der Lärmquelle befinden. Lärmschutzwände haben eine schallabschirmende Wirkung und bestehen oft zusätzlich aus unterschiedlichen schallabsorbierenden Materialien, welche bestimmte Frequenzen dämpfen und reduzieren.⁸⁴

Die Wirkung von Lärmschutzwänden ist exemplarisch an der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Zu sehen ist die Schallausbreitung zu beiden Seiten einer Straße, wobei die eine Seite unbebaut ist und die andere ein Siedlungsgebiet darstellt. Durch den Bau von Lärmschutzwänden reduziert sich der Schalldruckpegel bei den angrenzenden Nachbarn und lässt sich auf unterschiedliche Lärmquellen anwenden.⁸⁴

⁸⁴ Vgl [54]

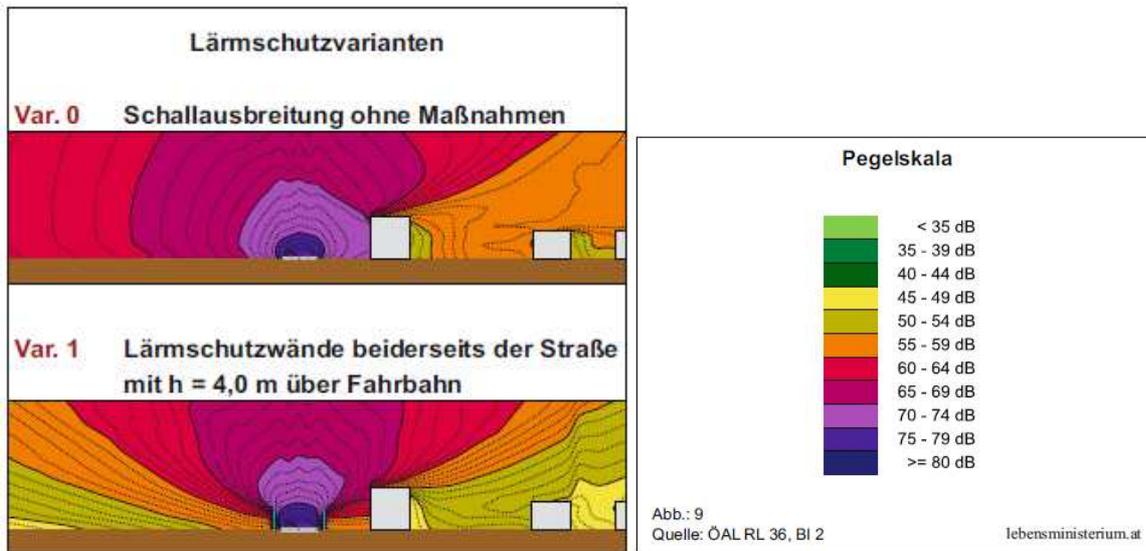


Abbildung 40: Wirkung Lärmschutzwand inklusive Pegelskala⁸⁵

Pflanzen stellen aus messtechnischer Sicht fast keine lärmindernde Maßnahme dar. Um die Reduzierung um 1 dB in einem Frequenzbereich von 250 – 2.000 Hz zu erreichen, müsste die Bepflanzung blickdicht sein und eine Tiefe von ungefähr 50 Metern aufweisen. Jedoch hat Begrünung einen positiven psychologischen Effekt. Durch die positiven Eigenschaften der Lufthygiene und der ansprechenden Gestaltung, wird der Lärm nicht mehr so störend wahrgenommen.⁸⁶

9.3.2 Raumaufteilung

Aus planerischer Sicht kann eine effiziente Raumaufteilung optimal zum Lärmschutz beitragen. Dies ist durch eine lärmschutzorientierte Grundrissplanung möglich. Die Nebenräume, wie zum Beispiel die Nassräume, Lagerräume oder Erschließungsbereiche sollten als Pufferzone zu der Lärmquelle zugewandten Seite dienen und die Aufenthalts-, Schlaf-, oder Arbeitsräume abschotten. Durch eine sinnvolle Raumaufteilung wird die Lärmbelastung minimiert und die dadurch entstandene Lebensqualität erhöht.⁸⁷

