



# Psychoakustische Analyse von Motorradlärm

## MASTERARBEIT

vorgelegt von

Laura Herbst, BSc

bei

Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Mitbetreuende Assistenten:

Dipl.-Ing. Michael Cik

Manuel Lienhart, BSc MSc

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, am 22. Oktober 2019









Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008  
Genehmigung des Senats am 01.12.2008

### **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit/Diplomarbeit identisch.

Graz, 22.10.2018


A handwritten signature in black ink, consisting of the first name 'Lara' and the last name 'Herber' written in a cursive style.

Vorname Nachname, BSc.

### **Statutory Declaration**

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources. This document is identical with the electronic version uploaded via TUGRAZonline.

Graz, 22.10.2018

A handwritten signature in black ink, consisting of the first name 'Lara' and the last name 'Herber' written in a cursive style.

Vorname Nachname, BSc.

## Danksagung

Folgenden Personen möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen:

- Herr Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf, welcher als Institutsvorstand die Arbeit betreute
- Dipl.-Ing. Michael Cik, welcher als mitbetreuender Assistent durch sein fachliches Wissen die Arbeit von Beginn an unterstützte und durch welchen diese Arbeit zu Stande kam
- Ein großer Dank geht an den mitbetreuenden Assistenten BSc MSc Manuel Lienhart, welcher mir mit seinen Hilfestellungen und Ratschlägen, seiner sprachlichen Gewandtheit sowie seinen schnellen Antworten während der gesamten Arbeit zur Seite stand

Danken möchte ich außerdem Herrn Prof. Dr.med. Peter Lercher, für die Anregungen aus seinen Forschungen bezüglich der psychoakustischen Analysen von Motorradlärm, sowie allen weiteren Personen, die mich im Zuge dieser Arbeit fachlich unterstützt haben.

Ein besonderer Dank geht dabei an meinen langjährigen Freund Christian Stadlhofer, der mir nicht nur während den Messungen für diese Arbeit tatkräftig zur Seite stand, sondern während meinem gesamten Bildungsweg immer an mich glaubte und mich bekräftigt hat, wenn ich nicht mehr weiterwusste.

Vielen Dank an meine Familie, besonders an meine Eltern und meine Oma, für ihre langjährige Unterstützung und dass sie immer davon überzeugt waren, dass ich meinen Weg meistern werde.

Des Weiteren möchte ich meinen Freunden und Studienkollegen danken, durch welche die Studienzeit unvergesslich wurde.

**Aufgabenstellung für die Masterarbeit  
von Laura Herbst, BSc.**

Graz, 20.03.2019

## Psychoakustische Analyse von Motorradlärm

### Problemstellung

Die Steiermark ist aufgrund ihrer Topographie und geographischen Lage ein beliebtes Ziel für Touristen und liegt im Mittelfeld der besuchtsstärksten Bundesländer Österreichs. Mit dem Tourismus geht auch eine erhöhte Verkehrsbelastung einher. Durch seine vielen landschaftlich schönen und langegezogenen Passstraßen wird die Steiermark auch von zahlreichen Motorradfahrern, in erster Linie während den Sommermonaten, befahren.

Durch die unterschiedlichen Steigungsniveaus sowie Kurvenradien, kommt es beim Passieren dieser Straßen zu einer erhöhten Verkehrslärmbelastung, vorrangig durch die Geräusche von Motoren und Abgasanlagen der Motorräder, deren Geräuschcharakteristik sich deutlich zu jener von anderen Kraftfahrzeugen unterscheidet. Durch die topographische Lage der Steiermark kann es außerdem zu Reflektionen des Schalls von den umliegenden Bergen kommen und somit zu einem erhöhten Schalldruckpegel führen. Diese Lärmentwicklung stellt vor allem für die Anrainer ein Problem dar und kann neben der psychisch belastenden Wirkung auch zu gesundheitlichen Problemen führen.

Als gutes Beispiel für diese Problematik gilt die Südsteirische Grenzstraße B69, speziell im Bereich des Ortes Soboth, welcher im Bezirk Deutschlandsberg liegt. Sie ist, vor allem an sonnigen Wochenenden, üblicherweise hoch frequentiert. In den Wintermonaten herrscht aufgrund der Witterungsbedingungen im Regelfall kein Motorradverkehr. Durch diese zeitweise geringe Verkehrsbelastung wird die subjektiv empfundene Belästigung der angrenzenden Anrainer verstärkt, da im Sommer eine deutlich höhere Verkehrslärmbelastung als während der Wintermonate vorherrscht. Wie störend Verkehrslärm vom Menschen empfunden wird, ist zum Teil auch vom Grundschalldruckpegel abhängig, welcher in ländlichen Gegenden oft relativ gering ist. Dieser Kontrast zum Motorradlärm kann das menschliche Empfinden des Schalls durch Gewöhnung beeinflussen und die Anwohner durch punktuelle Lärmereignisse wie vorbeifahrende Motorräder mehr stören, als eine über das Jahr konstant erhöhte Verkehrslärmbelastung. Durch die unterschiedlichen Steigungen der Südsteirischen Grenzstraße von bis zu 15% und einer großen Anzahl an Kurven, werden von den Motorradfahrern häufige Beschleunigungs- und Bremswechsel durchgeführt, welche mit einer größeren Belästigungswirkung im Vergleich zu stetigen Geradeausfahrten ohne Beschleunigung einhergehen. Ein weiteres Problem können beispielsweise auch die unterschiedlichen Fahrzeugtypen (z.B. Enduro, Naked Bike, Chopper, Supersport und Tourenmotorrad), Geschwindigkeit, modifizierte Auspuffanlagen oder die Fahrweise der einzelnen Fahrer darstellen, wie zum Beispiel die Gangwahl und Drehzahl. Auch die Anzahl der passierenden Fahrzeuge spielt hierbei eine signifikante Rolle.

### Aufgabenstellung

In der Masterarbeit soll eine psychoakustische Analyse von Motorradlärm im Raum der Südsteirischen Grenzstraße, an unterschiedlichen Messpunkten im Bereich der Ortschaft Soboth, im Bezirk Deutschlandsberg, durchgeführt werden. Es soll ein geeignetes Konzept für die Durchführung der Lärmessungen erstellt werden und auf die besondere topographische Lage und die Eigenschaften der Strecke sowie auf die der Motorräder eingegangen werden. Alle Messungen sollen an repräsentativen Tagen mit erhöhtem Motorradverkehr, nach Ende der winterlichen Fahrverhältnisse, durchgeführt werden. Das Ziel der Arbeit besteht in der Ermittlung des Belästigungspotentials von Anrainern durch Motorradverkehrslärm an Gebirgsstrecken, basierend auf psychoakustischen Messungen mit dem Untersuchungsschwerpunkt Einfluss der Straßensteigung.

Die folgende Liste enthält wesentliche Bearbeitungspunkte der Masterarbeit; Abweichungen mit fortschreitendem Erkenntnisstand während der Bearbeitung sind möglich:

- Stand des Wissens, hinsichtlich der zugrundeliegenden Thematiken, wie z.B. Psychoakustik, Schalldruckpegelmessungen und Motorradlärm, zusammenfassen
- Erstellung eines Messkonzeptes zur Ermittlung des Belästigungspotentials von Anrainern durch Motorradverkehrslärm an Gebirgsstrecken, basierend auf psychoakustischen Messungen mit Untersuchungsschwerpunkt Einfluss der Straßensteigung
- Durchführung von Schalldruckpegelmessungen und psychoakustischen Messungen mittels binauraler Kunstköpfe, inklusive Messung der Fahrgeschwindigkeiten
- Multivariate statistische Analyse der Messdaten, hinsichtlich der genannten Fragestellungen sowie prozentuale Untersuchung des Verkehrslärmniveaus einzelner beitragender Verkehrsmittel
- Ergebnisdokumentation und Schlussfolgerungen, aus denen weiterführende Interpretationen gezogen und Maßnahmen erstellt werden können

Für die Durchführung der Messungen stehen zwei Kunstköpfe HSU III.2 der TU Graz zur Verfügung, welche an einem SQuadriga II Frontend angeschlossen werden. Zur Messung der Geschwindigkeit wird ein Seitenradar verwendet. Die Audio-Rohdaten werden mit der Schallanalysesoftware ArtemiS SUITE aufbereitet und anschließend mit dem Statistikpaket „R-project“ analysiert. Räumliche Analysen werden, wenn notwendig, mit ESRI ArcGIS oder SoundPLAN noise durchgeführt. Der Diplomand verpflichtet sich, die bereitgestellten Daten und Hilfsmittel ausschließlich zur Anfertigung der Masterarbeit zu nutzen und bei der Datenaufbereitung und Datenanalyse der zur Verwendung gestellten Daten Datenschutzrichtlinien einzuhalten.

Die Arbeit ist zweifach mit allen Anlagen in DIN A4 gebunden einzureichen. Ein Datenträger mit dem Masterarbeitstext, Präsentationen sowie allen Modelldaten ist beizulegen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf  
Tel. (0316) 873 – 6220  
martin.fellendorf@tugraz.at  
Institut für Straßen- und Verkehrswesen  
TU Graz  
Betreuer

Dipl.-Ing. Michael Cik  
Tel.: (0316) 873 – 6224  
michael.cik@tugraz.at  
Institut für Straßen- und Verkehrswesen  
TU Graz  
Mitbetreuender Assistent

Manuel Lienhart, BSc MSc  
Tel.: (0316) 873 – 6223  
manuel.lienhart@tugraz.at  
Institut für Straßen- und Verkehrswesen  
TU Graz  
Mitbetreuender Assistent

# Kurzfassung

## Psychoakustische Analyse von Motorradlärm

226 Seiten, 218 Abbildungen, 126 Tabellen

Österreich ist durch seine vielen Gebirgspässe und naturnahen Landstraßen ein beliebtes Ziel von Touristen und bietet durch seine Topografie teils optimale Voraussetzungen für abwechslungsreiche Ausfahrten mit dem Motorrad. Die Steiermark befindet sich, unter anderem durch seine geographische Lage, im Mittelfeld der besuchtsstärksten Bundesländer von Österreich [Statistik Austria, 2019]. Unter diesen zahlreichen Besuchern befindet sich auch die Gruppe der Motorradfahrer, wobei die Tendenz hier steigend ist, da sich in den letzten 20 Jahren die Zahl der Motorräder in Österreich mehr als verdoppelt hat [Statista, 2019]. Auch die Anzahl der Touristenankünfte in der Steiermark steigt jährlich (Vergleich von 2017 auf 2018) um ca. 3,2% [Statistik Austria, 2019]. Mit den steigenden Zahlen geht jedoch auch eine steigende Verkehrsbelastung einher. Diese wird von vielen Bewohnern, vor allem von jenen, welche unmittelbar neben stark befahrenen Straßen wohnen, als tägliche Belastung empfunden. Besonders hervorzuheben ist hierbei die Belastung durch Motorradlärm. Dieser hebt sich von den PKW Geräuschen durch unverkennbare Lärmcharakteristika ab. Beliebte Motorradstrecken liegen oft in ländlichem Gebiet, in welchem der Grundgeräuschpegel meist niedrig ist. Durch diesen Kontrast vom niedrigen Grundgeräuschpegel zur relativ hohen Lärmbelastung von Motorrädern wird der Effekt der Lästigkeit des auftretenden Geräusches nochmals verstärkt. Auch der Fakt, dass die Dichte der Motorradfahrer während den Sommermonaten besonders hoch ist, wohingegen im Winter das Vorkommen von Motorrädern in Österreich so gut wie nicht vorhanden ist, verstärkt den besagten Effekt. Auf die verkehrsbezogenen eher ruhigen Wintermonate folgen teils sehr viel stärker verkehrslärmbelastete Monate im Sommer. Da Motorradfahrer besonders oft im ländlichen Gebiet unterwegs sind, in welchem meist viele Richtungs- und Steigungswechsel auf den Strecken vorzufinden sind, kommt es zu häufigen Brems- und Beschleunigungswechsel, wodurch es zu einer erhöhten Lärmbelastung durch die Motorengeräusche kommt. Nebenbei spielt auch eine teils aggressive Fahrweise eine Rolle sowie teilweise unzulässiges Entfernen von Schalldämpfern am Auspuff, um den oftmals beliebten "Sound" des Motorrades zu verstärken. Des Weiteren fahren Motorradfahrer oft nicht nur alleine, sondern auch in Gruppen, welche als "Pulks" bezeichnet werden. Diese Art von Gruppenausfahrten lässt eine zeitlich ausgedehnte Lärmquelle entstehen. Das Problem beim Straßenverkehrs- und somit auch beim Motorradlärm ist, dass das dauerhafte Vorherrschen eines zu hohen Schalldruckpegels beim Menschen sowohl psychische als auch gesundheitliche Probleme auslösen kann. Dies kann von Schlafproblemen, über Konzentrations- und Entspannungsprobleme, bis hin zu Burnout und Herz-Kreislaufproblemen führen [Kalivoda und Steiner, 1998]. Um die menschliche Wahrnehmung des Motorradlärms besser zu veranschaulichen, werden im Zuge dieser Arbeit die Zusammenhänge von physikalischen Größen eines Schallereignisses und der Empfindung des menschlichen Hörens untersucht und bewertet. Dazu wurde als geeigneter Messort zur Ermittlung des Verkehrslärms die beliebte Motorradstrecke der Südsteirischen Grenzstraße B69 im Bezirk Deutschlandsberg in der Steiermark ausgewählt. An dieser Strecke werden, nach der Erstellung eines Messkonzepts, Schalldruckpegelmessungen und psychoakustische Messungen mittels binauraler Kunstköpfe durchgeführt. Die Messungen werden an 4 unterschiedlichen Messstandpunkten während der Sommermonate 2018 durchgeführt und in Gesamt- sowie Einzelmessungen unterteilt. Um allfällige Differenzen zwischen unterschiedlichen Fahrzeugtypen ersichtlich zu machen, werden diese in

unterschiedliche Arten unterteilt (PKW, Chopper, Enduro, Supersport, Naked Bike und Tourenmotorrad). Ergänzend zu den Aufzeichnungen werden die Anrainer des Gebietes, welche möglichst nahe zur betrachteten Straße wohnen, zum Thema Verkehrslärm an der B69 befragt. Die erhobenen Daten werden im Anschluss mittels des Programms ArtemiS Suite ausgewertet und mit dem Statistikprogramm R Project analysiert, um im Anschluss die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse darzustellen. In den folgenden Kapiteln wurden alle Arbeitsschritte in Bild und Text dokumentiert, vorangestellt der Stand des Wissens zu den Themen Grundlagen der Akustik, Lärm, Psychoakustik sowie Statistische Grundlagen.

# Abstract

## Psychoacoustical analysis of motorcycle noise

226 pages, 218 figures, 126 tables

Austria is a very popular destination for tourists because of its numerous mountain passes and natural roads. Due to its topography, Austria offers ideal conditions for motorcycling. Styria is located in the middle range of the most visited states in Austria [Statistik Austria, 2019]. A substantial proportion of these visitors are motorcyclists and the number has increased steadily in the past years. During the last 20 years, the number of motorbikes in Austria has doubled [Statista, 2019]. Also, the amount of arriving tourists increased by 3,2% within the last year (comparison of 2017 to 2018) [Statistik Austria, 2019]. These developments have led to a considerable rise in traffic congestion. For dwellers, especially for those who are living very close to the highly frequented routes, there is a daily stress. A particular highlight is definitely the stress caused by motorbikes. The noise of motorbikes is very different to the noise which is caused by a usual car and stands out with its unmistakably noise characteristics. Popular motorbike tracks are often situated in rural areas, where the basic noise level is usually rather low. Concerning the contrast between the high noise exposure of motorbikes to the low basic noise level, the occurring effect of annoyance is enhanced. This effect is also reinforced by the low density of motorcyclists passing the roads during winter compared to the large number during summer. Due to the changing gradients and directions of the road course, the road users have to brake and accelerate many times which also increases the noise level as a result of the engine noise. Moreover, an aggressive style of driving and sometimes also the inadmissible removal of sound absorbers are increasing the sound. Additionally, motorcyclists often drive in groups on the route. This behaviour is called "pulk". That kind of group rides are occurring a source of noise which is extended in time. A major problem of traffic and hence motorcycle noise is that the permanent exposure to it can cause mental health problems, as well as medical problems. These range from sleeping problems to concentration and relaxing problems but may lead to burnout or cardiovascular problems in extreme cases [Kalivoda und Steiner, 1998]. In this thesis, the connections between physical quantities of a sound event and the human perception due to motorbike noises will be analysed and evaluated. The popular motorbike track "Südsteirische Grenzstraße" B69 in the district of Deutschlandsberg in Styria is an ideal location to investigate the current traffic noise. After the preparation of a measurement concept, sound pressure and psychoacoustic measurements were recorded through an artificial head. The measurements are going to be done at 4 different places along the B69 during the summer months in 2018. The measurements are splitted in two groups, a total measurement and individual measurements. To recognise possible differences between various types of vehicles, the vehicles are grouped according to vehicle type (cars, chopper, endure, supersport, naked bikes and touring bikes). In addition to these records, there will be some interviews concerning the traffic noise with the residents which are living quite close to the B69. Following this, the collected data will be evaluated with the programme ArtemiS Suite and subsequently analysed with the statistical programme R Project to present the results and knowledge. All those work steps are documented within the following chapters with a prepped chapter of the current state of knowledge relating to the basics of acoustics, noise, psychoacoustics as well as the statistical basics.





# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>v</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>xi</b>
<b>Abkürzungen.....</b>	<b>xv</b>
<b>1 Einführung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Motivation .....	2
1.3 Zielsetzung und Abgrenzung dieser Arbeit.....	2
1.4 Gliederung der Kapitel.....	3
<b>2 Stand des Wissens.....</b>	<b>5</b>
2.1 Grundlagen der Akustik.....	5
2.1.1 Definition Schall .....	5
2.1.2 Arten von Schall .....	5
2.1.3 Frequenz.....	6
2.1.4 Schalldruck $p$ .....	6
2.1.5 Schalldruckpegel $L$ .....	6
2.1.6 Ton, Klang und Geräusch.....	7
2.1.7 Addition von Schalldruckpegeln.....	7
2.1.8 Energieäquivalenter Dauerschallpegel $L_{eq}$ .....	8
2.1.9 Frequenzbewertung.....	8
2.1.10A-bewerteter Schalldruckpegel $L_A$ .....	8
2.1.11C-bewerteter Schalldruckpegel $L_C$ .....	8
2.1.12Minimalpegel $L_{min}$ .....	9
2.1.13Basispegel $L_{95}$ .....	9
2.1.14Grundgeräuschpegel $L_{Gg}$ .....	9
2.1.15Maximalpegel $L_{max}$ .....	9
2.1.16Schallausbreitung .....	9
2.1.17Schallpegelmessgeräte .....	10
2.2 Beschreibung Lärm .....	11
2.2.1 Verkehrslärm .....	11
2.2.2 Motorradlärm.....	12
2.2.3 Geschwindigkeitsmessung .....	12
2.2.4 Lärmschutz laut RVS.....	13
2.2.5 Planungsrichtwerte laut ÖNORM S 5021 .....	14
2.2.6 EU-Verordnung.....	15

2.2.7	Lärbewertung.....	18
2.2.8	Lästigkeit .....	18
2.2.9	Medizinische Auswirkungen.....	18
2.2.10	Psychische Auswirkungen .....	18
2.3	Psychoakustik .....	19
2.3.1	Lautheit N.....	19
2.3.2	Rauigkeit.....	20
2.3.3	Schärfe .....	20
2.3.4	Schwankungsstärke.....	20
2.3.5	Tonhaltigkeit .....	20
2.4	Statistik.....	20
2.4.1	Beschreibende Statistik.....	20
2.4.2	Merkmalsträger.....	21
2.4.3	Merkmal .....	21
2.4.4	Merkmalswert .....	21
2.4.5	Häufigkeiten .....	21
2.4.6	Statistische Messskalen.....	21
2.4.7	Ablauf der statistischen Untersuchung .....	22
2.4.8	Darstellung von Daten.....	22
2.4.9	Häufigkeitsverteilung .....	22
2.4.10	Mittelwert .....	23
2.4.11	Modalwert.....	23
2.4.12	Median .....	23
2.4.13	Quantil, Dezil und Perzentil.....	23
2.4.14	Boxplot .....	23
2.4.15	Arithmetisches Mittel.....	24
2.4.16	Streuungsmaß .....	24
2.4.17	Spannweite.....	24
2.4.18	Varianz $\sigma^2$ .....	24
2.4.19	Standardabweichung sd .....	25
2.4.20	Zufallsvariable X .....	25
2.4.21	Wahrscheinlichkeiten.....	25
2.4.22	Hypothesentest .....	25
2.4.23	Lineare Regressionsanalyse.....	27
2.4.24	Varianzanalyse .....	27
2.4.25	Clusteranalyse .....	28
2.4.26	Kruskal-Wallis Test .....	28
2.4.27	Paarweiser Wilcoxon Test .....	28

---

<b>3 Methodik</b> .....	<b>29</b>
3.1 Messkonzept .....	29
3.1.1 Messgeräte.....	29
3.1.2 Ort der Messung .....	30
3.1.3 Messort Gerade mit geringer Steigung .....	32
3.1.4 Messort Kurve mit geringer Steigung.....	33
3.1.5 Messort Kurve mit signifikanter Steigung .....	34
3.1.6 Messort Gerade mit signifikanter Steigung.....	36
3.1.7 Anordnung der Messgeräte .....	37
3.1.8 Einzellärmmessung.....	38
3.1.9 Gesamtlärmmessung .....	39
3.1.10Dokumentation .....	39
3.2 Ausführung der Messungen .....	40
3.2.1 Erste Messung – Gerade mit geringer Steigung .....	40
3.2.2 Zweite Messung – Kurve mit geringer Steigung.....	42
3.2.3 Dritte Messung – Kurve mit signifikanter Steigung.....	43
3.2.4 Vierte Messung – Gerade mit signifikanter Steigung.....	45
3.3 Ermittlung des Belästigungspotentials auf Basis von Befragungen.....	46
3.3.1 Fragebogen allgemein .....	48
3.3.2 Persönliche Befragung .....	50
3.3.3 Online-Fragebogen.....	50
<b>4 Statistische Analyse der Messdaten</b> .....	<b>52</b>
4.1 Analysen der Gesamtmessung .....	53
4.1.1 Geschwindigkeitsvergleich aller Messorte.....	53
4.1.2 Analysen der Geschwindigkeiten .....	54
4.1.3 Geschwindigkeiten Messort 1 – Gerade ohne Steigung .....	55
4.1.4 Geschwindigkeiten Messort 2 – Kurve ohne Steigung.....	56
4.1.5 Geschwindigkeiten Messort 3 – Kurve mit Steigung.....	58
4.1.6 Geschwindigkeiten Messort 4 – Gerade mit Steigung .....	59
4.1.7 Akustische und psychoakustische Messgrößen der Gesamtmessungen .....	61
4.1.8 Zusammengefasste Ergebnisse der analysierten Gesamtmessungen.....	64
4.2 Analysen der Einzelmessungen .....	67
4.2.1 Varianzanalyse Einzelmessungen.....	68
4.2.2 Varianzanalyse Einzelmessungen 7,50 m.....	68
4.2.3 Varianzanalyse Einzelmessungen 25 m.....	71
4.2.4 Varianzanalyse Einzelmessungen 50 m.....	74
4.2.5 Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 1.....	77
4.2.6 Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 2.....	89

4.2.7	Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 3 .....	99
4.2.8	Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 4 .....	109
4.2.9	Analyse von Einzelfahrzeugen mit ähnlichen Geschwindigkeiten.....	118
4.2.10	Paarweiser Vergleich Messort 1.....	120
4.2.11	Paarweiser Vergleich Messort 2.....	135
4.2.12	Paarweiser Vergleich Messort 3.....	145
4.2.13	Paarweiser Vergleich Messort 4.....	160
4.2.14	Zusammengefasste Ergebnisse der analysierten Einzelmessungen.....	172
4.3	Motorradfahrten im Pulk .....	176
4.3.1	A-bewerteter Schalldruckpegel.....	178
4.3.2	C-bewerteter Schalldruckpegel.....	180
4.3.3	Lautheit .....	182
4.3.4	Rauigkeit.....	184
4.3.5	Schärfe .....	186
4.3.6	Schwankungsstärke.....	188
4.3.7	Zusammengefasste Ergebnisse der analysierten Pulkfahrten.....	190
<b>5</b>	<b>Ergebnis der Befragung.....</b>	<b>191</b>
<b>6</b>	<b>Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerung .....</b>	<b>195</b>
6.1	Gesamtmessungen .....	195
6.2	Einzelmessungen .....	195
6.3	Pulkfahrten .....	196
6.4	Befragung .....	197
6.5	Schlussfolgerung.....	197
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>198</b>
7.1	Zusammenfassung.....	198
7.2	Lösungsansätze.....	201
7.3	Probleme .....	202
7.4	Resümee.....	203
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>205</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>209</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Pegelskala [Quelle: Umweltbundesamt, 2018].....	7
Abbildung 2: Frequenzbewertungskurven [Quelle: Hauswirth, 2017].....	8
Abbildung 3: Bestimmung einer langen, geraden Straße (Quelle: RVS, 2008).....	13
Abbildung 4: EU-Fahrgeräuschgrenzwerte [Quelle: BMNT, 2017].....	16
Abbildung 5: Anordnung der Messgeräte laut EU-Verordnung [Quelle: EP, 2014] .....	17
Abbildung 6: SPL(A) vs. Lautheit [Quelle: Fastl H. et al., 2006] .....	19
Abbildung 7: Boxplot.....	24
Abbildung 8: Einseitiger Hypothesentest [Quelle: Zucchini, 2009] .....	26
Abbildung 9: Zweiseitiger Hypothesentest [Quelle: Zucchini, 2009] .....	26
Abbildung 10: Regressionsgerade.....	27
Abbildung 11: Clusteranalyse.....	28
Abbildung 12: Kunstkopfmikrofon [Quelle: Direct Industry, 2019].....	29
Abbildung 13: Überblick gesamtes Messgebiet [Quelle: basemap, 2019].....	31
Abbildung 14: Überblick gesamtes Messgebiet Orthofoto [Quelle: basemap, 2019].....	31
Abbildung 15: Messort Gerade ohne Steigung [Quelle: basemap, 2018].....	32
Abbildung 16: Messort Gerade ohne Steigung [Quelle: basemap, 2018].....	33
Abbildung 17: Messort Kurve ohne Steigung [Quelle: basemap, 2018].....	34
Abbildung 18: Messort Kurve ohne Steigung Orthofoto [Quelle: basemap, 2018] .....	34
Abbildung 19: Messort Kurve mit Steigung [Quelle: basemap, 2018] .....	35
Abbildung 20: Messort Kurve mit Steigung Orthofoto [Quelle: basemap, 2018] .....	36
Abbildung 21: Messort Gerade mit Steigung [Quelle: basemap, 2018].....	37
Abbildung 22: Messort Gerade mit Steigung Orthofoto [Quelle: basemap, 2018].....	37
Abbildung 23: Anordnung Messgeräte .....	39
Abbildung 24: 1. Messung: Gerade mit geringer Steigung.....	41
Abbildung 25: 1. Messung: Anordnung der Messgeräte.....	42
Abbildung 26: 2.Messung: Kurve mit geringer Steigung.....	43
Abbildung 27: 2.Messung: Anordnung der Messgeräte.....	43
Abbildung 28: 3.Messung: Anordnung der Messgeräte.....	44
Abbildung 29: 3.Messung: Kurve mit signifikanter Steigung.....	45
Abbildung 30: 4.Messung: Gerade mit signifikanter Steigung .....	46
Abbildung 31: 4.Messung: Anordnung der Messgeräte.....	46
Abbildung 32: Fragebogen Seite 1 .....	49
Abbildung 33: Fragebogen Seite 2 .....	50
Abbildung 34: Geschwindigkeiten Motorrad vs. PKW .....	54
Abbildung 35: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 1.....	55
Abbildung 36: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 2.....	57

Abbildung 37: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 3.....	58
Abbildung 38: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 4.....	60
Abbildung 39: Geschwindigkeiten Gesamtmessung .....	65
Abbildung 40: Einzelmessungen Schärfe vs. Steigung.....	66
Abbildung 41: Einzelmessungen Schwankungsstärke vs. Radius .....	67
Abbildung 42: Rauigkeit P95 in Abhängigkeit der Fahrzeugarten .....	70
Abbildung 43: Lautheit P95 in Abhängigkeit der Geschwindigkeit .....	70
Abbildung 44: Schärfe 2 P95 in Abhängigkeit der Geschwindigkeit.....	73
Abbildung 45: Schwankungsstärke 2 P5 in Abhängigkeit des Radius.....	74
Abbildung 46: Rauigkeit 2 P95 in Abhängigkeit der Fahrzeugart .....	75
Abbildung 47: SPL(A) 2 Median in Abhängigkeit vom Messort .....	76
Abbildung 48: 95. Perzentil SPL(A) Messort 1 .....	78
Abbildung 49: 95. Perzentil SPL(C) Messort 1 .....	80
Abbildung 50: 95. Perzentil Lautheit Messort 1 .....	82
Abbildung 51: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 1 .....	84
Abbildung 52: 95. Perzentil Schärfe Messort 1 .....	86
Abbildung 53: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 1.....	88
Abbildung 54: 95. Perzentil SPL(A) Messort 2 .....	90
Abbildung 55: 95. Perzentil SPL(C) Messort 2 .....	92
Abbildung 56: 95. Perzentil Lautheit Messort 2 .....	94
Abbildung 57: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 2 .....	95
Abbildung 58: 95. Perzentil Schärfe Messort 2 .....	97
Abbildung 59: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 2.....	98
Abbildung 60: 95. Perzentil SPL(A) Messort 3 .....	100
Abbildung 61: 95. Perzentil SPL(C) Messort 3 .....	102
Abbildung 62: 95. Perzentil Lautheit Messort 3 .....	103
Abbildung 63: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 3 .....	105
Abbildung 64: 95. Perzentil Schärfe Messort 3 .....	106
Abbildung 65: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 3.....	108
Abbildung 66: 95. Perzentil SPL(A) Messort 4 .....	110
Abbildung 67: 95. Perzentil SPL(C) Messort 4 .....	111
Abbildung 68: 95. Perzentil Lautheit Messort 4 .....	112
Abbildung 69: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 4 .....	114
Abbildung 70: 95. Perzentil Schärfe Messort 4 .....	115
Abbildung 71: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 4.....	117
Abbildung 72: SPL(A) Messort 1 Chopper vs. PKW.....	121
Abbildung 73:SPL(A) Messort 1 Enduro vs. PKW.....	122
Abbildung 74: SPL(A) Messort 1 Naked Bike vs. PKW .....	122

---

Abbildung 75: SPL(A) Messort 1 Supersport vs. PKW.....	122
Abbildung 76: SPL(A) Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW .....	123
Abbildung 77: SPL(C) Messort 1 Chopper vs. PKW.....	123
Abbildung 78: SPL(C) Messort 1 Enduro vs. PKW .....	124
Abbildung 79: SPL(C) Messort 1 Naked Bike vs. PKW .....	124
Abbildung 80: SPL(C) Messort 1 Supersport vs. PKW.....	124
Abbildung 81: SPL(C) Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW.....	125
Abbildung 82: Lautheit Messort 1 Chopper vs. PKW .....	125
Abbildung 83: Lautheit Messort 1 Enduro vs. PKW.....	126
Abbildung 84: Lautheit Messort 1 Naked Bike vs. PKW .....	126
Abbildung 85: Lautheit Messort 1 Supersport vs. PKW.....	126
Abbildung 86: Lautheit Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW .....	127
Abbildung 87: Rauigkeit Messort 1 Chopper vs. PKW.....	127
Abbildung 88: Rauigkeit Messort 1 Enduro vs. PKW .....	128
Abbildung 89: Rauigkeit Naked Bike vs. PKW.....	128
Abbildung 90: Rauigkeit Supersport vs. PKW.....	128
Abbildung 91: Rauigkeit Tourenmotorrad vs. PKW.....	129
Abbildung 92: Schärfe Messort 1 Chopper vs. PKW.....	129
Abbildung 93: Schärfe Messort 1 Enduro vs. PKW .....	130
Abbildung 94: Schärfe Messort 1 Naked Bike vs. PKW .....	130
Abbildung 95: Schärfe Messort 1 Supersport vs. PKW.....	130
Abbildung 96: Schärfe Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW.....	131
Abbildung 97: Schwankungsstärke Messort 1 Chopper vs. PKW .....	131
Abbildung 98: Schwankungsstärke Messort 1 Enduro vs. PKW .....	132
Abbildung 99: Schwankungsstärke Messort 1 Naked Bike vs. PKW .....	132
Abbildung 100: Schwankungsstärke Messort 1 Supersport vs. PKW .....	132
Abbildung 101: Schwankungsstärke Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW .....	133
Abbildung 102: Frequenzspektrum Messort 1 Chopper vs. PKW .....	134
Abbildung 103: Frequenzspektrum Messort 1 Enduro vs. PKW.....	134
Abbildung 104: Frequenzspektrum Messort 1 Naked Bike vs. PKW .....	134
Abbildung 105: Frequenzspektrum Messort 1 Supersport vs. PKW .....	135
Abbildung 106: Frequenzspektrum Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW .....	135
Abbildung 107: SPL(A) Messort 2 Naked Bike vs. PKW .....	136
Abbildung 108: SPL(A) Messort 2 Supersport vs. PKW.....	136
Abbildung 109: SPL(A) Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW .....	137
Abbildung 110: SPL(C) Messort 2 Naked Bike vs. PKW .....	137
Abbildung 111: SPL(C) Messort 2 Supersport vs. PKW.....	138
Abbildung 112: SPL(C) Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW.....	138

Abbildung 113: Lautheit Messort 2 Naked Bike vs. PKW .....	139
Abbildung 114: Lautheit Messort 2 Supersport vs. PKW.....	139
Abbildung 115: Lautheit Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW .....	139
Abbildung 116: Rauigkeit Messort 2 Naked Bike vs. PKW.....	140
Abbildung 117: Rauigkeit Messort 2 Supersport vs. PKW.....	140
Abbildung 118: Rauigkeit Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW.....	141
Abbildung 119: Schärfe Messort 2 Naked Bike vs. PKW .....	141
Abbildung 120: Schärfe Messort 2 Supersport vs. PKW.....	142
Abbildung 121: Schärfe Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW.....	142
Abbildung 122: Schwankungsstärke Messort 2 Naked Bike vs. PKW .....	143
Abbildung 123: Schwankungsstärke Messort 2 Supersport vs. PKW .....	143
Abbildung 124: Schwankungsstärke Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW .....	143
Abbildung 125: Frequenzspektrum Messort 2 Supersport vs. PKW .....	144
Abbildung 126: Frequenzspektrum Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW .....	144
Abbildung 127: Frequenzspektrum Messort 2 Naked Bike vs. PKW .....	145
Abbildung 128: SPL(A) Messort 3 Chopper vs. PKW.....	146
Abbildung 129: SPL(A) Messort 3 Enduro vs. PKW.....	146
Abbildung 130: SPL(A) Messort 3 Naked Bike vs. PKW .....	146
Abbildung 131: SPL(A) Messort 3 Supersport vs. PKW.....	147
Abbildung 132: SPL(A) Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW .....	147
Abbildung 133: SPL(C) Messort 3 Chopper vs. PKW.....	148
Abbildung 134: SPL(C) Messort 3 Enduro vs. PKW.....	148
Abbildung 135: SPL(C) Messort 3 Naked Bike vs. PKW .....	148
Abbildung 136: SPL(C) Messort 3 Supersport vs. PKW.....	149
Abbildung 137: SPL(C) Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW.....	149
Abbildung 138: Lautheit Messort 3 Chopper vs. PKW .....	150
Abbildung 139: Lautheit Messort 3 Enduro vs. PKW.....	150
Abbildung 140: Lautheit Messort 3 Naked Bike vs. PKW .....	150
Abbildung 141: Lautheit Messort 3 Supersport vs. PKW.....	151
Abbildung 142: Lautheit Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW .....	151
Abbildung 143: Rauigkeit Messort 3 Chopper vs. PKW.....	152
Abbildung 144: Rauigkeit Messort 3 Enduro vs. PKW.....	152
Abbildung 145: Rauigkeit Messort 3 Naked Bike vs. PKW.....	153
Abbildung 146: Rauigkeit Messort 3 Supersport vs. PKW.....	153
Abbildung 147: Rauigkeit Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW.....	153
Abbildung 148: Schärfe Messort 3 Chopper vs. PKW.....	154
Abbildung 149: Schärfe Messort 3 Enduro vs. PKW.....	155
Abbildung 150: Messort 3 Schärfe Naked Bike vs. PKW .....	155



---

Abbildung 151: Messort 3 Schärfe Supersport vs. PKW.....	155
Abbildung 152: Messort 3 Schärfe Tourenmotorrad vs. PKW.....	156
Abbildung 153: Schwankungsstärke Messort 3 Chopper vs. PKW .....	157
Abbildung 154: Schwankungsstärke Messort 3 Enduro vs. PKW .....	157
Abbildung 155: Schwankungsstärke Messort 3 Naked Bike vs. PKW .....	157
Abbildung 156: Schwankungsstärke Messort 3 Supersport vs. PKW .....	158
Abbildung 157: Schwankungsstärke Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW.....	158
Abbildung 158: Frequenzspektrum Messort 3 Chopper vs. PKW .....	159
Abbildung 159: Frequenzspektrum Messort 3 Enduro vs. PKW.....	159
Abbildung 160: Frequenzspektrum Messort 3 Naked Bike vs. PKW .....	159
Abbildung 161: Frequenzspektrum Messort 3 Supersport vs. PKW .....	160
Abbildung 162: Frequenzspektrum Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW .....	160
Abbildung 163: SPL(A) Messort 4 Chopper vs. PKW.....	161
Abbildung 164: SPL(A) Messort 4 Naked Bike vs. PKW .....	161
Abbildung 165: SPL(A) Messort 4 Supersport vs. PKW.....	162
Abbildung 166: SPL(A) Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW .....	162
Abbildung 167: SPL(C) Messort 4 Chopper vs. PKW.....	163
Abbildung 168: SPL(C) Messort 4 Naked Bike vs. PKW .....	163
Abbildung 169: SPL(C) Messort 4 Supersport vs. PKW.....	163
Abbildung 170: SPL(C) Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW.....	164
Abbildung 171: Lautheit Messort 4 Chopper vs. PKW .....	164
Abbildung 172: Lautheit Messort 4 Naked Bike vs. PKW .....	165
Abbildung 173: Lautheit Messort 4 Supersport vs. PKW.....	165
Abbildung 174: Lautheit Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW .....	165
Abbildung 175: Rauigkeit Messort 4 Chopper vs. PKW.....	166
Abbildung 176: Rauigkeit Messort 4 Naked Bike vs. PKW.....	166
Abbildung 177: Rauigkeit Messort 4 Supersport vs. PKW .....	167
Abbildung 178: Rauigkeit Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW.....	167
Abbildung 179: Schärfe Messort 4 Chopper vs. PKW.....	168
Abbildung 180: Schärfe Messort 4 Naked Bike vs. PKW .....	168
Abbildung 181: Schärfe Messort 4 Schärfe Supersport vs. PKW.....	168
Abbildung 182: Schärfe Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW.....	169
Abbildung 183: Schwankungsstärke Messort 4 Chopper vs. PKW .....	169
Abbildung 184: Schwankungsstärke Messort 4 Naked Bike vs. PKW.....	170
Abbildung 185: Schwankungsstärke Messort 4 Supersport vs. PKW .....	170
Abbildung 186: Schwankungsstärke Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW.....	170
Abbildung 187: Frequenzspektrum Messort 4 Chopper vs. PKW .....	171
Abbildung 188: Frequenzspektrum Messort 4 Naked Bike vs. PKW .....	171