Die zuvor beschriebenen Maßnahmen zur Raumaufteilung, aber auch die Verwendung von Lärmschutzwänden stehen im Widerspruch zur hochwertigen Nutzung des Straßenraumes. Wie bereits in den vorigen Kapiteln beschrieben, soll der öffentliche Raum attraktiviert werden. Werden jedoch die Bewohner von der Straße abgeschottet, fehlt der Bezug

⁸⁵ [54] Seite 79; [54] Seite 50

⁸⁶ Vgl [54]

⁸⁷ Vgl [54]

zum öffentlichen Raum. Daher ist es sinnvoll bei Stadtentwicklungsprojekten mit siedlungsplanerischen Maßnahmen den Verkehrslärm zu reduzieren und nicht durch Abschottung ein Versteck vor dem Lärm herbei zu führen.

9.3.3 Bauweise

Durch unterschiedliche Bauweisen kann die Geräuscheinwirkungen in Wohn-, Schlaf-, und Arbeitsräumen vermindert werden.

Wenn es die Bauweise und die Widmung zulässt, ist aus lärmtechnischer Sicht eine geschlossene Bauweise zur Straße hin zu bevorzugen. Bei gleichbleibender Emission verringert sich die Immission an der Straße abgewandten Seite um einige Dezibel. Jedoch ist ein Verlass allein auf die Bauweise nicht empfehlenswert, da sich durch eine entstehende Baulücke der Ursprungszustand wieder einstellt, wie in Abbildung 41 ersichtlich.⁸⁸

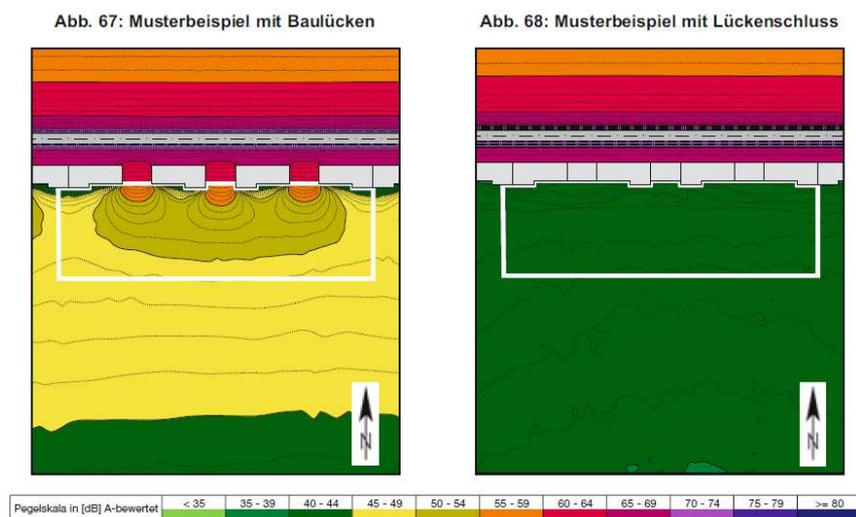


Abbildung 41: Veränderung der Dezibel bei Lückenschluss⁸⁹

Eine weitere Möglichkeit nachträglich den Lärm zu reduzieren ist der Einbau von Schallschutzfenstern und Türen. Diese gibt es in unterschiedlichen Ausführungen, abhängig vom Mindestschallschutz für den Außenlärmpegel. Die Angaben beziehen sich bei Neubauten auf einen Fensteranteil kleiner oder gleich 30 Prozent der Fassade. Ist der Anteil der Fläche größer sind höhere Werte vorausgesetzt. Zusammengefasst sind diese Werte in der nachfolgenden Abbildung.⁹⁰

⁸⁸ Vgl [54]

⁸⁹ [54] Seite 86

⁹⁰ Vgl [33]

Mindestanforderungen an Außenbauteile		
Außenlärmpegel $L_{A,eq}$		erforderliches Schalldämmmaß ¹⁾ für Fenster bzw. Außentüren
Tages- zeit	Nacht- zeit	
> 60 dB	> 50 dB	mind. 38 dB
> 70 dB	> 60 dB	mind. 43 dB

Quelle: ÖNORM B 8115, Teil 2

¹⁾ Die angeführten Schalldämmmaße gelten für Fensteranteile $\leq 30\%$ an der Fassade. Bei Fensteranteilen $> 30\%$ können die Anforderungen wesentlich höher sein.