Abbildung 189: Frequenzspektrum Messort 4 Supersport vs. PKW .....	172
Abbildung 159: Frequenzspektrum Messort 4 Tourenmotorradvs. PKW .....	172
Abbildung 191: SPL(A) Pulk Nr. 1 Messort 1 .....	178
Abbildung 192: SPL(A) Pulk Nr. 4 Messort 2 .....	179
Abbildung 193: SPL(A) Pulk Nr. 7 Messort 3 .....	179
Abbildung 194: SPL(A) Pulk Nr. 9 Messort 4 .....	179
Abbildung 195: SPL(C) Pulk Messort 1 .....	180
Abbildung 196: SPL(C) Pulk Messort 2 .....	181
Abbildung 197: SPL(C) Pulk Messort 3 .....	181
Abbildung 198: SPL(C) Pulk Messort 4 .....	181
Abbildung 199: Lautheit Pulk Nr. 1 Messort 1 .....	182
Abbildung 200: Lautheit Pulk Nr. 4 Messort 2 .....	183
Abbildung 201: Lautheit Pulk Nr. 7 Messort 3 .....	183
Abbildung 202: Lautheit Pulk Nr. 9 Messort 4 .....	183
Abbildung 203: Rauigkeit Pulk Nr. 1 Messort 1.....	184
Abbildung 204: Rauigkeit Pulk Nr. 4 Messort 2.....	185
Abbildung 205: Rauigkeit Pulk Nr. 7 Messort 3.....	185
Abbildung 206: Rauigkeit Pulk Nr. 9 Messort 4.....	185
Abbildung 207: Schärfe Pulk Nr. 1 Messort 1.....	186
Abbildung 208: Schärfe Pulk Nr. 4 Messort 2.....	187
Abbildung 209: Schärfe Pulk Nr. 7 Messort 3.....	187
Abbildung 210: Schärfe Pulk Nr. 9 Messort 4.....	187
Abbildung 211: Schwankungsstärke Pulk Nr. 1 Messort 1 .....	188
Abbildung 212: Schwankungsstärke Pulk Nr. 4 Messort 2 .....	189
Abbildung 213: Schwankungsstärke Pulk Nr. 7 Messort 3 .....	189
Abbildung 214: Schwankungsstärke Pulk Nr. 9 Messort 4 .....	189
Abbildung 215: Störendstes Verkehrsgeräusch .....	192
Abbildung 216: Beeinträchtigungen durch Verkehrslärm im Alltag.....	192
Abbildung 217: Beeinträchtigung aufgrund des Verkehrslärms .....	193
Abbildung 218: Maßnahmen gegen Verkehrslärm .....	193

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fahrzeugbezogene Einflüsse auf den Verkehrslärm [Quelle: Niedermeier, 2006] .....	11
Tabelle 2: Umweltbezogene Einflüsse auf den Verkehrslärm [Quelle: Niedermeier, 2006] .....	12
Tabelle 3: Richtwerte ÖNORM S 5021, [Quelle: ON, 2010] .....	14
Tabelle 4: Auszug Zählliste .....	40
Tabelle 5: Meteorologische Messwerte Messort 1, [Quelle: Kachelmann, 2019] .....	41
Tabelle 6: Meteorologische Messwerte Messort 2 [Quelle: Kachelmann, 2019] .....	42
Tabelle 7: Meteorologische Messwerte Messort 3 [Quelle: Kachelmann, 2019] .....	44
Tabelle 8: Meteorologische Messwerte Messort 4 [Quelle: Kachelmann, 2019] .....	45
Tabelle 9: Signifikanzniveaus p-Wert .....	52
Tabelle 10: Allgemeine Daten Gesamtmessung .....	53
Tabelle 11: Allgemeine Daten gekürzte Gesamtmessungen .....	54
Tabelle 12: Varianzanalyse Gesamtmessung Geschwindigkeiten .....	55
Tabelle 13: Geschwindigkeiten Messort 1 .....	56
Tabelle 14: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 1 .....	56
Tabelle 15: Geschwindigkeiten Messort 2 .....	57
Tabelle 16: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 2 .....	58
Tabelle 17: Geschwindigkeiten Messort 3 .....	59
Tabelle 18: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 3 .....	59
Tabelle 19: Geschwindigkeiten Messort 4 .....	60
Tabelle 20: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 4 .....	61
Tabelle 21: SPLA1 Gesamtmessungen .....	62
Tabelle 22: SPLC1 Gesamtmessungen .....	62
Tabelle 23: Lautheit 1 Gesamtmessungen .....	63
Tabelle 24: Rauigkeit 1 Gesamtmessungen .....	63
Tabelle 25: Schärfe 1 Gesamtmessungen .....	63
Tabelle 26: Schwankungsstärke 1 Gesamtmessungen .....	64
Tabelle 27: Ergebnis Gesamtmessung .....	65
Tabelle 28: Varianzanalyse P95 Einzelmessungen 7,50 m .....	69
Tabelle 29: Varianzanalyse Median Einzelmessungen 7,50 m .....	71
Tabelle 30: Varianzanalyse P5 Einzelmessungen 7,50 m .....	71
Tabelle 31: Varianzanalyse P95 Einzelmessungen 25 m .....	72
Tabelle 32: Varianzanalyse Median Einzelmessungen 25 m .....	73
Tabelle 33: Varianzanalyse P5 Einzelmessungen 25 m .....	74
Tabelle 34: Varianzanalyse P95 Einzelmessungen 50 m .....	75
Tabelle 35: Varianzanalyse Median Einzelmessungen 50 m .....	76
Tabelle 36: Varianzanalyse P5 Einzelmessungen 50 m .....	77

Tabelle 37: SPL(A) P95 Messort 1 7,50 m.....	79
Tabelle 38: SPL(A) Median Messort 1 7,50 m .....	79
Tabelle 39: SPL(A) 5. Perzentil Messort 1 7,50 m.....	79
Tabelle 40: SPL(C) 95. Perzentil Messort 1 7,50 m .....	80
Tabelle 41: SPL(C) Median Messort 1 7,50 m.....	81
Tabelle 42: SPL(C) 5. Perzentil Messort 1 7,50 m .....	81
Tabelle 43: Lautheit 95. Perzentil Messort 1 7,50 m.....	82
Tabelle 44: Lautheit Median Messort 1 7,50 m .....	83
Tabelle 45: Lautheit 5. Perzentil Messort 1 7,50 m.....	83
Tabelle 46: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 1 7,50 m .....	84
Tabelle 47: Rauigkeit Median Messort 1 7,50 m.....	85
Tabelle 48: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 1 7,50 m .....	85
Tabelle 49: Schärfe 95. Perzentil Messort 1 7,50 m.....	86
Tabelle 50: Schärfe Median Messort 1 7,50 m.....	87
Tabelle 51: Schärfe 5. Perzentil Messort 1 7,50 m.....	87
Tabelle 52: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 1 7,50 m .....	88
Tabelle 53: Schwankungsstärke Median Messort 1 7,50 m .....	89
Tabelle 54: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 1 7,50 m .....	89
Tabelle 55: SPL(A) 95. Perzentil Messort 2 7,50 m.....	90
Tabelle 56: SPL(A) Median Messort 2 7,50 m .....	91
Tabelle 57: SPL(A) 5. Perzentil Messort 2 7,50 m.....	91
Tabelle 58: SPL(C) 95. Perzentil Messort 2 7,50 m.....	92
Tabelle 59: SPL(C) Median Messort 2 7,50 m.....	93
Tabelle 60: SPL(C) 5. Perzentil Messort 2 7,50 m.....	93
Tabelle 61: Lautheit 95. Perzentil Messort 2 7,50 m.....	94
Tabelle 62: Lautheit Median Messort 2 7,50 m .....	94
Tabelle 63: Lautheit 5. Perzentil Messort 2 7,50 m.....	95
Tabelle 64: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 2 .....	96
Tabelle 65: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 2 .....	96
Tabelle 66: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 2 .....	96
Tabelle 67: Schärfe 95. Perzentil Messort 2 7,50 m.....	97
Tabelle 68: Schärfe Median Messort 2 7,50 m.....	97
Tabelle 69: Schärfe 5. Perzentil Messort 2 7,50 m .....	98
Tabelle 70: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 2 7,50 m .....	99
Tabelle 71: Schwankungsstärke Median Messort 2 7,50 m .....	99
Tabelle 72: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 2 7,50 m .....	99
Tabelle 73: SPL(A) 95. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	100
Tabelle 74: SPL(A) Median Messort 3 7,50 m .....	101

---

Tabelle 75: SPL(A) 5. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	101
Tabelle 76: SPL(C) 95. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	102
Tabelle 77: SPL(C) Median Messort 3 7,50 m.....	102
Tabelle 78: SPL(C) 5. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	103
Tabelle 79: Lautheit 95. Perzentil Messort 7,50 m.....	104
Tabelle 80: Lautheit Median Messort 3 7,50 m.....	104
Tabelle 81: Lautheit 5. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	104
Tabelle 82: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	105
Tabelle 83: Rauigkeit Median Messort 3 7,50 m.....	105
Tabelle 84: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 3.....	106
Tabelle 85: Schärfe 95. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	107
Tabelle 86: Schärfe Median Messort 3 7,50 m.....	107
Tabelle 87: Schärfe 5. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	107
Tabelle 88: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	108
Tabelle 89: Schwankungsstärke Median Messort 3 7,50 m.....	108
Tabelle 90: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 3 7,50 m.....	109
Tabelle 91: SPL(A) 95. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	110
Tabelle 92: SPL(A) Median Messort 4 7,50 m.....	110
Tabelle 93: SPL(A) 5. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	111
Tabelle 94: SPL(C) 95. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	111
Tabelle 95: SPL(C) Median Messort 4 7,50 m.....	112
Tabelle 96: SPL(C) 5. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	112
Tabelle 97: Lautheit 95. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	113
Tabelle 98: Lautheit Median Messort 4 7,50 m.....	113
Tabelle 99: Lautheit 5. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	113
Tabelle 100: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 4.....	114
Tabelle 101: Rauigkeit Median Messort 4.....	114
Tabelle 102: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 4.....	115
Tabelle 103: Schärfe 95. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	115
Tabelle 104: Schärfe Median Messort 4 7,50 m.....	116
Tabelle 105: Schärfe 5. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	116
Tabelle 106: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	117
Tabelle 107: Schwankungsstärke Median Messort 4 7,50 m.....	117
Tabelle 108: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 4 7,50 m.....	118
Tabelle 109: Anzahl der analysierten Fahrzeuge.....	118
Tabelle 110: Kruskal-Wallis Analyse Nr. 1, alle Fahrzeugtypen.....	119
Tabelle 111: Kruskal-Wallis Analyse Nr. 2, alle Fahrzeugtypen.....	119
Tabelle 112: Kruskal-Wallis Analyse Nr. 3, PKW vs. Motorrad.....	120

Tabelle 113: Kruskal-Wallis Analyse Nr.4, PKW vs. Motorrad.....	120
Tabelle 114: Paarweiser Vergleich Messort 1 .....	121
Tabelle 115: Paarweiser Vergleich Messort 2 .....	135
Tabelle 116: Paarweiser Vergleich Messort 3 .....	145
Tabelle 117: Paarweiser Vergleich Messort 4 .....	160
Tabelle 118: Ergebnisse P95 Einzelmessungen 7,50 m .....	173
Tabelle 119: Daten Pulk.....	177
Tabelle 120: SPL(A) Pulk vs. Motorrad .....	178
Tabelle 121: SPL(C) Pulk vs. Motorrad .....	180
Tabelle 122: Lautheit Pulk vs. Motorrad .....	182
Tabelle 123: Rauigkeit Pulk vs. Motorrad.....	184
Tabelle 124: Schärfe Pulk vs. Motorrad .....	186
Tabelle 125: Schwankungsstärke Pulk vs. Motorrad.....	188
Tabelle 126: Auswertung Fragebogen.....	191

## Abkürzungen

KFZ	Kraftfahrzeug
PKW	Personenkraftwagen
LKW	Lastkraftwagen
$p_0$	Atmosphärischer Ruhedruck
$p$	Schalldruck
L	Schalldruckpegel
SPL	Schalldruckpegel
$L_A$ , SPL(A)	A-bewerteter Schalldruckpegel
$L_C$ , SPL(C)	C-bewerteter Schalldruckpegel
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
Pa	Pascal
dB	Dezibel
$L_{eq}$	Energieäquivalenter Dauerschallpegel
$L_{A,eq}$	Energieäquivalenter A-bewerteter Dauerschallpegel
$L_{C,eq}$	Energieäquivalenter C-bewerteter Dauerschallpegel
$L_{min}$	Minimalpegel
$L_{95}$	Basispegel
$L_{Gg}$	Grundgeräuschpegel
$L_{max}$	Maximalpegel
$L_{PKW,F}$	Basiswert für Fahrzeugemission bzgl. Fahrbahndecke
$K_{V,PKW,F}$	Kennwert für Einfluss der Geschwindigkeit bzgl. Fahrbahndecke
$K_{L,PKW}$	Kennwert für Einfluss der Längsneigung
$M_{PKW}$	Anzahl der PKW pro Stunde
$L_m$	Mittelungsschallpegel
$\Delta L_{b,Profil}$	Bodendämpfungsmaß für lange, gerade Straße
$\Delta L_{S,Profil}$	Schirmmaß
$\Delta L_{r,x}$	Flächenreflexionsmaß
$\Delta L_{St}$	Streuungsmaß
$\sigma$	Standardabweichung
sd	Standardabweichung
$\sigma^2$	Varianz
X	Zufallsvariable
P	Wahrscheinlichkeit
$\alpha$	Signifikanzniveau

$\beta$	Fehler 1. Art
IQR	Interquartilsabstand
$H_0$	Nullhypothese
$H_1$	Alternativhypothese



# 1 Einführung

## 1.1 Problemstellung

Die Steiermark ist aufgrund ihrer Topographie und geographischen Lage ein beliebtes Ziel für Touristen und liegt im Mittelfeld der besuchsstärksten Bundesländer Österreichs [Statistik Austria, 2019]. Mit dem Tourismus geht auch eine erhöhte Verkehrsbelastung einher. Durch seine vielen landschaftlich schönen und langgezogenen Passstraßen wird die Steiermark auch von zahlreichen Motorradfahrern, in erster Linie während den Sommermonaten, befahren.

Durch die unterschiedlichen Steigungsniveaus sowie Kurvenradien, kommt es beim Passieren dieser Straßen zu einer erhöhten Verkehrslärmbelastung, vorrangig durch die Geräusche von Motoren und Abgasanlagen der Motorräder, deren Geräuschcharakteristik sich deutlich zu jener von anderen Kraftfahrzeugen unterscheidet. Durch die topographische Lage der Steiermark kann es außerdem zu Reflektionen des Schalls von den umliegenden Bergen kommen und somit zu einem erhöhten Schalldruckpegel führen. Diese Lärmentwicklung stellt vor allem für die Anrainer ein Problem dar und kann neben der psychisch belastigenden Wirkung auch zu gesundheitlichen Problemen führen.

Als gutes Beispiel für diese Problematik gilt die Südsteirische Grenzstraße B69, speziell im Bereich des Ortes Soboth, welcher im Bezirk Deutschlandsberg liegt. Die besagte Straße ist, vor allem an sonnigen Wochenenden, üblicherweise hoch frequentiert. In den Wintermonaten herrscht, aufgrund der Witterungsbedingungen, im Regelfall kein Motorradverkehrsaufkommen. Durch diese zeitweise geringe Verkehrsbelastung wird die subjektiv empfundene Belästigung der angrenzenden Anrainer verstärkt, da im Sommer eine deutlich höhere Verkehrslärmbelastung als während der Wintermonate vorherrscht. Wie störend Verkehrslärm vom Menschen empfunden wird, ist zum Teil auch vom Grundschalldruckpegel abhängig, welcher in ländlichen Gegenden oft relativ gering ist. Das menschliche Empfinden des Schalls kann durch Gewöhnung beeinflusst werden und die Anwohner können durch punktuelle Lärmereignisse, wie vorbeifahrende Motorräder, mehr gestört werden, als durch eine über das ganze Jahr konstant erhöhte Verkehrslärmbelastung. Durch die unterschiedlichen Steigungen der Südsteirischen Grenzstraße von bis zu 15% und einer großen Anzahl an Kurven werden von den Motorradfahrern häufige Beschleunigungs- und Bremswechsel durchgeführt. Durch diese häufigen Wechsel wird eine besondere Geräuschcharakteristik erzeugt, mit welcher eine größere Belästigungswirkung als im Vergleich zu stetigen Geradeausfahrten einhergeht. Ein weiteres Problem können beispielsweise auch die unterschiedlichen Fahrzeugtypen (z.B. Enduro, Naked Bike, Chopper, Supersport und Tourenmotorrad), Geschwindigkeit, modifizierte Auspuffanlagen sowie die Fahrweise der einzelnen Fahrer darstellen, wie zum Beispiel die Gangwahl und Drehzahl. Auch die Anzahl der passierenden Fahrzeuge spielt hierbei eine signifikante Rolle.

Bei der Berechnung von Grenzwerten, betreffend der zulässigen Immissionsgrenzwerte von Verkehrslärm, wird in vielen Richtlinien oft nur zwischen KFZ (Kraftfahrzeugen) und Schwerverkehr unterschieden, wie etwa in der RVS 04.02.11, somit werden Motorräder eher selten als eigene Fahrzeuggruppe klassifiziert.

Um die Emissionsgrenzwerte von Motorrädern zu ermitteln, wird üblicherweise die EU-Verordnung Nr. 97/24/E, welche eine Richtlinie über bestimmte Bauteile und Merkmale von zweirädrigen oder dreirädrigen Kraftfahrzeugen darstellt, herangezogen. Ein Bestandteil dieser Verordnung ist die Vorgehensweise der Messung des A-bewerteten Schalldruckpegels von Motorrädern zum Zweck der Modelltypisierung. Diese Messungen erfolgen in der EU-Verordnung unter Laborbedingungen, welche nur bedingt in der Realität vorherrschen. In der EU-Verordnung wurden bisher keine psychoakustischen Messungen und Analysen im Zuge der Modelltypisierungen durchgeführt. Bezüglich der Grenzwerte gibt es laut der besagten EU-Verordnung keine Unterscheidung zwischen den einzelnen Motorradtypen, die Dezibel-Grenzen werden lediglich unter Betrachtung des Hubraumvolumens unterschieden. In der EU-Verordnung Nr. 540/2014, welche sich mit dem Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen und Austauschschalldämpferanlagen beschäftigt, wurden die Fahrgeräuschgrenzwerte für PKWs abgesenkt, die Fahrgeräuschgrenzwerte von Motorrädern wurden hingegen seit dem Jahr 1997 nicht verändert.

## **1.2 Motivation**

Die Ermittlung und Abbildung von Lärm, speziell im Bereich des Verkehrslärms, stellt eine umfassende und komplexe Thematik dar. Um Lärm so abzubilden, wie er von Menschen wahrgenommen wird, sind eine Vielzahl von Aspekten zu beachten, welche in den meisten derzeit gültigen Richtlinien und Verordnungen außer Acht gelassen werden. Die Motivation dieser Arbeit ist es, im Bereich Verkehr und Umwelt speziell das Themengebiet des Motorradlärms und seine psychoakustischen Auswirkungen auf den Menschen zu erörtern. In den meisten derzeitigen Normen und Richtlinien wird zur Beurteilung von Verkehrslärm größtenteils nur der unbewertete Schalldruckpegel SPL, oder der A-bewertete Schalldruckpegel SPL(A) betrachtet. Dies stellt speziell im Bereich des Verkehrslärms, welcher meist einen relativ hohen Anteil an tieffrequenten Schalldruckpegeln aufweist [Möser, 2015], oft eine einseitige und unzureichende Betrachtung dar. In dieser Arbeit wird vor allem die EU-Verordnung Nr. 97/24/EG als Grundlage der Lärmmessungen herangezogen. Die Messungen werden laut dieser Verordnung, wie bereits in Kapitel 1.1 erwähnt, unter Laborbedingungen durchgeführt. Da in der Realität allerdings meist keine Laborbedingungen vorherrschen, und sich sowohl die Parameter bezüglich Strecken- als auch Fahrzeugeigenschaften stark von den in der EU-Verordnung definierten Bedingungen unterscheiden, ist es wichtig, diese Verordnung auf die realen Vorkommnisse des täglichen Verkehrs anzupassen. Daher werden die Messungen im Zuge dieser Arbeit auf reale Bedingungen adaptiert, um den tatsächlich vorherrschenden Verkehrslärm möglichst unverfälscht zu ermitteln. Dadurch sollen mittels statistischer Analysen und Vergleiche der einzelnen Fahrzeugtypen aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden.

## **1.3 Zielsetzung und Abgrenzung dieser Arbeit**

In dieser Arbeit sollen neben dem üblicherweise betrachteten A-bewerteten Schalldruckpegel auch der C-bewertete Schalldruckpegel sowie psychoakustische Kenngrößen wie Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke erfasst und bewertet werden. Unter Anlehnung an die Grundlagen der EU-Verordnung Nr. 97/24/EG (Richtlinie über bestimmte Bauteile und Merkmale von zweirädrigen oder dreirädrigen Kraftfahrzeugen) wird ein Messkonzept für Messungen im Freien, an der Südsteirischen Grenzstraße B69 im Gebiet der Ortschaft Soboth, unter realen Bedingungen erstellt. Dieses Messkonzept beinhaltet unter anderem die Auswahl der Messgeräte, welche zwei Kunstkopfmikrofone des Typs HSU III.2, sowie ein Seitenradarmesssystem (Verkehrstatistikgerät SR4 der Firma Sierzega), darstellen. Mit der Erstellung des Messkonzeptes erfolgt die Wahl der Messorte,

sowie die Anordnung der bereits erwähnten Messgeräte. Die Durchführung der Messungen wird in zwei unterschiedliche Arten unterteilt. Hier wird zwischen der Ermittlung des gesamten Verkehrslärms über mehrere Stunden, sowie der Ermittlung der Geräusche von einzelnen Fahrzeugen unterschieden. Diese beiden Messarten werden als Gesamt- und Einzellärmmessung deklariert. Neben den akustischen und psychoakustischen Aufnahmen durch Kunstkopfmikrofone sowie der Geschwindigkeitsmessung durch den Seitenradar, werden die gemessenen Fahrzeuge in unterschiedliche Fahrzeugarten unterteilt (PKW, Chopper, Enduro, Supersport, Naked Bike und Tourenmotorrad), durch optische Erfassung zugeordnet und schriftlich dokumentiert. Dabei werden auch die zugehörigen Geschwindigkeiten notiert. Um die Erfassung der Daten zu vervollständigen, erfolgt im Anschluss eine Befragung der Anrainer zu dem Thema Verkehrs- bzw. Motorradlärm, mit dem Hauptaugenmerk des Belästigungspotentials des vorherrschenden Verkehrslärms. Nach der Erhebung der Daten wird die Auswertung der Rohdaten mit Hilfe der Schallanalyse-Software ArtemiS SUITE sowie statistische Analysen mit dem Statistikpaket „R-project“ durchgeführt. Die daraus gewonnenen Interpretationen sowie eine Schlussfolgerung werden im Anschluss der Analysen erörtert.

## 1.4 Gliederung der Kapitel

Um einen Einblick in die Gliederung dieser Arbeit zu bekommen, werden hier die einzelnen Kapitel inklusive einer Beschreibung, welche Themen in den Kapiteln behandelt werden, aufgelistet.

- Kapitel 2 – Stand des Wissens

Im Kapitel 2 wird der aktuelle Stand des Wissens bezüglich der für diese Arbeit relevanten Themen, im Zuge einer Literaturrecherche, verzeichnet. Dabei werden die Themengebiete Grundlagen der Akustik, Beschreibung von Lärm, Psychoakustik sowie Statistik behandelt.

- Kapitel 3 – Methodik

Im Kapitel 3 wird die Vorgehensweise, durch welche die Daten zur akustischen und psychoakustischen Analyse des Verkehrslärms ermittelt werden, beschrieben. Dabei wird mit Hilfe der EU-Verordnung Nr. 97/24/EG ein Messkonzept erstellt, in welchem die zu verwendenden Messgeräte sowie deren Anordnung, die Wahl der Messorte, die Ausführungsmethoden und die Dokumentation der Messungen beschrieben werden. Weiters wird die tatsächliche Ausführung der Messungen in Bild und Text beschrieben sowie die Ermittlung des Belästigungspotentials auf Basis von Befragungen.

- Kapitel 4 – Statistische Analyse der Messdaten

In diesem Kapitel werden statistische Analysen der zuvor erfassten Messdaten mittels dem Statistikprogramm R-Project durchgeführt. Dabei sollen unter anderem die Unterschiede der einzelnen Fahrzeugtypen und Messorte ermittelt werden.

Bei der ersten Analyse werden die akustischen und psychoakustischen Messwerte sowie die aufgezeichneten Fahrzeuggeschwindigkeiten der Gesamtmessungen betrachtet. Dabei werden vorab Geschwindigkeitsvergleiche aller Messorte durchgeführt, in welchem die ermittelten Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugtypen, an den unterschiedlichen Messorten, analysiert werden. Im Anschluss werden mit Hilfe einer Varianzanalyse die Umgebungs- und Fahrzeugbedingungen der Einzelmessungen an allen Messorten auf den Zusammenhang der ermittelten akustischen und psychoakustischen Messwerte getestet. Um allfällige Unterschiede der einzelnen Fahrzeugtypen zu überprüfen, werden, mittels Kruskal-Wallis Analyse, die akustischen und

psychoakustischen Messwerte aller Einzelmessungen an den unterschiedlichen Messorten untersucht. Als letzter Schritt der Einzelfahrzeuganalysen werden je ein Motorrad mit einem PKW, welche eine ähnliche Geschwindigkeit aufweisen, grafisch miteinander verglichen und allfällige Unterschiede dokumentiert. Um das Verhalten von Motorrädern welche im Pulk, also in einer Gruppe von mehreren Motorrädern, fahren zu analysieren, wurden Pulkfahrten an allen Messorten mit jeweils einem einzelnen Motorrad grafisch sowie tabellarisch verglichen.

- Kapitel 5 – Ergebnis der Befragung

Im Zuge einer persönlichen sowie einer Online Befragung werden die Anrainer der Südsteirischen Grenzstraße zum vorherrschenden Verkehrslärm an der B69 befragt. Dadurch soll vorrangig das Belästigungspotential durch den Verkehrslärm ermittelt werden. Um einen Überblick über die durchgeführten Befragungen zu erlangen, werden in diesem Kapitel die relevantesten Ergebnisse dessen tabellarisch sowie grafisch dargestellt.

- Kapitel 6 – Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerung

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse, welche in den Kapiteln 4 und 5 durch die Analysen und Vergleiche erlangt werden konnten, interpretiert und eine Schlussfolgerung daraus gezogen.

- Kapitel 7 – Zusammenfassung und Ausblick

Um einen Überblick über die durchgeführte Arbeit zu bekommen, werden alle Kapitel zusammengefasst. Darauf folgen Lösungsansätze für allfällige Probleme und die damit einhergehenden Schwierigkeiten sowie ein abschließendes Resümee.

- Kapitel 8 – Literaturverzeichnis

Im letzten Kapitel wird die verwendete Literatur, im Rahmen eines Literaturverzeichnisses, aufgelistet.

## 2 Stand des Wissens

In den folgenden Unterpunkten wird der Stand des derzeitigen Wissens übermittelt, um einen ersten Einblick in die Thematik zu bekommen. Dabei werden die Grundlagen der Akustik, des Lärms, der Psychoakustik, sowie der Statistik, welche für diese Arbeit relevant sind, in den Kapiteln 2.1 bis 2.4 zusammengefasst.

### 2.1 Grundlagen der Akustik

Als Akustik wird die Lehre des Schalls bezeichnet, welche sich mit der Entstehung, Erzeugung, Ausbreitung, Beeinflussung sowie der Analyse dessen auseinandersetzt [Leitner und Finckh, 2019]. Um ein Grundverständnis für dieses Thema zu schaffen, werden in den folgenden Kapiteln 2.1.1 bis 2.1.17 einige Grundbegriffe aufgelistet sowie beschrieben.

#### 2.1.1 Definition Schall

Schall stellt Schwankungen von Druck und Dichte dar, welche sich durch mechanische Schwingungen in einem elastischen Medium ausbreiten. Bei diesen Druckschwankungen wird der atmosphärische Ruhedruck ( $p_0$ ) durch einen Wechseldruck (Schalldruck  $p$ ) überlagert. [Willems et al., 2017]

Beim Luftschall werden, von der Schallquelle ausgehend, kleinste Luftteilchen in Bewegung versetzt, welche wiederum weitere Luftteilchen anstoßen und sich somit der Schall in Longitudinalwellen ausbreitet. Dadurch entsteht die sogenannte Schallwelle. Als Longitudinalwellen werden jene Wellen bezeichnet, bei denen die Teilchen in die Ausbreitungsrichtung der Welle schwingen. Diese Art von Schwingungen tritt in den Medien Luft und Flüssigkeit auf. Da es festen Medien möglich ist, Schubkräfte aufzunehmen, sind in festen Medien auch sogenannte Transversalwellen möglich, welche senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Welle schwingen. Schall ist zeit- und ortsabhängig und besitzt in der Luft eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von ca. 340 m/s. [Zeller, 2018]

#### 2.1.2 Arten von Schall

Wie im Absatz 2.1.1 bereits kurz erwähnt wurde, wird Schall in drei verschiedene Arten unterteilt, je nachdem in welchem Medium die Schwingungen auftreten. Dabei wird zwischen den folgenden drei Arten unterschieden:

- Körperschall

In festen Medien auftretende Schwingungen und Wellen werden als Körperschall bezeichnet. Er hängt sehr oft mit dem Luftschall (oder Flüssigkeitsschall) zusammen, da die Luftschallabstrahlung von der Oberfläche eines festen Mediums ausgeht. Es treten sowohl Transversal-, als auch Longitudinalwellen in festen Medien auf.

- Luftschall

Als Luftschall werden Schwingungen in gasförmigen Medien, wie z.B. Luft, bezeichnet. Er wird, wie zuvor schon erwähnt wurde, meist vom Körperschall ausgelöst. Luftschall breitet sich ausschließlich in Form von Longitudinalwellen aus.

- Flüssigkeitsschall

Genauso wie der Luftschall, wird der Flüssigkeitsschall vom Körperschall ausgelöst. Auch er breitet sich in Form von Longitudinalwellen aus und tritt in flüssigen Medien auf.

[Möser, 2015]

### 2.1.3 Frequenz

Durch die Frequenz wird die mit der Einheit Hertz (Hz) beschriebene Tonhöhe ausgedrückt. Der für den Menschen wahrnehmbare Schall wird als Hörschall bezeichnet und liegt im Frequenzbereich von ca. 16 - 20.000 Hz. Frequenzen, die unter diesem wahrnehmbaren Bereich liegen, werden als Erschütterungen wahrgenommen und als sogenannter Infraschall bezeichnet. Jene Frequenzen, welche über dem menschlichen Hörbereich liegen, werden mit dem Begriff Ultraschall deklariert. [Kalivoda und Steiner, 1998]

### 2.1.4 Schalldruck $p$

Der Schalldruck  $p$  ist jener orts- und zeitabhängige Wechseldruck, welcher den Ruhedruck der Atmosphäre  $p_0$  überlagert. Durch ihn kann die Stärke des Schalls gemessen werden. Die hörbaren Schalldruckschwankungen reichen von ca.  $2 \times 10^{-5}$  Pa (Pascal) bis zur Schmerzschwelle von ca. 200 Pa. Auf Grund dieses großen Hörbereichs und den damit einhergehenden sehr unhandlichen Zahlen, wurde zur Vereinfachung von Schalldruckberechnungen der Schalldruckpegel  $L$ , auch SPL genannt, eingeführt (vgl. Kapitel 2.1.5). [Möser, 2015]

### 2.1.5 Schalldruckpegel $L$

Der Schalldruckpegel  $L$ , oder auch SPL (Sound Pressure Level), wird durch die Einheit Dezibel (dB) ausgedrückt und mittels einer logarithmischen Skala dargestellt. Die Berechnung des SPL erfolgt laut Formel (1), wozu die Höhe des benötigten Schalldrucks, sowie der atmosphärische Ruhedruck herangezogen werden.

$$L = 20 \lg\left(\frac{p}{p_0}\right) = 10 \lg\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 \quad (1)$$

Die zuvor erwähnte logarithmische Skala besitzt ihren Nullpunkt an der menschlichen Hörschwelle, bei einem Wert von  $2 \times 10^{-5}$  Pa. Die Schmerzschwelle wird bei ungefähr 130-140 dB, sprich bei 63,25-200 Pa, erreicht. Somit wird über den Schalldruckpegel die vom Menschen empfundene Lautstärke beschrieben. Dieser ist allerdings frequenzabhängig und bei der erwähnten Hörschwelle auf eine Frequenz von 1.000 Hz bezogen. Der wahrnehmbare Schalldruckpegel liegt bei ungefähr 0-130 dB und wird in der Abbildung 1, mittels für den Menschen aussagekräftigen Beispielen von Schalldruckquellen, veranschaulicht. [Möser, 2015]

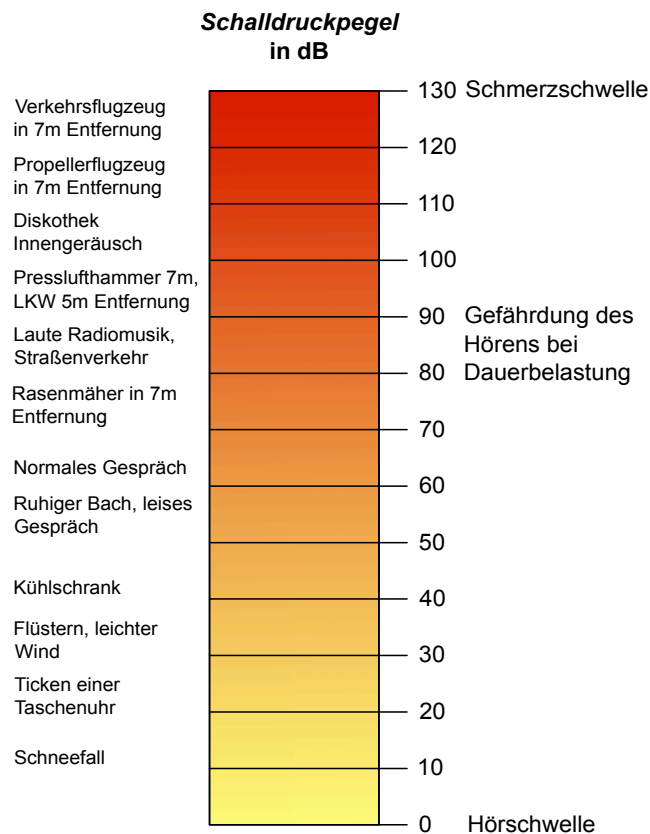


Abbildung 1: Pegelskala [Quelle: Umweltbundesamt, 2018]

## 2.1.6 Ton, Klang und Geräusch

Wenn Schalldruckwellen auf das menschliche Ohr auftreffen, wird dieses zur Schwingung angeregt, wodurch ein Ton, ein Klang oder ein Geräusch wahrgenommen wird. Bei einem Ton verhält sich die Schwingung sinusförmig und besitzt immer dieselbe Frequenz, ein Klang setzt sich aus mehreren harmonischen Tönen zusammen und ein Geräusch besteht wiederum aus sehr vielen unterschiedlichen Tönen mit verschiedenen Frequenzen, welche nicht miteinander harmonisieren. [Kalivoda und Steiner, 1998]

## 2.1.7 Addition von Schalldruckpegeln

In der Umwelt kommt es oft vor, dass zwei oder mehr Schalldruckpegel aufeinandertreffen. Dabei handelt es sich in der Regel um die Erzeugung von „inkohärenten“ Signalen. Diese können sich unter anderem als Signale ausdrücken, welche unterschiedliche Frequenzen enthalten. Bei Fahrzeugen wäre das etwa die unterschiedliche Motordrehzahl von zwei oder mehr Fahrzeugen, da in den seltensten Fällen die exakt gleiche Drehzahl herrschen wird, somit sind sie zueinander inkohärent. Wenn demnach zwei Schalldruckpegel ( $L_1$  und  $L_2$ ) auf den Empfänger einwirken, wäre eine einfache Addition von eben diesen nicht korrekt, da die Schalldruckpegel auf einer logarithmischen Skala basieren. Die Addition von Schalldruckpegeln erfolgt laut Formel (2). [Möser, 2015]

$$L_{\text{ges}} = L_1 + 10 \lg(1 + 10^{0,1(L_2 - L_1)}) \quad (2)$$

### 2.1.8 Energieäquivalenter Dauerschallpegel $L_{eq}$

Um zeitlich veränderliche Geräusche, wie beispielsweise Verkehrslärm oder Sprache, möglichst einfach zu berechnen, damit sie auch miteinander verglichen werden können, wird der energieäquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq}$  herangezogen. Die Zeitspanne über die der  $L_{eq}$  betrachtet wird, kann von einigen Sekunden bis mehrere Stunden reichen. Mittels den gemessenen Schalldruckpegeln, über den jeweiligen Zeitraum und der nachstehenden Formel (3), wird quasi ein Mittelwert bestimmt, welcher einen repräsentativen Vergleichswert darstellen soll. Wenn das Schalldrucksignal nach A- oder C-bewerteter Methode erfolgt, so wie es unter anderem auch in dieser Arbeit der Fall ist, wird dies als A- bzw. C-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel  $L_{A,eq}$  bzw.  $L_{C,eq}$  bezeichnet, welcher mit derselben Formel (3) wie der  $L_{eq}$  berechnet wird. [Möser, 2015]

$$L_{eq} = 10 \lg \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (3)$$

### 2.1.9 Frequenzbewertung

Die explizite Bewertung bzw. Beurteilung von Lärm ist durch die individuelle Reaktion von Mensch zu Mensch sehr schwierig. Daher ist es notwendig, eine allgemeine Bewertung für einen durchschnittlich empfindlichen Menschen, welcher sich in einem normalen gesundheitlichen Zustand befindet, zu finden. Für diese Beurteilung ist eine Vielzahl an Bewertungsverfahren vorhanden, welche die unterschiedlichen Lästigkeiten von Lärm, in Abhängigkeit der Zeit und Frequenz, beschreiben sollen. Dafür werden beispielsweise die Frequenzbewertungsarten A, B, C und D angewandt, wobei die B- und D-bewerteten Dauerschallpegel heutzutage kaum mehr Anwendung finden. Dargestellt werden diese Bewertungsmethoden durch die sogenannten Frequenzbewertungskurven (vgl. Abbildung 2). Vorrangig wird die A-bewertete Methode angewandt und vor allem bei der Bewertung von Verkehrslärm wird auch auf die C-Bewertung zurückgegriffen. [Möser, 2015]

*Abbildung 2: Frequenzbewertungskurven [Quelle: Hauswirth, 2017]*

### 2.1.10 A-bewerteter Schalldruckpegel $L_A$

Die Frequenzbewertung A, mit welcher der A-bewertete Schalldruckpegel  $L_A$  gemessen wird, ist die heute am häufigsten angewandte Methode zur Bewertung von Schallimmissionen, da sie dem menschlichen Empfinden am nächsten kommt. Dabei werden sehr hohe und tiefe Frequenzen mit einem geringeren Anteil als diejenigen Frequenzen, welche im mittleren Bereich liegen, berücksichtigt, da mittlere Frequenzen am deutlichsten für das menschliche Ohr wahrnehmbar sind. [Möser, 2015]

### 2.1.11 C-bewerteter Schalldruckpegel $L_C$

Neben dem A-bewerteten Schalldruckpegel zählt vor allem im Bereich des Verkehrslärms der C-bewertete Schalldruckpegel  $L_C$  zu den wichtigsten bewerteten Schalldruckpegeln. Bei der C-Bewertung werden Geräusche, welche tiefe Frequenzen aufweisen, stärker berücksichtigt. Auch bei Geräuschen mit einem hohen SPL wird die C-Bewertung herangezogen. [Hauswirth, 2017]



### 2.1.12 Minimalpegel $L_{\min}$

Der Minimalpegel  $L_{\min}$  ist während der gesamten Messzeit der niedrigste gemessene Schalldruckpegel.