Abbildung 42: Mindestanforderungen an Außenbauteile⁹¹

Beim Einbau von Schallschutzfenstern ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Anschlüsse und Dichtungen korrekt ausgeführt werden, da sonst Lärmbrücken entstehen. Ist der Fenstertausch keine Option, könnten Vorsatzschalenfenster vor dem eigentlichen Fenster montiert werden.

Zu beachten ist, dass durch die gute Dichtwirkung der Fenster und Türen eventuell eine Wohnraumlüftung gebraucht wird. Diese sollte mindestens den selben Lärmschutzstandards entsprechen wie alle anderen Einbauten.⁹²

⁹¹ [33]

⁹² Vgl [33]

10 Resümee

Da Lärm ein vermehrtes Problem in der heutigen Zeit darstellt, war das Ziel dieser Arbeit herauszufinden, welche zusätzlichen Lärmquellen es abseits vom klassischen Straßenverkehrslärm gibt. Zusätzlich dazu galt es aufzuzeigen, in welchem Umfang und in welcher Höhe Pegelspitzen auftreten und welche Tätigkeiten die Pegelspitzen auslösen.

Durchgeführt wurden Schallpegelmessungen für drei Tätigkeitsbereiche. Diese beinhalteten die Entleerung von Mülltonnen durch die Müllabfuhr, den Entladevorgang eines Lkws und den Einsatz eines Folgetonhorns bei einer Einsatzfahrt.

Das Fazit aus den Müllentleerungsmessungen zeigt, dass das Anschlagen der Kübel beim Schwenken an der Karosserie des Müllsammelfahrzeugs die größten Lärmimmissionen verursacht.

Bei der Messdurchführung zur Ladetätigkeit konnten ebenfalls Pegelspitzen und die dazugehörigen Auslöser gefunden werden. Die maßgebenden Pegelspitzen wurden durch das Ein- und Ausklappen der Abrollsicke und auch durch das Herunterfahren der Rollwagen von der Laderampe verursacht.

Auch der sprunghafte Dezibelanstieg durch ein eingeschaltetes Folgetonhorn konnte mit den Messungen aufgezeichnet werden.

Diese Messergebnisse zeigen deutlich, dass zusätzliche Lärmquellen auftreten, welche in Lärmkarten nicht erfasst werden.

Aufbauend auf der Erkenntnis der Messergebnisse wurden ein dreiteiliges Konzept erarbeitet, welches Lösungsvorschläge enthält.

Der erste Teil beinhaltet die Behandlung des Lärms am System. Das bedeutet, dass die möglichen Maßnahmen am System Änderungen hervorrufen. Zum Beispiel wird durch ein verringertes Verkehrsaufkommen weniger Straßenverkehrslärm produziert. Dies kann durch eine gut überdachte Siedlungsplanung unterstützt werden. Bei der Reduktion des Müllentleerungslärms gibt es ebenfalls die Möglichkeit ein anderes Sammelsystem zu verwenden. Um bei einer bestehenden, behälterbezogenen Entleerung Verringerungen der Fahrthäufigkeit zu erzielen, ist es notwendig, weniger Abfall zu erzeugen. Die Verringerung des Lärms von Ladetätigkeiten kann mit einer besseren logistischen Abstimmung erreicht werden.