### 2.1.13 Basispegel $L_{95}$

Der  $L_{95}$  ist jener Schalldruckpegel, welcher in 95% der Messzeit, bei der Messung eines beliebigen Geräusches, überschritten wird. Der Basispegel kann auch als 5% Perzentil oder 5. Perzentil des SPLA beschrieben werden. [Umweltservice Graz, 2018]

### 2.1.14 Grundgeräuschpegel $L_{Gg}$

Während einer Messung wird der niedrigste ermittelte Schalldruckpegel als sogenannter Grundgeräuschpegel bezeichnet. Wenn über die gesamte Messdauer keine langandauernden Störgeräusche auftreten, kann der  $L_{95}$  als Grundgeräuschpegel angenommen werden. [Umweltservice Graz, 2018]

Da beim  $L_{95}$  nicht der minimalste gemessene SPL, sondern das 5% Perzentil angenommen wird, bietet er den Vorteil, allfällige Ausreißer oder Fehler weitgehend auszuschließen.

### 2.1.15 Maximalpegel $L_{\max}$

Der Maximalpegel  $L_{\max}$  ist während der gesamten Messzeit der höchste gemessene Schalldruckpegel [Umweltservice Graz, 2018]. Auch hier ist es möglich, das 95% Perzentil als Maximalpegel heranzuziehen, um mögliche Ausreißer und Messungenauigkeiten möglichst auszuschließen.

### 2.1.16 Schallausbreitung

Schall breitet sich, sofern er nicht durch Reflexion oder Absorption beeinflusst wird, strahlenförmig aus und nimmt, mit zunehmendem Abstand zur Schallquelle, ab [Möser, 2015].

Je nachdem um welche Art von Schallquelle es sich handelt, gibt es unterschiedliche Varianten der Ausbreitung von Schall, welche nachstehend erläutert werden.

- Die Punktschallquelle

Als Punktschallquelle wird ein einzelnes Objekt, wie beispielsweise ein Lautsprecher, ein einzelnes Fahrzeug, oder sogar, je nach Entfernung, ein ganzes Industriegebiet, betrachtet. Der Schall würde sich theoretisch kugelförmig von diesem Objekt ausbreiten, wird aber vom Untergrund begrenzt, wenn es sich um eine am Boden befindende Punktschallquelle handelt. Dadurch breitet sich der Schall in Form einer Halbkugel aus. Der Abstand zum Immissionsort beträgt dabei mindestens 70% der Schallquellengröße. Es ist eine Pegelabnahme von 6 dB pro Abstandsverdoppelung zur Schallquelle anzunehmen. [TAS-SV GmbH, 2018]

- Die Linienschallquelle

Unter einer Linienschallquelle wird eine, sich über gewisse Distanzen linienförmig ausdehnende, Schallquelle verstanden, welche zum Beispiel durch eine stark befahrene Straße dargestellt werden kann. Die Ausbreitung des Schalls erfolgt, wenn er nur durch den Untergrund begrenzt wird, halbzyylinderförmig. Es ist eine Pegelabnahme von 3 dB pro Abstandsverdoppelung zur Schallquelle anzunehmen. [TAS-SV GmbH, 2018]

- Flächenschallquelle

Bei einem Abstand zur Flächenschallquelle welcher bis maximal  $0,4 \times \sqrt{\text{Abstrahlfläche}}$  beträgt, liegt die Pegelabnahme bei 0 dB. Wenn die Entfernung zur Flächenschallquelle relativ groß ist, kann die Schallquelle als Punktschallquelle betrachtet werden. [TAS-SV GmbH, 2018]

- Die Punktschallquelle

Als Punktschallquelle wird ein einzelnes Objekt, wie beispielsweise ein Lautsprecher, ein einzelnes Fahrzeug, oder sogar, je nach Entfernung, ein ganzes Industriegebiet, betrachtet. Der Schall würde sich theoretisch kugelförmig von diesem Objekt ausbreiten, wird aber vom Untergrund begrenzt, wenn es sich um eine am Boden befindende Punktschallquelle handelt. Dadurch breitet sich der Schall in Form Die Arten der Schallausbreitung werden aber auch noch durch Faktoren wie

- Meteorologische Einflüsse (z.B. Wind, Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit)
- Reflektierende Flächen (z.B. Hauswände, großflächige Werbetafeln)
- Schallabsorption (z.B. durch Vegetation)

beeinflusst und können dadurch abgeschwächt, richtungsgeändert oder auch verstärkt werden. [Kalivoda und Steiner, 1998]

### 2.1.17 Schallpegelmessgeräte

Um Schallpegel aufzunehmen kommen, je nach geforderten Qualifikationen, unterschiedliche Messgeräte zum Einsatz. Dabei wird grundlegend zwischen dem integrierenden Schallpegelmessgerät und binauralen Messsystemen unterschieden.

- Integrierender Schallpegelmessgerät

Bei dem sogenannten integrierenden Schallpegelmessgerät handelt es sich, vereinfacht zusammengefasst, um eine Kombination aus einem Mikrofon, einem Signalprozessor und einer Anzeigevorrichtung. Der Schallpegelmessgerät besteht meist aus den folgenden typischen Komponenten:

- Mikrofon
- Vorverstärker
- Frequenzbewertungsfilter
- Effektivwertbildner
- Zeitbewertungsglied
- Logarithmierer
- Anzeige

Die Hauptaufgabe des Schallpegelmessgeräts besteht darin, den Schall zu erfassen, welcher im menschlichen Hörbereich liegt. Dabei wird zwischen Messgeräten der Klassen 1 und 2 unterschieden, deren Unterschied hauptsächlich in den Grenzabweichungen und im Bereich der Betriebstemperaturen liegt. Bei Messungen von Lärm mit hohen Frequenzen oder schmalbandigem Lärm sowie bei Messungen welche unter einer Temperatur von 0°C stattfinden, ist die Klasse 1 zu verwenden, ansonsten die Klasse 2. [Schmidt, 2011]

- Binaurales Messsystem

Da die bloße Aufnahme durch Mikrofone oft unzureichend für die korrekte Beurteilung eines Geräusches ist, wird zur Analyse des menschlichen Gehörs eine sogenannte binaurale Aufnahme angewandt. Mit solchen binauralen Messsystemen ist es, im Gegensatz zu herkömmlichen Schallpegelmessgeräten, möglich, Schall so aufzuzeichnen und wiederzugeben, wie ein Mensch ihn vor Ort wahrnehmen würde. Dabei werden, wie beim menschlichen Gehör, die unterschiedlichen

Schalleinfallrichtungen beider Ohrsignale erkannt und die verschiedenen Schallquellen selektiert. Durch die Aufzeichnung der Geräusche können die Daten zusätzlich messtechnisch analysiert werden, wodurch die Geräuschdiagnose durch eine bildliche Darstellung optimiert wird. [Hauswirth, 2016] Eine vereinfachte Methode der binauralen Messungen wird durch die Aufnahme mittels zweier Mikrophone dargestellt, welche voneinander wegzeigend, mit einem Abstand von 20 cm, aufgestellt werden. Um exaktere Messergebnisse zu erzielen, werden so genannte Kunstkopfmikrofone verwendet. Diese sind mit zwei Kondensator-Studiomikrofonen im Gehörgang versehen. Die Form des Kunstkopfes ist der Form des menschlichen Kopfes sowie dem oberen Teil des Oberkörpers nachempfunden. [Zeller, 2018]

Die Kunstköpfe werden, ausgehend von der Art der vorgenommenen Messungen, in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe wird bei Fernfeld- und die andere bei Nahfeldmessungen angewandt. [Hauswirth, 2016]

Soll eine psychoakustische Analyse von Geräuschen durchgeführt werden, ist eine Aufnahme durch Kunstkopfmikrofone von Vorteil, beziehungsweise sogar notwendig [Zeller, 2018].

## **2.2 Beschreibung Lärm**

Als Lärm werden Schallereignisse deklariert, welche vom Menschen als unangenehm und störend empfunden werden und ihn auch psychisch, physisch sowie gesundheitlich beeinträchtigen können.

Lärm ist also abhängig davon, wie der Mensch ihn wahrnimmt. Die Weltgesundheitsorganisation WHO definiert, dass Lärm jede Art von Schall ist, welcher einen Menschen stört, seine Gesundheit beeinträchtigen kann oder ihn belästigt. Die Hauptcharakteristik von Lärm ist, dass er negativ bewerteter Schall ist, bei welchem demzufolge auch das wahrnehmende Subjekt, also der Mensch, betrachtet werden muss. Ob Schall für den Menschen als Lärm empfunden wird, ist durch ein Zusammenspiel von vielen verschiedenen Komponenten abhängig. Einerseits vom Schalldruckpegel und der Frequenz, andererseits aber auch von Aspekten wie Rauigkeit, Lautheit, Schärfe, Zeitpunkt und Ort des Schallereignisses, persönliches Lautstärkeempfinden und subjektive Wahrnehmung, topographische Eigenschaften sowie die Art der Schallquelle. Durch diese individuelle Bewertung von Lärm kann dieser nicht nach einer genauen Mess- oder Berechnungsmethode bestimmt werden. [Genuit und Fiebig, 2014]

### **2.2.1 Verkehrslärm**

Diese Art von Lärm ist meist besonders problematisch, da er sich auf einen großflächigen Raum verteilt und somit eine hohe Anzahl von Menschen betrifft. In einer Stadt, wie beispielsweise Graz, trägt der Verkehrslärm zwischen 70 und 80% zur vorherrschenden Lärmbelastung bei. [Stadt Graz, 2018]

Beim Fahrzeug selbst ist die Lärmentwicklung der Geräusche, welche durch Motor, Reifen, das Bremsen und Beschleunigen verursacht werden, am stärksten. Daher ist auch das Verhalten des Fahrzeugführers, sprich sein Fahrstil, von großer Bedeutung. Beim Verkehrslärm spielen neben der verursachenden Schallquelle auch noch Aspekte wie die Art des Straßenbelages, die Topographie, reflektierende Oberflächen (z.B. Hauswände) und Umweltbedingungen wie Temperatur, Windgeschwindigkeiten, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit eine signifikante Rolle. In den folgenden Tabellen werden die wichtigsten Einflüsse der Fahrzeuge selbst (Tabelle 1) und der Umwelt (Tabelle 2) in Bezug auf den Verkehrslärm aufgelistet.

#### **Tabelle 1: Fahrzeugbezogene Einflüsse auf den Verkehrslärm [Quelle: Niedermeier, 2006]**

Motor und Antrieb	Reifen	Aerodynamisches Geräusch	Sonstiges
Drehzahl	Material	Karosserieform	Ladung
Motor-Typ (Diesel, Erdgas, Elektro)	Reifendruck	Gestaltung Unterboden und Radkasten	Fahrweise
Drehmoment	Reifenbreite	Geschwindigkeit	
Ansaugluft- und Abgasführung	Laufflächenprofil		
Leistung	Radlast		
	Durchmesser		

**Tabelle 2: Umweltbezogene Einflüsse auf den Verkehrslärm [Quelle: Niedermeier, 2006]**

Fahrbahn	Meteorologie	Umgebung
Hohlraumgehalt	Temperatur	Bebauung
Rauigkeit	Windgeschwindigkeit	Topografie
Textur	Windrichtung	Bewuchs
Korngrößenverteilung	Niederschlag	Reflektierende Flächen
Längsneigung	Luftfeuchtigkeit	

## 2.2.2 Motorradlärm

Beim Auftreten von Motorradlärm besitzt das Verhalten des Lenkers einen gravierenden Einfluss auf das daraus resultierende Fahrgeräusch. Motorräder können mit sehr unterschiedlichen Motordrehzahlen gefahren werden, wodurch große Schallemissionsdifferenzen möglich sind. Zwischen dem Leerlauf und der Fahrt mit Höchstdrehzahl können 30 dB(A) (Dezibel nach A-Bewertung) liegen, was in etwa bedeutet, dass ein Motorrad mit höchster Drehzahl circa als so laut empfunden werden kann, wie 1.000 Motorräder im Leerlauf. Die auftretenden Schalldruckpegel variieren außerdem zwischen den einzelnen Modellen der Motorräder. Ein weiteres Wesensmerkmal ist, im Gegensatz zum herkömmlichen KFZ-Verkehr, dass Motorradfahrer meist nicht alleine, sondern in Gruppen konzipiert auf den Straßen unterwegs sind. Dadurch unterscheiden sich die erzeugten Verkehrsgeräusche der so genannten Pulkbildung enorm von jenen, welche durch einzeln auftretende Fahrzeuge entstehen. [Lercher, 2009]

## 2.2.3 Geschwindigkeitsmessung

Im Zuge von Lärmmessungen ist es sinnvoll, möglichst viele Randbedingungen, welche schon in Kapitel 2.2.1 beschrieben wurden, zu dokumentieren. Darunter fallen auch die gefahrenen Geschwindigkeiten der Fahrzeuge. Um diese zu dokumentieren, ist eine Geschwindigkeitsmessung notwendig. Geschwindigkeitsmessungen des Straßenverkehrs erfolgen üblicherweise mit den folgenden Messgeräten:

- Radargeschwindigkeitsmessgeräte nach Dopplerprinzip
- Lasermessgeräte
- Weg-Zeit Messgeräte
- Videosysteme
- Scanner

[BEV, 2014]

In dieser Arbeit wird zur Messung der Geschwindigkeiten ein sogenanntes Seitenradarmesssystem (Verkehrsstatistikgerät SR4 der Firma Sierzega) verwendet. Dieses gehört zur Gruppe der Radargeschwindigkeitsmessgeräte nach Dopplerprinzip und wird seitlich der Fahrbahn, laut Herstelleranweisung, aufgestellt. Mittels des Radarsystems können Geschwindigkeit, Fahrtrichtung, Fahrzeuglänge, Abstand zum nächsten Fahrzeug sowie Uhrzeit und Datum des passierenden Fahrzeuges dokumentiert werden. [Sierzega, 2016]

## 2.2.4 Lärmschutz laut RVS

Laut RVS 04.02.11 werden zur Berechnung der Schallemissionen (vgl. Formel (4)) die verkehrsbezogenen Parameter von PKW und LKW berechnet. Dabei fließen die Anzahl der PKW und LKW pro Stunde sowie deren Geschwindigkeiten ein und um welche Art von LKW (leicht, schwer, lärmarm) es sich handelt.

$$L_{A,eq}^1 = 10 \lg (10^{L_{eq,PKW}/10} + 10^{L_{eq,LKWI}/10} + 10^{L_{eq,LKWI,lärmarm}/10} + 10^{L_{eq,LKWs}/10} + 10^{L_{eq,LKWs,lärmarm}/10}) \quad (4)$$

Da in dieser Arbeit keine bzw. nur sehr wenige LKWs dokumentiert wurden (die Messungen erfolgten am Wochenende, hier herrscht Fahrverbot für LKWs), wird auf die genaue Berechnung ihres Einflusses auf die Schallemissionen nicht weiter eingegangen.

$$L_{eq,PKW} = L_{PKW,F} + K_{V,PKW,F} + K_{L,PKW} + 10 \lg M_{PKW} [dB] \quad (5)$$

$L_{PKW,F}$	Basiswert für Fahrzeugemission bzgl. Fahrbahndecke
$K_{V,PKW,F}$	Kennwert für Einfluss der Geschwindigkeit bzgl. Fahrbahndecke
$K_{L,PKW}$	Kennwert für Einfluss der Längsneigung
$M_{PKW}$	Anzahl der PKW pro Stunde

In der RVS 04.02.11 wird die Schallemission durch den A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel, welcher an einer langen, geraden Straße (siehe Abbildung 3), in 1 m Abstand gemessen wird, beschrieben.

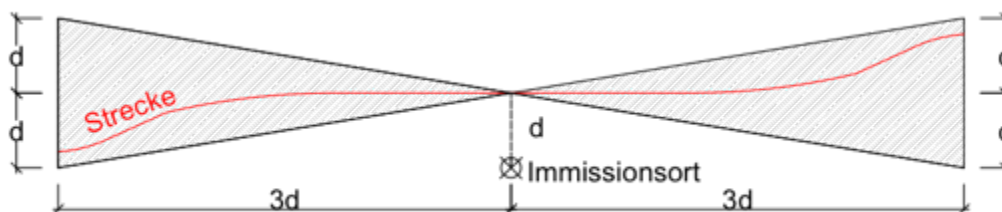


Abbildung 3: Bestimmung einer langen, geraden Straße (Quelle: RVS, 2008)

Zur Berechnung der Schallimmission wird der Immissionsort, laut RVS, bei Freiflächen in einem Abstand von 1,5 m über dem Boden angenommen und auf Grundlage der Schallemission berechnet. Dabei wird keine Rücksicht auf subjektives Lärmempfinden genommen. Bei der Immissionsberechnung sind etwaige Einflussparameter wie Vegetation, Abschirmung, Reflexion, Abstand und Absorption zu berücksichtigen.

Wird das vereinfachte Verfahren angewandt, welches laut Formel (6) berechnet wird, hat es sich um eine lange gerade Strecke zu handeln, welche ein homogenes Verhalten aufweist. Bei der Messung der Schallimmission müssen meteorologische Einflüsse wie Temperatur, Windstärke, Windrichtung, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Inversion aufgezeichnet werden und einen Beurteilungszeitraum, in welchem mindestens 200 Fahrzeugen pro Messort aufgenommen werden, umfassen.

$$L_{A,eq} = L_{A,eq1} + \Delta L_{\Phi} + \Delta L_d + \Delta L_{a,Profil} + \Delta L_{v,Profil} + \Delta L_{b,Profil} + \Delta L_{S,Profil} + \Delta L_{r,x} + \Delta L_{St} \text{ [dB]} \quad (6)$$

$L_{A,eq1}$  Emissionsschallpegel [dB]

$$\Delta L_{\Phi} = 10 \lg(\Phi/180) \text{ mit } \Phi \text{ wirksamer Winkelsektor der langen, geraden Straße } [^{\circ}] \quad (7)$$

$$\Delta L_d = -10 \lg r_{\perp} \text{ Abstandsmaß [dB]} \quad (8)$$

$$\Delta L_{a,Profil} = -0,023 r_{\perp}^{0,83} \text{ Luftabsorptionsmaß für die lange gerade Straße [dB]} \quad (9)$$

$$\Delta L_{v,Profil} = -1,8 - 0,95 (n_v - 1) \text{ Vegetationsdämpfungsmaß für die lange, gerade Straße [dB]} \quad (10)$$

$\Delta L_{b,Profil}$  Bodendämpfungsmaß für die lange, gerade Straße [dB]

$\Delta L_{S,Profil}$  Schirmmaß [dB]

$\Delta L_{r,x}$  Flächenreflexionsmaß [dB]

$\Delta L_{St}$  Streuungsmaß [dB]

Die Dokumentation der Verkehrsstärke ist in einzelne Fahrzeugarten zu unterteilen und muss in einem maximal halbstündigen Intervall erfasst werden. Um Beeinträchtigungen der Bevölkerung durch Verkehrslärm zu begrenzen, hat vorbeugend eine entsprechende Raum-, Verkehrs- und Straßenplanung zu erfolgen. Bei bereits bestehenden Straßen gibt es, laut RVS, die Möglichkeiten der verkehrsorganisatorischen, straßenseitig bautechnischen sowie gebäudebezogenen Maßnahmen. [FSV, 2008]

### 2.2.5 Planungsrichtwerte laut ÖNORM S 5021

Die ÖNORM S 5021 befasst sich mit den schalltechnischen Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung und gibt Richtwerte für die Planung, sowie Grenzwerte von Immissionen an. Diese Grenzwerte werden dabei in einzelne Gebietskategorien, sowie Tag- und Nachtzeit unterteilt (Tag: 06:00-19:00 Uhr, Nacht: 22:00-06:00 Uhr). Die Gebiete werden in zwei Überkategorien geordnet, welche Bauland sowie Grünland umfassen. In der nachstehenden Tabelle 3 sind alle Grenzwerte für Bau- und Grünland, unterteilt in unterschiedliche Kategorien, verzeichnet. [ON, 2010]

**Tabelle 3: Richtwerte ÖNORM S 5021, [Quelle: ON, 2010]**

Kat.	Gebiet und Standplatz	Planungsrichtwerte/zul. Immissionsgrenzwerte [dB(A)]			
		$L_{A,Gg,Tag}$	$L_{A,eq,Tag}$	$L_{A,Gg,Nacht}$	$L_{A,eq,Nacht}$
<b>BAULAND</b>					
1	Ruhegebiet, Kurgebiet, Krankenhaus	35	45	25	35
2	Wohngebiete in Vororten, ländliches Wohngebiet, Schulen	40	50	30	40

3	Städtisches Wohngebiet, land- und forstwirtschaftliche Betriebe	45	55	35	45
4	Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel, Wohnungen)	50	60	40	50
5	Gebiet für Betriebe mit geringer Schallemission	55	65	45	55
GRÜNLAND					
1	Erholungsgebiet, Kurort	35	45	35	45
2	Parkanlagen, Friedhöfe	40	50	-	-
3	Sport- und Freizeitanlagen ohne wesentliche Schallemission	45	55	45	55
4	Sport- und Freizeitanlagen mit geringer Schallemission	50	60	50	60
5	Kleinere Sport- und Freizeitanlagen mit Zuschauerplätzen	55	65	55	65
6	Große Sport- und Freizeitanlagen mit Zuschauerplätzen	60	70	60	70

### 2.2.6 EU-Verordnung

Die EU-Verordnung 97/24/EG beschäftigt sich mit bestimmten Bauteilen und Merkmalen von zweirädrigen und dreirädrigen Kraftfahrzeugen. Diese Richtlinie wurde verfasst, um die Bauteile und Merkmale von zwei- oder dreirädrigen Kraftfahrzeugen EU-weit zu vereinheitlichen und wird bei Typisierungen von Motorrädern herangezogen. Dadurch sollen sowohl Umwelt als auch die Sicherheit, Lebensqualität sowie die Gesundheit des Menschen gesichert werden. In der Verordnung wird unter anderem die Ermittlung der Geräuschpegelgrenzwerte von Kraftfahrzeugen beschrieben. [EP, 1997]

Zur Berücksichtigung der Fahrzeuggeräuschwerte von mehrspurigen KFZ liegt die die EU-Verordnung Nr. 540/2014 vor, welche sich mit dem Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen sowie dem von Austauschschalldämpferanlagen beschäftigt. Die EU-Verordnung Nr. 540/2014 sieht ab 1. Juli 2016 neue Grenzwerte für die Fahrzeuggeräusche von mehrspurigen Kraftfahrzeugen, nicht aber für Motorräder vor. Die Verordnung enthält neben den Grenzwerten auch eine Änderung der Methoden zur Lärmmessung der unterschiedlichen Kraftfahrzeuge. In der folgenden Abbildung 4 werden die Veränderungen der Fahrgeräuschgrenzwerte dargestellt. [EP, 2014]



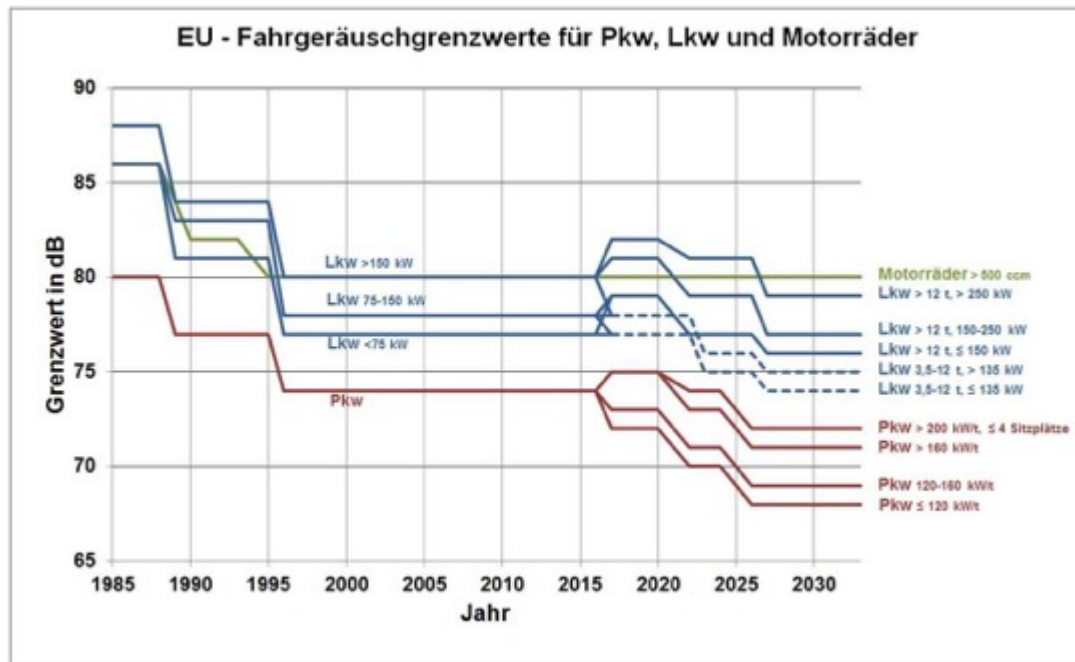


Abbildung 4: EU-Fahrergeräuschgrenzwerte [Quelle: BMNT, 2017]

Die Schalldruckpegelmessungen zur Ermittlung der Fahrzeuggeräusche verhalten sich bei beiden EU-Richtlinien sehr ähnlich. Als Messgerät muss ein Präzisions-Schallpegelmesser oder ein entsprechendes Messsystem verwendet werden, wobei die Frequenzbewertung mit der Bewertungskurve A vorzunehmen ist. Die Messgeräte sind vor und nach einer Messreihe sachgemäß zu kalibrieren. Um die Umweltbedingungen, welche etwaige Einflüsse auf die Messung verüben können (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Niederschlag) aufzuzeichnen, werden meteorologische Messgeräte verwendet. Die Messung sollte nicht unter ungünstigen Wetterbedingungen ausgeübt werden. Die Mikrofone können gegebenenfalls mit einem Windschutz versehen werden, um Störgeräusche durch Wind zu minimieren. Am gewählten Messstandort dürfen keine Hindernisse, hohe Windgeschwindigkeiten oder etwaige Beeinflussungen der Oberflächenbeschaffenheit (Schnee, hohes Gras, etc.), welche die Messergebnisse verändern könnten, vorhanden sein. Die Mikrofone sind parallel zum Boden verlaufend und in einer Achse zum Bezugspunkt, der Schallquelle, aufzustellen. Die Mikrofone sollen bei der Messung des Fahrergeräusches in einer Höhe von  $1,2\text{ m} \pm 0,02\text{ m}$  über dem Boden und mit einem Abstand von  $7,5\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$  von der Bezugslinie CC' (vgl. Abbildung 5) aufgeständert werden. Beim Durchfahren der Strecke AA' – BB' ist der höchste ermittelte A-bewertete Schalldruckpegel festzuhalten. Falls es Ausreißer geben sollte, welche offensichtlich nicht dem Fahrzeuggeräusch zuordenbar sind, ist die jeweilige Messung zu verwerfen. Die gemessenen Geschwindigkeiten müssen an den Punkten AA', BB' und PP' festgehalten und für die Berechnung verwendet werden. Hintergrundgeräusche müssen vor der Prüfung gemessen werden und mindestens 10 dB(A) unter dem Geräuschpegel liegen, welcher an den Fahrzeugen gemessen wird.



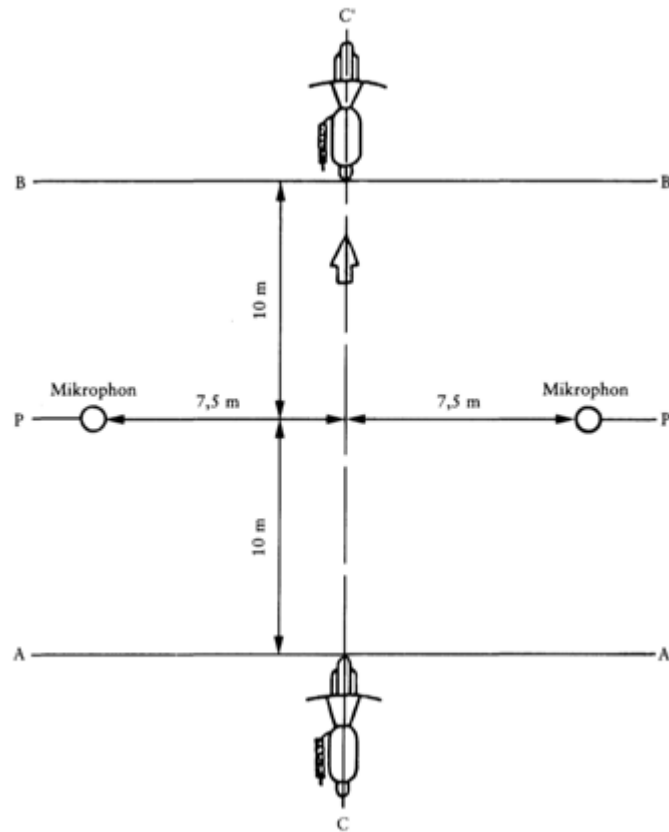


Abbildung 5: Anordnung der Messgeräte laut EU-Verordnung [Quelle: EP, 2014]

Laut EU-Verordnung 97/24/EG sind pro Fahrzeugseite zumindest 2 Messungen durchzuführen. Es sind sowohl Messungen vom Fahr- als auch vom Standgeräusch durchzuführen. Dabei sind genaue Anforderungen an Gewicht, Betriebstemperatur, gefahrene Geschwindigkeiten sowie Gangwahl der Motorräder gestellt. Bei der Fahrgeräuschmessung müssen der Messstandort und seine Umgebung eine ebene und trockene Oberfläche aufweisen. Die Prüfung ist genau zu dokumentieren, inklusive relevanter Umstände und Einflüsse. Die definierten A-bewerteten Schalldruckpegelgrenzwerte der Motorräder hängen dabei vom Volumen des Hubraums ab:

- $\leq 80 \text{ cm}^3$ : 75 dB(A)
- $>80 - 175 \text{ cm}^3$ : 77 dB(A)
- $>175 \text{ cm}^3$ : 80 dB(A)

[EP, 1997]

Gemäß der EU-Verordnung 540/2014 dürfen am gewählten Messstandort keine Hindernisse, hohe Windgeschwindigkeiten oder etwaige Beeinflussungen der Oberflächenbeschaffenheit (Schnee, hohes Gras, etc.), welche die Messergebnisse verändern könnten, vorhanden sein. Bevor die Prüfung beginnt, müssen die vorherrschenden Hintergrundgeräusche mittels der Schallpegelmessgeräte dokumentiert werden. Dabei sind pro Fahrzeugseite und Gangwahl zumindest 4 Messungen durchzuführen. Es sind sowohl Prüfungen bei konstanten Geschwindigkeiten als auch bei Beschleunigung sowie Messungen vom Standgeräusch durchzuführen. Die Messungen werden pro Messpunkt mindestens dreimal wiederholt. Die Grenzwerte der Fahrzeuggeräusche sind dabei von der Fahrzeugklasse sowie dem Leistungs-Masse-Verhältnis abhängig. In der Fahrzeugklasse M1 (Personenkraftwagen) liegen die für das Jahr 2016 definierten Grenzwerte zwischen 72 und 75 dB(A) (vgl. Abbildung 4).

[EP, 2014]

## 2.2.7 Lärmbewertung

Lärm kann, wie in Kapitel 2.2 bereits erwähnt, als bewertender Begriff beschrieben werden, welcher nicht alleine mittels physikalischer Geräte messbar ist. Somit kann ein Schallereignis, welches physikalisch genau beschreibbar ist, unterschiedlich von Mensch zu Mensch bewertet werden. Diese individuelle Lärmbewertung ist von Aspekten wie der Einstellung vom Betroffenen zur Geräuschursache oder zu dessen Verursacher, dem Kontext, den Erfahrungen oder den Erwartungen der Betroffenen zu diesem Geräusch abhängig. [Genuit und Fiebig, 2014]

## 2.2.8 Lästigkeit

Ob ein Geräusch als lästig empfunden wird, kann durch Informationen aus akustischen und psychoakustischen Analysen, sowie durch Reaktionsbeobachtung des Menschen beschrieben werden. Unter diesem Aspekt spielt das subjektive Hörempfinden des Menschen eine große Rolle. [Genuit, 2010]

Die Stärke der empfundenen Belästigung hängt dabei von mehreren Faktoren ab, welche zum Beispiel Folgende sein können:

- Art, Häufigkeit, Vorhersehbarkeit und Kontrollierbarkeit des Geräusches
- Sichtbarkeit der Geräuschquelle
- Einstellung des Menschen zur Geräuschquelle
- Situationsabhängige Faktoren (z.B. Störung während Konzentration, Arbeit, Schlaf, Entspannung, Freizeit, etc.)
- Soziale Gegebenheiten (z.B. Wohndauer, Zufriedenheit mit Wohnumfeld, etc.)
- Gesundheitlicher und psychischer Zustand
- Empfindlichkeit

[LAUG, 2010]

## 2.2.9 Medizinische Auswirkungen

Medizinische Auswirkungen aufgrund eines zu hohen Schalldruckpegels sind beispielsweise Gehörschäden, welche auch als aurale Wirkungen bezeichnet werden. Diese können bereits auftreten, wenn ein Mensch in der täglichen Arbeit ca. 8 Stunden lang einem Mittelungsschallpegel von 85 dB(A) ausgesetzt ist. Die Wahrscheinlichkeit, durch die Einwirkung von Verkehrslärm schwerhörig zu werden, ist jedoch sehr gering. Der kritische Grenzwert, um bleibende Hörschäden zu verursachen, liegt weit über dem vom Verkehr verursachten Lärmpotenzial. [Kloepfer et al., 2006]

Allerdings können durch Verkehrslärm sehr wohl extraaurale Auswirkungen hervorgerufen werden, welche sich unter anderem durch Konzentrationsstörungen, Schlafstörungen und Einfluss auf das allgemeine Wohlbefinden bemerkbar machen. Durch eine immer wiederkehrende Beschallung kann es infolge dessen auch zur Leistungsminderung und sogar zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen kommen. [Kalivoda und Steiner, 1998]

## 2.2.10 Psychische Auswirkungen

Vom psychologischen Aspekt aus betrachtet, kann sich eine dauerhafte und störende Lärmbelästigung beispielsweise durch Reizbarkeit, Gespanntheit, negative Stimmung oder Ähnlichem äußern. Da jeder Mensch durch unterschiedliche Arten von Geräuschen gestört wird, ist eine Klassifizierung sehr schwierig, da es immer Abweichungen geben wird. Unter anderem wird die Lästigkeit von Geräuschen durch die Regelmäßigkeit der Impulse oder wechselnde Frequenzen beeinflusst. Beispielsweise wird ein vorbeifahrender Zug mit einem Schalldruckpegel von 90 dB, der in zeitlich großen Abständen (z.B.

alle zwei Stunden) an einem Haus vorbeifährt, in der Regel als weniger störend empfunden, als gleich lauter Straßenverkehrslärm, welcher ohne langzeitige Unterbrechungen vorherrscht. [Kalivoda und Steiner, 1998]

## 2.3 Psychoakustik

In der Psychoakustik geht es vorrangig darum, wie physikalische Eigenschaften und Kenngrößen des Schalls vom Menschen empfunden werden und im Zuge dessen auch um die Beurteilung und Bewertung dieser Wahrnehmung. Somit kann der Zusammenhang zwischen physikalischen Größen eines Schallereignisses und den dazu gehörigen Empfindungen des menschlichen Hörens veranschaulicht werden. Um dies darzustellen, werden Parameter wie Schalldruckpegel und Frequenz auf Parameter umgewandelt, welche möglichst gut auf das durchschnittliche Hörempfinden eines Menschen zutreffen. Dadurch können gemessene Schallereignisse beinahe empfindungsgetreu abgebildet werden. Diese psychoakustischen Größen werden linear abgebildet, was so viel bedeutet, wie dass eine Verdoppelung der jeweiligen psychoakustischen Größe auch einer Verdoppelung der menschlichen Empfindung entspricht. [Hauswirth, 2018<sup>A</sup>] Durch die Betrachtung der psychoakustischen Parameter wie Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke, kann das subjektive Lärmempfinden des Menschen detailliert beschrieben werden. Die vom Verkehrslärm ausgelöste Unbehaglichkeit, kann vor allem durch die Betrachtung des psychoakustischen Parameters Lautheit besser beschrieben werden als durch eine ausschließliche Betrachtung des SPL(A), welcher in den meisten derzeitigen Gesetzgebungen zur Bewertung von Verkehrslärm herangezogen wird. Durch die Betrachtung von psychoakustischen Messwerten werden unterschiedliche Facetten einer Lärmquelle betrachtet, wohingegen beim SPL(A) ein ausgewählter Frequenzbereich stärker bewertet wird. Diese A-Bewertung führt dazu, dass vor allem tieffrequente Anteile, welche im Verkehrslärm stark vertreten sind, zu gering bewertet werden.

Aus bereits durchgeführten psychoakustischen Analysen von Verkehrslärm konnte festgestellt werden, dass vor allem der Einfluss von Lautheit und Rauigkeit Unbehagen im Menschen auslöst. Gesundheitliche sowie psychische Auswirkungen können durch Ergebnisse aus psychoakustischen Messungen wesentlich genauer analysiert werden, als bei einer reinen Betrachtung von Schalldruckpegelmessungen. [Raggam et al., 2006]

Nachstehend werden die wichtigsten psychoakustischen Größen beschrieben.