Der zweite Teil dieses Konzeptes sieht Änderungen an der Emissionsquelle vor. Die Effektivität ist nicht so weitreichend wie bei den grundlegenden Änderungen am System, trotzdem haben sie einen Vorteil für die gesamte Bevölkerung. Die Dezibelreduktion welche sich durch die Geschwindigkeitsreduktion von 50 km/h auf 30 km/h ergibt, empfindet das menschliche Gehör wie eine Halbierung des Verkehrsaufkommens. Es wurden Opti-

mierungsvorschläge am Entleersystem der Müllabfuhr erarbeitet. Auch mögliche Verbesserungen an der Laderampe von Lkws und den Rollwägen sind zum Teil sehr einfach nachrüstbar und kostengünstig und stellen daher eine gute nachträgliche Alternative dar. Das letzte Konzept sieht Verbesserungen am Immissionsort vor. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nur lokale Verbesserungen erzielt werden und für jeden Standort individuell geplant werden muss. Dazu zählt beispielsweise der Einsatz einer Schallschutzmauer oder der Einbau von Schallschutzfenster und -türen.

Mit dieser Arbeit soll das Bewusstsein geschärft werden, dass im Straßenraum zusätzliche Lärmquellen vorhanden sind, welche bis jetzt nicht im Focus der Aufmerksamkeit waren und auch nicht in Lärmkarten vorhanden sind. Diese Erkenntnisse können in zukünftigen Planungen von Stadtentwicklungsgebieten berücksichtigt und auch schon am bestehenden System umgesetzt werden. Diese Arbeit soll einen effektiven Beitrag zur Lärmvermeidung und Lärmverminderung leisten.

11 Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meiner Familie und meinem Partner von ganzem Herzen bedanken. Ihr habt mich in schwierigen Situationen unterstützt, ermutigt und euch mit mir gefreut, wenn ich meine Ziele erreicht habe. Durch eure physische Unterstützung in Form von gutem Essen und Korrekturlesen sowie eure emotionale Unterstützung konnte ich dieses Studium und im Besonderen diese Diplomarbeit gewissenhaft fertigstellen.

Vielen Dank!

Weiters möchte ich mich bei dem Institut für Verkehrswissenschaften bedanken, im Besonderen bei meinen beiden Betreuern Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Günter Emberger und Senior Scientist DI Tadej Brezina. Ich möchte mich für den kollegialen Umgang, die Bereitstellung von Literatur sowie der hilfreichen Anregungen und der konstruktiven Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit herzlich bedanken.

Zu guter Letzt möchte ich mich noch bei meinen ArbeitgeberInnen und ArbeitskollegInnen bedanken, welche mich ebenfalls zum Abschluss dieses Studiums motiviert haben und mir durch eine flexible Stundeneinteilung auch die Möglichkeit dazu gaben, die Diplomarbeit zu beenden.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Literaturverzeichnis

- [1] D. J. H. Maue, „Beratung/ Begutachtung bei Arbeitslärm,“ [Online]. Available: <https://www.arbeitsplatz-laerm.de/fachinfos/akustische-grundbegriffe/>. [Zugriff am 20 02 2022].
- [2] D. M. Haaß, „Sicherheitsbeauftragter, Sicherheitsingenieur,“ [Online]. Available: <https://www.sifa-sibe.de/sicherheitsnews/sicherheitstechnik/schallpegelmessung/>. [Zugriff am 26 03 2022].
- [3] R. Anderegg, S. Steiner, S. Staub und M. Diener, „Lärmorama,“ [Online]. Available: http://www.laermorama.ch/m5_krachmacher/strassenlaerm_w.html. [Zugriff am 29 10 2021].
- [4] Rollenbau GmbH, „Rollenbau,“ [Online]. Available: <https://www.rollenbau.at/produkte/katalogseite/Transportrollen/Serie%20CR,%20max.%20300%20kg/katalogradref/89>. [Zugriff am 23 03 2022].
- [5] Gerd Bär GmbH, „Bär Cargolift - Lifting Performance,“ [Online]. Available: <https://www.baer-cargolift.com/produkte/technologien/abrollsicherungen>. [Zugriff am 18 03 2022].
- [6] „Chemie.de,“ [Online]. Available: <https://www.chemie.de/lexikon/Kunststoff.html>. [Zugriff am 23 03 2022].
- [7] Kiesling Fahrzeugbau GmbH, „Kiesling Kühlfahrzeuge,“ [Online]. Available: <https://www.kiesling.de/de/ausstattung/ladebordwaende/>. [Zugriff am 18 03 2022].
- [8] WKO, „Schneeräum und Streupflicht,“ [Online]. Available: https://www.wko.at/service/wirtschaftsrecht-gewerberecht/Schneeraeum-_und_Streupflicht.html. [Zugriff am 02 06 2021].