### 2.3.1 Lautheit N

Das menschliche Empfinden von Lautstärke wird mit Hilfe der Lautheit wiedergespiegelt. Mittels einer linearen Skala, der so genannten Lautheitsskala, werden die empfundenen Lautstärken ausgedrückt. Die dazu verwendete Einheit wird als „Sone“ bezeichnet, wobei ein Sinuston mit einer Frequenz von 1 kHz (Kilohertz) bei einem Schalldruckpegel von 40 dB als 1 Sone klassifiziert ist. Dadurch, dass diese Skala linear ist, wird ein doppelt so laut empfundener Ton auch mit einem doppelt so hohen Sone-Wert verzeichnet. Durch diese linearen Eigenschaften bildet die Lautheit eine relativ einfach nachzuvollziehende Einheit ab, mit welcher die empfundene Lautstärke möglichst aussagekräftig dargestellt wird. [Hauswirth, 2018<sup>A</sup>]

*Abbildung 6: SPL(A) vs. Lautheit [Quelle: Fastl H. et al., 2006]*

### 2.3.2 Rauigkeit

Die Rauigkeit stellt eine psychoakustische Empfindungsgröße dar und wird durch eine subjektive Beurteilung ermittelt. Diese Größe bildet einen wichtigen Aspekt in Bezug auf die vom Menschen empfundene Lästigkeit eines Immissionsgeräusches. Je stärker die Rauigkeit wird, desto störender wird das Geräusch in der Regel vom Empfänger wahrgenommen. Als Rauigkeit werden sehr häufige Änderungen der Frequenz oder der Amplitude von Tönen bezeichnet. Diese Änderungen erfolgen mit einer so hohen Schnelligkeit, dass das menschliche Gehör nicht mehr in der Lage ist, diesen zu folgen. Die Rauigkeit ist stark frequenzabhängig und es werden Geräusche mit Schwankungen zwischen 20 und 300 Hz als rau empfunden. Die Einheit der Rauigkeit wird als „Asper“ bezeichnet, wobei ein Sinuston von 1 kHz mit einem Schalldruckpegel von 60 dB, der bei einer Frequenz von 70 Hz und einem Modulationsgrad von 1 amplitudenmoduliert ist, eine Rauigkeit von einem Asper besitzt. [Hauswirth, 2018<sup>B</sup>]

### 2.3.3 Schärfe

Als Schärfe werden die Anteile eines Geräusches bezeichnet, welche sich im hohen Frequenzbereich befinden. Genauso wie bei der Lautheit, wird auch bei der Schärfe das menschliche Empfinden linear abgebildet. Die Einheit, durch welche die Schärfe ausgedrückt wird, wird als „Acum“ bezeichnet. 1 Acum beschreibt dabei ein Geräusch aus mehreren benachbarten Tonfrequenzen (Schmalbandrauschen) bei 1 kHz mit einer Bandbreite von 160 Hz und mit einem Schalldruckpegel von 60 dB. [Hauswirth, 2018<sup>A</sup>]

### 2.3.4 Schwankungsstärke

Durch Schwankungen eines Signals mit sehr geringen Modulationsfrequenzen, entsteht die Schwankungsstärke. Dabei handelt es sich um eine psychoakustische Größe, wobei das Maximum einer Modulationsfrequenz von 4 Hz entspricht und nur schwach vom Schallpegel abhängig ist. Die Einheit dieser Empfindungsgröße wird als „Vacil“ bezeichnet und durch denselben Sinuston wie die Rauigkeit bestimmt, allerdings mit einer Modulationsfrequenz von 4 Hz und nicht mit 70 Hz, wie es bei der Rauigkeit der Fall ist. [Hauswirth, 2018<sup>B</sup>]

### 2.3.5 Tonhaltigkeit

Wenn ein einzelner Ton oder mehrere einzelne Töne innerhalb eines Geräusches deutlich wahrgenommen werden kann, wird dies als Tonhaltigkeit bezeichnet. Dadurch wird in der Regel die Schallwahrnehmung intensiviert. Als Beispiel dafür gelten unter anderem Pfeifen oder Sirenen. [Kloepfer et al., 2006]

## 2.4 Statistik

Unter Statistik wird die Entwicklung und Anwendung von verschiedenen Methoden zur Planung, Datenerhebung, -aufarbeitung, -analyse und -interpretation verstanden [Bourier, 1996]. Da im Zuge dieser Arbeit statistische Analysen zur Anwendung kommen, werden nachstehend einige Grundbegriffe der Statistik erläutert.

### 2.4.1 Beschreibende Statistik

Bei der beschreibenden oder auch deskriptiven Statistik geht es grundlegend um die Beschreibung eines Untersuchungsobjekts. Dafür müssen als erstes alle relevanten Daten dieses Objekts erhoben werden. Im zweiten Schritt wird das, bei der Erhebung gewonnene, Material aufgearbeitet. Dies

geschieht in Form von geordneten Daten in Tabellen, Grafiken oder Ähnlichem. Danach folgt die Analyse der aufbereiteten Daten. Dabei werden die wesentlichen Eigenschaften des zu untersuchenden Objekts herausgearbeitet. Dies passiert etwa durch die Berechnung von Kennzahlen, wie dem Mittelwert oder dem Streumaß, durch Feststellung der Abhängigkeiten zweier Größen oder durch das Erkennen von Zusammenhängen bei zeitlichen Entwicklungen. [Bourier, 1996]

## 2.4.2 Merkmalsträger

Der Merkmalsträger ist der Gegenstand, um den sich die statistische Untersuchung dreht. Dies kann beispielsweise ein einzelnes Verkehrsmittel bei einer Verkehrszählung innerhalb eines Zeitraums und eines Ortes sein. [Bourier, 1996]

## 2.4.3 Merkmal

Mit dem Merkmal wird die Eigenschaft des untersuchten Objekts, die bei der statistischen Untersuchung von Interesse ist, bezeichnet. Hierbei wird zwischen Untersuchungsmerkmal und Abgrenzungsmerkmal unterschieden. Bei Ersterem handelt es sich um ein Merkmal, bei dem die Merkmalsträger unterschiedlich sein können, wobei beim Abgrenzungsmerkmal die Merkmalsträger identisch sind. [Bourier, 1996]

## 2.4.4 Merkmalswert

Durch den Merkmalswert wird angegeben, in welcher Weise das jeweilige Merkmal beim Merkmalsträger auftritt. Er wird bei Beobachtung, Befragung, Messung oder Zählvorgang festgestellt und ist im Endeffekt Gegenstand der statistischen Untersuchung. [Bourier, 1996]

## 2.4.5 Häufigkeiten

Relative Häufigkeiten unterscheiden sich von Wahrscheinlichkeiten im Zeitpunkt des erfassten Zustands einer Stichprobe. Dabei beziehen sich Häufigkeiten auf ein Ereignis in der Vergangenheit und Wahrscheinlichkeiten auf eines in der Zukunft. [Hedderich et al., 2018]

## 2.4.6 Statistische Messskalen

Es gibt verschiedene Arten von statistischen Messskalen, wobei alle dazu dienen, die Merkmalswerte zu ermitteln. Sie werden in folgende vier Grundarten unterteilt:

- **Nominalskala**

Hier werden als Skalenwerte Namen abgetragen, welche gleichberechtigt oder gleichbedeutend nebeneinanderstehend geordnet sind. Dabei kann es sich beispielsweise um das Merkmal Geschlecht handeln, welches die Merkmalswerte männlich und weiblich tragen würde.

- **Ordinalskala**

Dabei werden die Skalenwerte als Klassenbezeichnungen abgetragen, wie es zum Beispiel bei einem Schulnotensystem der Fall wäre.

- **Metrische Skala**

Die Skalenwerte werden als reelle Zahlen auf- oder absteigend angeordnet. Dabei kann unter einer Intervallskala (mit dem Merkmalswert Temperatur, Uhrzeit, etc.) und einer Verhältnisskala (Merkmalswerte wie Einkommen, Gewicht, Alter, etc.) unterschieden werden.

Die verschiedenen Skalen besitzen dabei einen unterschiedlichen Informationsgehalt, welches in der obigen Auflistung nach aufsteigendem Gehalt gereiht ist. Somit besitzt die Nominalskala das geringste und die Verhältnisskala das größte Informationsniveau. Durch ein höheres Niveau ist eine feinere und

objektivere Ermittlung der Merkmalswerte möglich, außerdem ist der Informationsgehalt der Merkmalswerte und das Analysepotential der Verfahren höher. [Bourier, 1996]

### **2.4.7 Ablauf der statistischen Untersuchung**

An erster Stelle einer statistischen Analyse steht die Planung. Dabei ist es wichtig festzulegen, welche Merkmale bei welchen Merkmalsträger wie erhoben werden sollen. Im Anschluss folgt das Verfahren der Aufbereitung, die Wahl der Darstellung und welches statistische Analyseverfahren gewählt wird.

Nach der Planung folgt die Datenerhebung, um alle relevanten Daten zu erfassen. Dabei wird das Untersuchungsziel konkretisiert und die Festlegung der Erhebungstechnik durchgeführt. Die Daten können dabei neu erhoben werden oder, falls bereits Daten vorliegen, können auch diese herangezogen werden. Bei einer Erhebung wird zwischen der Voll- und der Teilerhebung unterschieden. Bei der Vollerhebung werden sämtliche Merkmalsträger der Grundgesamtheit erfasst, bei der Teilerhebung nur ein Teil (Stichprobe). Eine Erhebung erfolgt entweder durch Beobachtung, wobei Daten per Augenschein oder mittels Messgeräte erhoben werden, oder durch Befragungen (mündlich oder schriftlich). [Bourier, 1996]

### **2.4.8 Darstellung von Daten**

Eine sinnerfassende Darstellung der aufbereiteten Daten kann mittels tabellarischer oder grafischer Methode erfolgen. Bei diesen Methoden gibt es unterschiedliche Arten von Häufigkeitsverteilungen, mit deren Hilfe die Daten geordnet werden. [Bourier, 1996]

### **2.4.9 Häufigkeitsverteilung**

Die klassische Darstellung der Häufigkeitsverteilung erfolgt mittels Tabellen, kann aber auch über eine grafische Darstellung erfolgen. Die Häufigkeitsverteilung wird dazu angewandt, um die gesammelten Daten eines Merkmalsträgers hinsichtlich eines oder mehrerer seiner Merkmale zu untersuchen. [Bourier, 1996]

Es werden dabei folgende Arten der Häufigkeitsverteilung unterschieden:

- **Eindimensionale Häufigkeitsverteilung**

Die Merkmalsträger werden hinsichtlich eines einzigen Merkmals untersucht, das Ergebnis äußert sich daher durch eine eindimensionale Häufigkeitsverteilung. Hierbei wird zwischen der einfachen und der kumulierten Häufigkeitsverteilung unterschieden. Bei der ersteren wird angegeben, wie oft ein Merkmalswert aufgetreten ist. Hingegen wird bei der kumulierten Häufigkeitsverteilung die Anzahl oder der Anteil der Merkmalsträger angegeben, die einen gewissen Wert nicht überschreiten.

- **Mehrdimensionale Häufigkeitsverteilung**

Die mehrdimensionale Häufigkeitsverteilung wird angewandt, wenn Merkmalsträger hinsichtlich mehrerer Merkmale untersucht werden. Dadurch wird ersichtlich, wie sich die Merkmalsträger auf die Kombinationen aus den Werten der Merkmale verteilen.

- **Klassifizierte Häufigkeitsverteilung**

Diese Art von Häufigkeitsverteilung wird angewandt, wenn eine größere Anzahl (ca. mehr als 10) an unterschiedlichen Merkmalswerten vorhanden ist. Hierbei werden ähnliche Merkmalswerte zu Klassen bzw. Gruppen zusammengefasst, wodurch eine Häufigkeitsverteilung entsteht, welche anzeigt, wie sich die Merkmalsträger auf die Klassen aufteilen. Dabei gilt, wenn die Anzahl der Klassen geringer ist, ist der Informationsverlust höher, allerdings wird die Übersichtlichkeit dadurch gesteigert. Die Klassenbreite kann immer gleich groß oder auch unterschiedlich groß sein,

je nachdem welche Einteilung sinnvoller erscheint (dies kann bei jeder statistischen Untersuchung unterschiedlich sein). Falls Ausreißer vorhanden sind, kann es von Vorteil sein, die Ober- bzw. Untergrenze der ersten bzw. letzten Klasse nicht anzugeben.

[Bourier, 1996]

### **2.4.10 Mittelwert**

Wenn eine Häufigkeitsverteilung durch einen einzigen Wert ausgedrückt werden soll, erweist es sich oft als sinnvoll, die Mitte der jeweiligen Häufigkeitsverteilung zu bestimmen. Dabei wird in der beschreibenden Statistik zwischen verschiedenen Mittelwerten unterschieden, wie zum Beispiel dem Modalwert, Median, arithmetischen Mittel, harmonischen Mittel oder dem geometrischen Mittel.

[Bourier, 1996]

### **2.4.11 Modalwert**

Als Modalwert, oder Modus, wird derjenige Wert einer Häufigkeitsverteilung bezeichnet, welcher am öftesten in der Verteilung vorkommt. Seine Anwendung ist dann sinnvoll, wenn seine Häufigkeit die anderen Häufigkeiten dominiert. Er wird hauptsächlich bei nominalskalierten Merkmalen angewandt.

[Bourier, 1996]

### **2.4.12 Median**

Der Median klassifiziert sich dadurch, dass ihn 50 Prozent der Werte der Häufigkeitsverteilung überschreiten und genauso viele Werte unter ihm liegen. Somit nimmt er exakt die mittlere Position ein. Dabei ist es sinnvoll, wenn sich die Merkmalsträger auf den oberen und den unteren Bereich der Merkmalswerte konzentrieren. Die Merkmale müssen mindestens ordinal skaliert sein. [Bourier, 1996]

### **2.4.13 Quantil, Dezil und Perzentil**

Durch ein so genanntes Quantil wird der Wert eines Merkmals in zwei Teile gespaltet. Dabei teilen die Quartile die Gesamtheit in vier Viertel. Es liegen 25% der Gesamtheit unter dem ersten Quartil, welches auch als 25% Quantil bezeichnet wird, und 75% der gesamten Werte darüber. Das dritte Quartil (75% Quantil) teilt die Gesamtheit ergo so, dass 75% kleiner als dieser Wert und 25% größer als er sind (siehe Abbildung 7). Ähnlich wie das Quartil verhält sich auch das Dezil und das Perzentil, welche sich nur durch die Größe der Unterteilungen unterscheiden. Beim Dezil wird die Gesamtheit in zehn Zehntel und beim Perzentil in 100 Hundertstel unterteilt. Dabei sind vor allem die am Rand liegenden Werte, wie das 5. Perzentil von Interesse, welches wiederum 95% der Gesamtheit überschreiten. Die Differenz, bzw. der Abstand, vom dritten zum ersten Quartil wird als Interquartilsabstand, kurz IQR, oder auch als zentraler Quartilsabstand, bezeichnet. Innerhalb dieses Bereiches befinden sich 50% der im Zentrum liegenden Merkmalsträger. [Bourier, 1996]

### **2.4.14 Boxplot**

Um die in Kapitel 2.4.12 und Kapitel 2.4.13 beschriebenen stetigen Daten in einem Maßstab grafisch darzustellen, wird ein so genannter Boxplot zur Hilfe gezogen. In Abbildung 7 ist zu sehen, dass die Box durch das erste und dritte Quartil begrenzt wird. Die rote Linie zwischen den Quartilen wird vom Median bestimmt. Als „Whisker“ werden die unterste und die oberste horizontale Linie bezeichnet, welche das Minimum bzw. das Maximum kennzeichnen. Mögliche Ausreißer werden separat als Punkte über oder unter den Whisker, außerhalb der Box, dargestellt, um das Ergebnis nicht zu verfälschen.



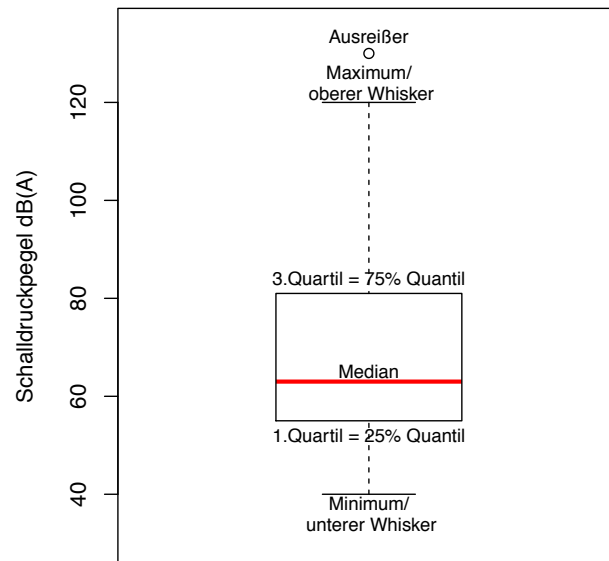


Abbildung 7: Boxplot

### 2.4.15 Arithmetisches Mittel

Das arithmetische Mittel wird meist als Durchschnitt bezeichnet und ist der am häufigsten verwendete Mittelwert. Dabei werden die Merkmalswerte summiert und durch die Anzahl der summierten Merkmalswerte dividiert. Somit liegt summenmäßig eine gleich große Zahl über und unter dem arithmetischen Mittel. Dabei können Ausreißer zur Minderung der Repräsentanz dieses Wertes führen. Aus diesem Grund ist er am besten für nahezu symmetrische Häufigkeitsverteilungen und Verteilungen, ohne klar erkennbare Konzentration auf einen Merkmalswert, anzuwenden. [Bourier, 1996]

### 2.4.16 Streuungsmaß

Das Streuungsmaß gibt die Streuung der Häufigkeitsverteilung mittels eines einzigen Wertes an. Dadurch kann in Kombination mit dem Mittelwert ein aussagekräftiger Einblick in die Verteilung der Merkmalswerte erzielt werden. Um die Streuung zu messen, werden vorrangig zwei unterschiedliche Konzepte angewandt. Dabei wird einerseits die Entfernung zweier Merkmalswerte und andererseits die Entfernung der Merkmalswerte zum Mittelwert als Maß für die Streuung herangezogen. [Bourier, 1996]

### 2.4.17 Spannweite

Die Länge des Streubereichs wird als Spannweite bezeichnet und gibt an, wie die Merkmalswerte selbst in diesem Bereich streuen. Daher ist die Spannweite als Streuungsmaß geeignet, sofern nur die Länge des Streubereichs von Interesse ist. Um die Spannweite zu berechnen, wird die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Merkmalswert gebildet, wodurch die Spannweite sehr empfindlich auf Ausreißer reagiert. Die Skalierung muss mindestens intervallskaliert sein und kann, wenn keine Ausreißer vorhanden sind, eine grobe Vorstellung der Streuung vermitteln. [Bourier, 1996]

### 2.4.18 Varianz $\sigma^2$

Die Varianz wird mit dem Kürzel  $\sigma^2$  bezeichnet und wird mit am häufigsten als Streuungsmaß verwendet. Um die Streuung zu messen, werden anhand dieser Methode die Entfernungen der Merkmalswerte zum arithmetischen Mittel quadriert, im Anschluss addiert und durch die Anzahl der



Merkmalsträger dividiert, wie in der Formel (4) ersichtlich ist. Die Merkmalswerte müssen dabei mindestens intervallskaliert sein. [Bourier, 1996]

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (4)$$

#### 2.4.19 Standardabweichung sd

Die Standardabweichung ist sehr eng mit der Varianz verbunden, da sie durch die Quadratwurzel der Varianz gebildet wird. Sie wird mit dem Kürzel  $\sigma$  oder sd bezeichnet und ist, mit der Varianz, eine der am häufigsten angewandten Streuungsmaße. Je größer die Varianz sowie die Standardabweichung sind, desto größer ist auch die Streuung. [Bourier, 1996]

#### 2.4.20 Zufallsvariable X

Beim Durchführen eines Zufallsexperiments, z.B. das Messen der Brenndauer einer Kerze, tritt eine Größe auf, welche als Zufallsvariable X bezeichnet wird. (Hedderich et al., 2018)

X besitzt die Eigenschaft, dass es nicht für einen einzelnen Wert, sondern für einen Bereich von Werten stehen kann, außerdem kann durch Wahrscheinlichkeiten das Verhalten der Zufallsvariable beschrieben werden. Sobald X einen Wert durch ein Experiment zugewiesen bekommt, wird es als x bezeichnet, welches als Realisierung von X definiert ist. [Zucchini et al., 2009]

#### 2.4.21 Wahrscheinlichkeiten

Wenn eine physikalische Symmetrie vorherrscht, wie z.B. bei den beiden Seiten einer Münze, kann auf eine statistische Symmetrie geschlossen werden. Dies lässt beim Beispiel eines Münzwurfs auf eine 50%ige Wahrscheinlichkeit schließen, dass Kopf geworfen wird. Wenn aber diese Symmetrie nicht vorhanden ist, wird die Wahrscheinlichkeit mittels der Ergebnisse von mehreren durchgeführten Würfeln ermittelt. Somit kann aus den Versuchen eine statistische Wahrscheinlichkeit erhalten werden. [Hedderich et al., 2018]