- [9] Sonova Retail Deutschland GmbH, „Geers,“ [Online]. Available: <https://www.geers.de/rund-ums-hoeren/lautstaerke-dezibel/>. [Zugriff am 27 03 2022].
- [10] Austrian Standards Institute , *ÖVE/ÖNORM EN 61672-1 Elektroakustik - Schallpegelmesser*, Österreich: Austrian Standards Institute, 2015-08-01.
- [11] Amt der Steiermärkischen Landesregierung, „Lärmschutz und Lärmsanierung - Ein Leitfaden für die Raumplanung,“ Steiermark.
- [12] Statistik Austria, „Statistik Austria - Güterverkehr,“ [Online]. Available: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/gueterverkehr/index.html. [Zugriff am 24 04 2022].
- [13] VCÖ, „VCÖ-Mobilität mit Zukunft - Lärmpegel durch Kfz-Verkehr in Städten besonders hoch,“ [Online]. Available: <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/Infografiken/Gesundheit%2C%20Luftqualitaet%2C%20Verkehrssicherheit%2C%20Verkehrslaerm%2C%20Bewegung/VC%C3%96%202022%20L%C3%A4rmpegel%20durch%20Kfz-Verkehr%20in%20St%C3%A4dten%20besonders%20hoch.PNG>. [Zugriff am 28 04 2022].
- [14] Dr. Judith Lang, *Umweltinformation Lärm: Technischer Teil*, Wien: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 1994.
- [15] Umwelt Bundesamt, „Pneumatische Abfallsammlung,“ [Online]. Available: https://www.cleaner-production.de/images/BestPractice/data_de/VAC.pdf. [Zugriff am 05 05 2022].
- [16] T. B.-L. Nikolaus Stransky, Interviewee, *Warenanlieferung pro Tag/Woche in Wiener Filialen*. [Interview]. 05 05 2022.

- [17] VCÖ, „VCÖ-Mobilität mit Zukunft - Menschliches Ohr nimmt Tempo 30 statt 50 als Halbierung des Verkehrs war,“ [Online]. Available: https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/Infografiken/Gesundheit%2C%20Luftqualitaet%2C%20Verkehrssicherheit%2C%20Verkehrslaerm%2C%20Bewegung/S8_Tempo%2030%20statt%2050%20als%20Halbierung%20des%20Verkehrs.png. [Zugriff am 06 05 2022].
- [18] Envac, „Envac - What we do,“ [Online]. Available: <https://www.envacgroup.com/what-we-do/>. [Zugriff am 06 05 2022].
- [19] Berliner Umweltbehörden, „Informationen zum Thema Lieferlärm,“ [Online]. Available: https://www.berlin.de/umwelt/_assets/laerm/merkblatt-lieferlaerm.pdf. [Zugriff am 06 05 2022].
- [20] VCÖ, „VCÖ-Mobilität mit Zukunft - Wie Städte die Mobilitätswende voranbringen,“ [Online]. Available: <https://www.vcoe.at/staedte>. [Zugriff am 06 05 2022].
- [21] Wiener Umweltschutz, „Wien 2030 - Stadtplanung,“ [Online]. Available: <https://wua-wien.at/stadtplanung-und-verkehr/wien-2030-stadtplanung>. [Zugriff am 06 05 2022].
- [22] Ökolöwe – Umweltbund Leipzig e.V., „Stadt der kurzen Wege,“ [Online]. Available: <https://www.oekoloewe.de/nachhaltige-mobilitaet-stadtentwicklung-detail/was-ist-eine-stadt-der-kurzen-wege.html>. [Zugriff am 06 05 2022].
- [23] Wikipedia, „Liste der Supermärkte in Österreich,“ [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Superm%C3%A4rkte_in_%C3%96sterreich#cite_note-3. [Zugriff am 01 06 2021].
- [24] Rollenbau GmbH, „Rollenbau,“ [Online]. Available: <https://www.rollenbau.at/produkte/katalogseite/Transportrollen/Serie%20CR,%20max.%20300%20kg/indexgabelreferenz/0,91,94,1754,1755,92,93,1505,95,84,1756,1757,1758,87,86,89,88,1759,90,85,1760,0>. [Zugriff am 26 03 2022].
- [25] Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, *ÖAL-Richtlinie Nr. 3 Blatt 1*, Österreich, 2008.

- [26] BMUV, „Luftschadstoffe und Lärm: Elektroautos - mehr Lebensqualität?“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, [Online]. Available: <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/elektromobilitaet/luft-und-laerm>. [Zugriff am 25 03 2022].
- [27] BMK, „Trennung von Abfällen“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, [Online]. Available: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/trennung.htm. [Zugriff am 06 05 2022].
- [28] BMDW, „Rechtsinformationssystem des Bundes - Straßenverkehrsordnung 1960“, Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, [Online]. Available: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011336>. [Zugriff am 26 04 2022].
- [29] BMSGPK, „Öffentliches Gesundheitsportal Österreichs“, Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz, [Online]. Available: <https://www.gesundheit.gv.at/leben/umwelt/laerm/verkehr>. [Zugriff am 06 05 2022].
- [30] BMUV, „Umwelt Bundesamt - Nachhaltige Mobilität“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet>. [Zugriff am 06 05 2022].
- [31] BMUV, „Umwelt Bundesamt - Straßenverkehrslärm“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#gerauschbelastung-im-strassenverkehr>. [Zugriff am 06 05 2022].
- [32] BMUV, „Umwelt Bundesamt - Weniger Müll im Haushalt“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/weniger-muell-im-haushalt>. [Zugriff am 06 05 2022].

- [33] BMK, „Lärminfo - Lärmschutzfenster und -türen,“ Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation, und Technologie, [Online]. Available: https://www.laerminfo.at/laermschutz/programme/objektschutz_strasse.html. [Zugriff am 12 03 2022].
- [34] BMK, „Lärminfo - Lärmschutz für Österreich - Lärm als Zeichen für Gefahr,“ Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, [Online]. Available: <https://www.laerminfo.at/ueberlaerm/laermwirkung/grundlagen.html>. [Zugriff am 28 04 2022].
- [35] BMK, „Lärminfo - Straßenverkehr,“ Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation, und Technologie, [Online]. Available: <https://www.laerminfo.at/laermkarten/strassenverkehr.html>. [Zugriff am 26 03 2022].
- [36] BMK, „Lärminfo- Wie entsteht Lärm?,“ Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, [Online]. Available: <https://www.laerminfo.at/ueberlaerm/grundlagen/laermentstehung.html>. [Zugriff am 23 05 2021].
- [37] BMK, „Lärminfo - Kartendarstellung,“ Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, [Online]. Available: https://maps.laerminfo.at/?g_card=autobahn_17_24h#. [Zugriff am 26 03 2022].
- [38] Austrian Standards Institute, *ÖVE/ÖNORM EN 61672-1*, 2015.
- [39] Austrian Standards International, *ÖNORM S 5004 Messung von Schallimissionen*, Wien: Austrian Standards International, 2020-04-15.
- [40] MWBWL, „Städtebauliche Lärmfibel Online,“ Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg, [Online]. Available: <https://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=89&p2=2.4.3>. [Zugriff am 24 02 2022].
- [41] Misttelefon MA 48, Interviewee, *Müllentleerung Hannah-Arendt-Platz 1-3*. [Interview]. 28 10 2021.

- [42] ÖAMTC, „Lärmpflicht für E-Autos,“ Österreichischer Automobil- Motorrad- und Touringclub, [Online]. Available: <https://www.oeamtc.at/thema/vorschriften-straften/laermpflicht-fuer-e-autos-32515117>. [Zugriff am 29 10 2021].
- [43] ORF, „Wien ORF.at - Bilanz 2020: 1.200 Polizeieinsätze pro Tag,“ red, wien.ORF.at/Agenturen, [Online]. Available: <https://wien.orf.at/stories/3085615/>. [Zugriff am 26 04 2022].
- [44] Stadt Wien, „Mythen der Müllentsorgung - Wir räumen mit Irrtümern auf,“ Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/beratung/muelltrennung/mythen-muellentsorgung.html>. [Zugriff am 05 05 2022].
- [45] Stadt Wien, „Restmüll - Mülltrennung,“ Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/beratung/muelltrennung/restmuell.html>. [Zugriff am 30 04 2022].
- [46] Stadt Wien, „Stadt Wien - Feuerwehr Statistiken,“ Wirtschaft, Arbeit und Statistik, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/statistik/soziales/feuerwehr/>. [Zugriff am 24 04 2022].
- [47] Stadt Wien, „Müllabfuhr,“ Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/entsorgung/muellabfuhr/index.html>. [Zugriff am 31 05 2021].
- [48] Stadt Wien, „Erste Elektro-Müllsammelfahrzeuge Österreichs in Betrieb,“ Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/fuhrpark/elektro-muell sammelfahrzeug.html>. [Zugriff am 31 05 2021].
- [49] Stadt Wien, „Leistungsbericht 2020 der Berufsrettung Wien (MA70),“ Wirtschaft, Arbeit und Statistik, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/statistik/leistungsbericht/ma70/index.html>. [Zugriff am 31 10 2021].

- [50] Stadt Wien/ Bohmann Verlag, Regisseur, *Im Cockpit Für Wien unterwegs - Müllwagen*. [Film]. 2017.
- [51] TUP GmbH & Co. KG, „Logistik Knowhow - Definition Lagerumschlagshäufigkeit und Warenrotation: Schnell- und Langsamdreher,“ [Online]. Available: <https://logistikknowhow.com/bestandsverwaltung/definition-lagerumschlagshaeufigkeit-und-warenrotation-schnell-und-langsamdreher/>. [Zugriff am 07 05 2022].
- [52] Mecalux GmbH, „Was ist Cross Docking? Wie funktioniert es und welche Arten gibt es?,“ [Online]. Available: <https://www.mecalux.de/blog/was-ist-cross-docking>. [Zugriff am 07 05 2022].
- [53] M. Kohlhuber und G. Bolte, „Einfluss von Umweltlärm auf Schlafqualität und Schlafstörungen und Auswirkungen auf die Gesundheit,“ Springer-Verlag, 2011.
- [54] A. Doppler, Handbuch Umgebungslärm Minderung und Ruhevorsorge, Bd. 2. Auflage, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 2009.
- [55] VCÖ, „VCÖ-Mobilität mit Zukunft - Lärm von Motorrad und Moped belastet Menschen besonders stark,“ [Online]. Available: <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/Infografiken/Gesundheit%2C%20Luftqualitaet%2C%20Verkehrssicherheit%2C%20Verkehrslaerm%2C%20Bewegung/VC%C3%96%202022%20L%C3%A4rm%20von%20Motorrad%20und%20Moped%20belastet%20Menschen%20besonders%20stark.PNG>. [Zugriff am 28 04 2022].
- [56] Brüel & Kjaer, Technical Dokumentation 2238 Mediator (Bedienungshandbuch), 1998.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lärmbelastung Kfz-Verkehr	2
Abbildung 2: Lärmpegel durch Kfz-Verkehr in Wien	3
Abbildung 3: Hörschwelle und Kurven gleicher Lautstärke für Sinustöne im freien Schallfeld bei zweiohrigem Hören ⁹	6
Abbildung 4: Darstellung der unterschiedlichen Zeitbewertungen	8
Abbildung 5: Zeitbewertung "peak"	8
Abbildung 6: Lärmquellen beim Straßenverkehr	15
Abbildung 7: Darstellung Gesamtimmission inklusive Pegelskala	18
Abbildung 8: Karlsplatz 24h-Durchschnitt, 4 m.....	19
Abbildung 9: Karlsplatz Nachtwerte, 4 m.....	20
Abbildung 10: anheben und schwenken der Mistkübel.....	25
Abbildung 11: Schema Lkw mit Rollwagen.....	26
Abbildung 12: Übersicht Seefeldergasse 42, 1220 Wien.....	32
Abbildung 13: Messort Seefeldergasse 42, 1220 Wien	33
Abbildung 14: Lärmmessung Müllabfuhr	34
Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung Müllabfuhr.....	35
Abbildung 16: Referenzmessung Straßenlärm.....	37
Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung Straßenlärm.....	38
Abbildung 18: Übersicht Mommsengasse 31, 1040 Wien	39
Abbildung 19: Messort Mommsengasse 31, 1040 Wien.....	40

Abbildungsverzeichnis	85
Abbildung 20: Lärmmessung Müllabfuhr	41
Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung Müllabfuhr	42
Abbildung 22: Referenzmessung Straßenlärm	43
Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung Straßenlärm	44
Abbildung 24: Übersicht An den alten Schanzen 33, 1220 Wien	45
Abbildung 25: Messort An den alten Schanzen 33, 1220 Wien	46
Abbildung 26: Lärmmessung Ladevorgang	47
Abbildung 27: Häufigkeitsverteilung Ladevorgang	48
Abbildung 28: Referenzmessung.....	49
Abbildung 29: Häufigkeitsverteilung Referenzmessung	50
Abbildung 30: Übersicht Alser Straße 69, 1080 Wien	51
Abbildung 31: Messort Alser Straße 69, 1080 Wien	51
Abbildung 32: Lärmmessung Folgetonhorn	52
Abbildung 33: Ausschnitt Einsatzfahrzeug Folgetonhorn	53
Abbildung 34: Häufigkeitsverteilung Gesamtmessung	54
Abbildung 35: Schema pneumatischen Abfallsammelanlage.....	63
Abbildung 36: Schema Müllsammelfahrzeug	65
Abbildung 37: Abklappanschlag mit gummiertem Klebeband	66
Abbildung 38: Abrollsicherungsarten in der Plattformschleife	67
Abbildung 39: Lenkrolle Serie CR-D; Lenkrolle Serie CR-TL	68
Abbildung 40: Wirkung Lärmschutzwand inklusive Pegelskala	70
Abbildung 41: Veränderung der Dezibel bei Lückenschluss	71
Abbildung 42: Mindestanforderungen an Außenbauteile	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Faustformeln für Pegelabnahme mit der Entfernung.....	9
Tabelle 2: Daten Schallpegelmesser.....	31
Tabelle 3: Übersicht Datenerhebungen.....	32
Tabelle 4: Messergebnis Müllabfuhr Seefeldergasse 42, 1220 Wien	35
Tabelle 5: Messergebnis Referenzmessung Seefeldergasse 42, 1220 Wien	38
Tabelle 6: Messergebnis Mommsengasse 31, 1040 Wien	42
Tabelle 7: Messergebnis Referenzmessung Mommsengasse 31, 1040 Wien.....	44
Tabelle 8: Messergebnis An den alten Schanzen 33, 1220 Wien.....	48
Tabelle 9: Messergebnis Referenzmessung An den alten Schanzen 33, 1220 Wien	50
Tabelle 10: Messergebnis Alser Straße 69, 1080 Wien.....	54
Tabelle 11: Zusammenfassung Messergebnisse	59