#### 2.4.22 Hypothesentest

Hypothesentests werden angewandt, um in einer Situation mit unvollständigen Informationen, Entscheidungen leichter treffen zu können. Dabei wird zuerst eine Nullhypothese  $H_0$  aufgestellt, welche durch die Ergebnisse von Stichproben (Stichprobenumfang = n) überprüft wird. Da die Stichprobe für die Grundgesamtheit steht, können durch Hypothesentests natürlich auch Fehlentscheidungen entstehen. Vor dem Durchführen des Tests wird auch eine Wahrscheinlichkeit P festgelegt. Diese Nullhypothese wird nach der Überprüfung beibehalten, sofern sie durch die Ergebnisse der Stichproben bestätigt werden kann. Falls sie sich aber als falsch erweist, wird  $H_0$  verworfen und eine zuvor definierte Alternativhypothese, welche das Gegenteil von  $H_0$  darstellt, stattdessen als richtig angenommen. Sollte  $H_0$  bestätigt werden, gibt es dennoch die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers 1. Art, welcher als unberechtigte Ablehnung von  $H_0$  bezeichnet wird. Der Fehler 2. Art,  $\beta$ , stellt quasi das Gegenteil vom Fehler 1. Art dar und wird als unberechtigtes Beibehalten von  $H_0$  bezeichnet. Das Signifikanzniveau des Hypothesentests wird als  $\alpha$  bezeichnet und gibt die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Fehlentscheidung beim Beibehalten von  $H_0$  an. Wenn sich für  $H_1$  entschieden wurde, gibt die sogenannte power =  $1-\beta$  die Wahrscheinlichkeit für die Korrektheit dieser Entscheidung an. Das Signifikanzniveau wird vor der Prüfung der Hypothese festgelegt und

beträgt in der Regel meist 1%, 5% oder 10%. Es wird außerdem zwischen ein- und zweiseitigen Hypothesentests unterschieden, wobei beim einseitigen Hypothesentest (vgl. Abbildung 8)  $\alpha$  sowohl links- als auch rechtsseitig liegen kann, hingegen wird  $\alpha$  beim zweiseitigen Hypothesentest auf beide Seiten aufgeteilt, sprich sowohl links als auch rechts liegen  $\alpha/2$ , siehe Abbildung 9. [Zucchini et al., 2009]

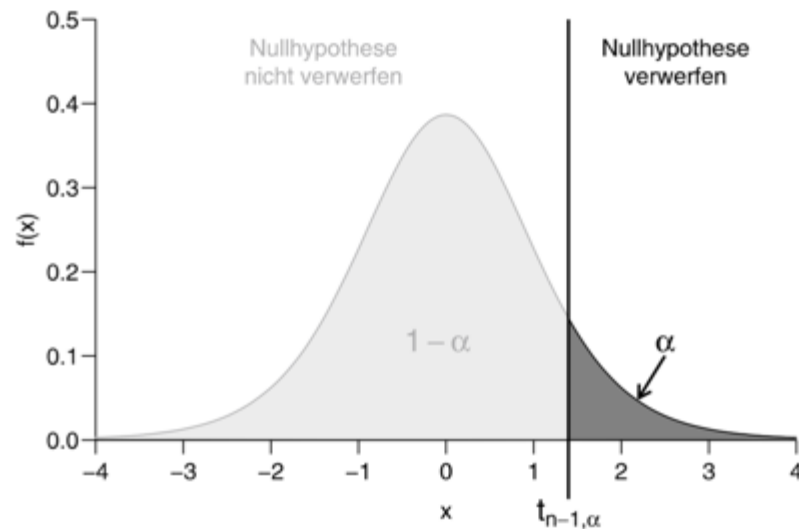


Abbildung 8: Einseitiger Hypothesentest [Quelle: Zucchini, 2009]

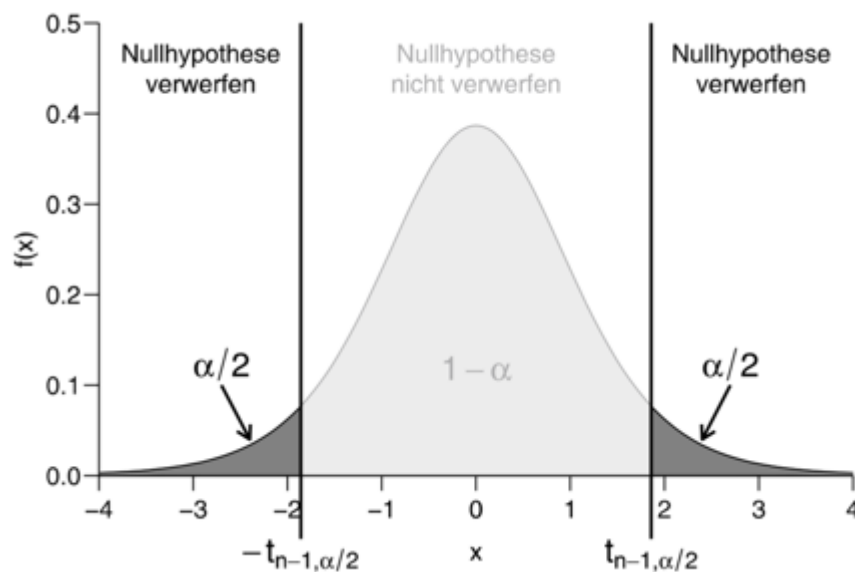


Abbildung 9: Zweiseitiger Hypothesentest [Quelle: Zucchini, 2009]

Alternativ kann auch mittels dem p-Wert eine Entscheidung getroffen werden. Dieser Wert stellt das kleinste Signifikanzniveau von  $\alpha$  dar und gibt die Glaubwürdigkeit von  $H_0$  an. In der Regel gilt, wenn er  $<0,05$  ist, kann die Nullhypothese verworfen werden. Wird der zweiseitige Hypothesentest mittels statistischer Programmsysteme (z.B. mit dem Statistikprogramm R-Project) durchgeführt, besteht der Vorteil darin, dass meist nicht nur die Signifikanzniveaus, sondern auch alle einzelnen p-Werte aufgeführt werden, wodurch deutlichere Informationen über die EntscheidungsKnappheit erlangt werden. Die Signifikanzniveaus werden mittels einer dreistufigen Sternsymbolik klassifiziert, wobei die

steigende Anzahl der Sterne mit einem steigenden Signifikanzniveau einhergeht. Dabei steht die Symbolik von drei Sternen [\*\*\*] für die höchstmögliche Signifikanz und kein Stern [ ] für das nicht Vorhandensein der Signifikanz. [Hedderich et al., 2018]

### 2.4.23 Lineare Regressionsanalyse

Um Beziehungen zwischen stetigen Merkmalen zweier Zufallsvariablen zu ermitteln und deren Zusammenhang zu quantifizieren, wird die lineare Regressionsanalyse angewandt. Das Ziel ist dabei, die abhängige Zielgröße Y durch die unabhängige Einflussgröße X erklären zu können. Das Bestimmtheitsmaß B beschreibt die Streuung der Y-Variablen, welche durch die Regressionsgerade grafisch dargestellt werden kann. [Zucchini et al., 2009]

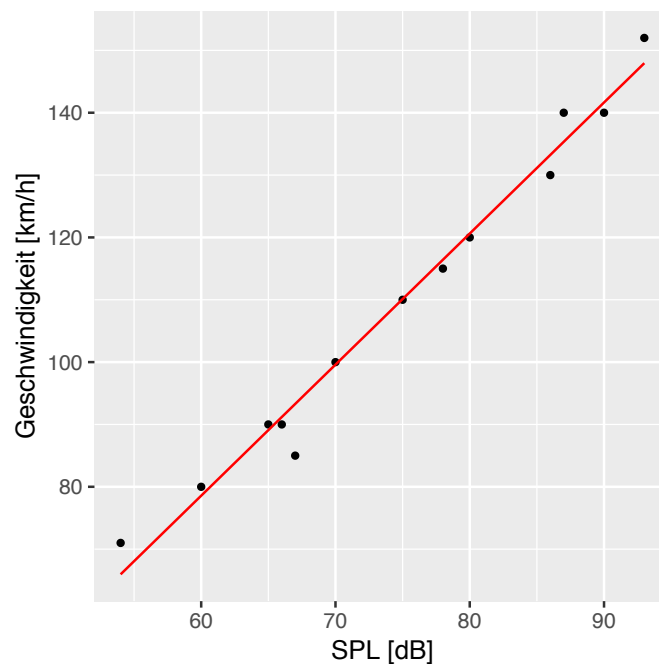


Abbildung 10: Regressionsgerade

### 2.4.24 Varianzanalyse

Bei der einfachen Varianzanalyse, auch ANOVA (one-way analysis of variance) genannt, werden meist zwei unterschiedliche Gruppen (z.B. unterschiedliche Gruppen an Fahrzeugen, Berufen, etc.) auf ihre Abhängigkeit untersucht. Dabei wird jeweils geprüft, ob eine unabhängige Variable einen Einfluss auf eine abhängige Variable besitzt. Die unabhängigen Variablen müssen dabei nominal und die abhängigen metrisch skaliert und normalverteilt sein. Es soll getestet werden, ob mehrere Teilgesamtheiten innerhalb einer Grundgesamtheit aller Stichproben bestehen, welche sich durch ein stetiges Merkmal unterscheiden. [Zucchini et al., 2009]

Dabei wird zwischen zwei Arten der Varianzanalyse unterschieden:

- Einfaktorielle Varianzanalyse

Die einfaktorielle ANOVA wird mit einer einzigen unabhängigen Variablen (Faktor), welche mehrere Stufen besitzt, ausgeführt.

- Mehrfaktorielle Varianzanalyse

Hier werden, im Gegensatz zur einfaktoriellen Varianzanalyse, mehrere unabhängige Variablen mit einer abhängigen Variable verglichen.

[Mentorium GmbH, 2019]

### 2.4.25 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse fasst möglichst ähnliche Objekte bzw. Cluster zu möglichst unterschiedlichen Gruppen zusammen. Die Anzahl der Cluster ist dabei variabel, je nachdem wie fein der Grad der Unterteilung benötigt wird. [Backhaus et al., 2018] Als Beispiel wird in Abbildung 11 eine Clusteranalyse mit einer Unterteilung in zwei Clustern dargestellt.

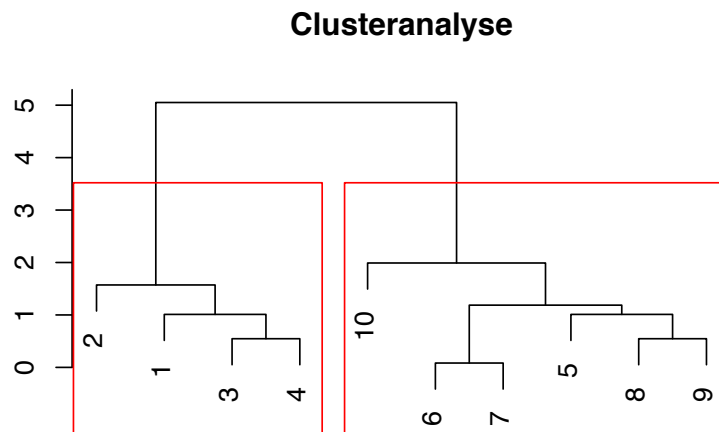


Abbildung 11: Clusteranalyse

### 2.4.26 Kruskal-Wallis Test

Beim Kruskal-Wallis Test können 2 oder mehr ordinal skalierte Stichproben überprüft werden, wobei diese weder der gleichen Verteilung angehören noch, im Gegensatz zur Varianzanalyse, normalverteilt sein müssen, um sie statistisch zu analysieren. Bei dieser Art von Test wird geprüft, ob sich die einzelnen unabhängigen Gruppen wesentlich untereinander unterscheiden. Hier kann das Signifikanzniveau  $\alpha$  sowie der p-Wert zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. [HSLU, 2019]

### 2.4.27 Paarweiser Wilcoxon Test

Durch den Kruskal Wallis Test (vgl. Kapitel 2.4.26) lässt sich herausfinden, ob zwischen den überprüften Gruppen signifikante Unterschiede vorherrschen. Um zu ermitteln, wie stark diese Signifikanzen zwischen den einzelnen Gruppen sind, wird der paarweise Wilcoxon Test angewandt. Dabei werden, wie der Name schon verrät, die Unterschiede der Gruppen in paarweisen Vergleichen gegeneinander geprüft und nicht, wie beim Kruskal-Wallis Test, alle Gruppen in einem Test betrachtet.

## 3 Methodik

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise beschrieben, durch welche die Daten, welche zur akustischen und psychoakustischen Analyse des Verkehrslärms herangezogen werden, ermittelt werden. Dabei wird vorerst die EU-Verordnung Nr. 97/24/EG zur Grundlage herangezogen, welche danach auf die Bedingungen von Messungen unter realistischen Bedingungen adaptiert wird, da die Verkehrsgeräuschmessungen der EU-Verordnung unter Laborbedingungen erfolgen und nicht, wie in dieser Arbeit, im Freiland. Da im Freiland andere Bedingungen vorherrschen, wie zum Beispiel die unterschiedlichen Fahrweisen sowie Geschwindigkeiten der Verkehrsteilnehmer und mannigfache Streckenbedingungen, ist eine Ermittlung der tatsächlich vorherrschenden Verkehrsgeräusche wichtig. Dadurch kann das Ausmaß der Verkehrsgeräusche, welche auf die Anrainer einwirken, realitätsgetreu ermittelt und im Anschluss bewertet werden. Dafür wird erster Schritt wird ein Messkonzept inklusive Standortauswahl und detailliertem Messvorgang erstellt auf dessen Basis die Messungen durchgeführt werden und im Anschluss wird das Belästigungspotenzial der Anrainer, im Zuge eines Fragebogens, ermittelt.

### 3.1 Messkonzept

Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, wird vor der Durchführung der akustischen und psychoakustischen Messungen ein Messkonzept erstellt. Dies wird angelehnt an die EU-Verordnung Nr. 97/24/EG, deren Inhalt im Kapitel 2.2.6 beschrieben wurde, erstellt und auf reale Umgebungsbedingungen, für die vorgesehenen Messungen im Freien, adaptiert. Die Messungen werden, um sowohl das Gesamtlärmaufkommen als auch die Fahrzeuggeräusche von einzelnen Fahrzeugen zu ermitteln, in Gesamt- sowie Einzellärmessungen unterteilt. Die Wahl der Messgeräte, sowie die Standorte, Anordnung und Durchführungsweise der Messungen werden in diesem Kapitel erörtert.

#### 3.1.1 Messgeräte

Die Messung erfolgt mittels zweier Kunstkopfmikrofone des Typs HSU III.2 (Abbildung 12), welche an ein mobiles Aufnahme- und Wiedergabesystem, dem SQuadriga II Frontend, angeschlossen werden. Die genannten Kunstköpfe können wie herkömmliche Mikrofone verwendet werden, liefern aber binaurale Aufnahmen und spiegeln das menschliche Hörverhalten sehr genau wider. Über das mobile Aufnahme- und Wiedergabesystem SQuadriga II Frontend werden die vom Kunstkopf aufgenommenen Daten auf einer SDHC-Karte gespeichert. [Head acoustics, 2018]



Abbildung 12: Kunstkopfmikrofon [Quelle: Direct Industry, 2019]

Die Aufnahmen (Gesamt- sowie Einzelmessungen, welche in Kapitel 3.1.8 und 3.1.9 noch genauer erklärt werden) erfolgen in sogenannten Dauermessungen, was bedeutet, dass der Einfachheit halber die Aufnahme nicht gestoppt wird, sondern über den gesamten Messzeitraum laufen gelassen wird. Dies hat im Gegensatz zu Einzelmessungen, welche nach jedem passierenden Fahrzeug gestoppt werden, den Vorteil, dass keine potentiellen Schallquellen versäumt werden und Einzel- sowie Gesamtmessung mit derselben Aufnahme durchgeführt werden können. Die akustischen Messsysteme werden laut Herstellerempfehlung verwendet und müssen zu Beginn und Ende der Messreihe mittels eines Kalibriergeräts geprüft werden [EP, 1997].

Weitere Details zum Ablauf der Messungen, sowie zur anwendungsgerechten Positionierung der einzelnen Messgeräte, werden in Kapitel 3.1.8 sowie 3.1.9 ausgeführt. Um die Auswertung im Nachhinein zu erleichtern, werden sowohl die Zeitpunkte der vorbeifahrenden Motorräder händisch notiert als auch der Fahrzeugtyp. Damit eine eventuelle Beziehung zwischen den aufgezeichneten akustischen sowie psychoakustischen Messgrößen und der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit ermittelt werden kann, wird mittels eines Seitenradarmesssystems auch die Geschwindigkeit der vorbeifahrenden Fahrzeuge gemessen. Wie im Kapitel 2.1.16 bereits erwähnt wurde, gibt es vielerlei Einflüsse auf die Schallausbreitung, daher ist eine Dokumentation der Umgebungsbedingungen des Messortes, der Anordnung der Messgeräte sowie eine meteorologische Aufzeichnung sinnvoll.

### **3.1.2 Ort der Messung**

Als geeigneter Ort der Messung wurde die Südsteirische Grenzstraße B69, im Bezirk Deutschlandsberg in der Steiermark, ausgewählt. Auch bekannt unter dem Namen "Soboth" (aufgrund der angrenzenden Ortschaft Soboth), ist diese Strecke vor allem bei Motorradfahrern sehr beliebt und bietet dadurch eine optimale Ausgangslage für die geplanten Messungen.

Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse betreffend der Schallimmissionen zu erhalten, müssen die Standpunkte der Messungen an einer dementsprechend repräsentativen Stelle der B69 gewählt werden. Die genaue Auswahl der Messpunkte erfolgt vor Ort, um ein detailliertes Bild der realen Umgebungsbedingungen zu erhalten. Um den psychoakustischen Aspekt breitgefächert darstellen zu können, ist die Wahl dieser Punkte an Standorten mit möglichst unterschiedlichen Bedingungen (betreffend Steigung und Kurvenradius) zu wählen. Ebenso sind Messorte mit einer möglichst hohen zulässigen Geschwindigkeit sinnvoll, da hier erfahrungsgemäß eine hohe gefahrene Durchschnittsgeschwindigkeit vorherrscht und somit die maximale Lärmbelastung ermittelt werden kann.

Ursprünglich waren Messungen in besiedeltem Gebiet geplant, allerdings wurde nach der ersten vor Ort Beschau deutlich, dass diese Messungen aufgrund mangelnder Platzverhältnisse und zahlreicher potentieller Störgeräuschquellen (Rasenmäher, abbiegende KFZ an Einfahrten, Passanten, etc.) nicht möglich wären bzw. würden sie unzureichende Ergebnisse liefern. Ein weiterer Punkt, der beachtet werden sollte, ist, dass eine ordnungsgemäße Aufstellung der Messgeräte an zumindest einer Seite der Straße möglich sein muss, sprich, dass eine relativ weitläufige Fläche vorhanden ist (mindestens 50 m von der zu betrachtenden Fahrstreifenachse). Außerdem sollen, wenn möglich, keine allzu großen Hindernisse (z.B. Wälder, große Werbeschilder, etc.) zwischen der zu beobachtenden Straße und dem Messpunkt liegen. Unmittelbar neben den Messgeräten sollten ebenso keine Hindernisse vorhanden sein, damit der Schall nicht stark reflektiert oder absorbiert wird. Um die Fahrzeuglenker möglichst wenig in ihrer Fahrweise zu beeinflussen, sollten die Messgeräte, sofern es möglich ist, nicht sofort für die Verkehrsteilnehmer einsehbar sein. Als passende Messpunkte sollen Standorte mit möglichst unterschiedlichen Steigungs- und Richtungsverhältnissen ausgewählt werden. Durch eine



theoretische Vorauswahl wurden dabei vier unterschiedliche Messstandorte definiert, wobei es sich um eine Gerade ohne Steigung, eine Gerade mit Steigung, eine Kurve ohne Steigung sowie um eine Kurve mit Steigung handelt. Mittels dieser theoretisch festgelegten Randbedingungen der Messorte wurde eine Erstbefahrung mit vor Ort Ansicht der B69 vorgenommen und eine endgültige Auswahl der Messstandorte (zu sehen in Abbildung 13 und Abbildung 14), welche die beschriebenen Kriterien möglichst erfüllen, festgelegt. Die vier gewählten Messorte sind nachstehend in den Kapiteln 0 bis 3.1.6 in Bild und Text beschrieben.



Abbildung 13: Überblick gesamtes Messgebiet [Quelle: basemap, 2019]



Abbildung 14: Überblick gesamtes Messgebiet Orthofoto [Quelle: basemap, 2019]

### 3.1.3 Messort Gerade mit geringer Steigung

Als erster Ort der Messung wurde als Referenzstrecke zu den Straßenabschnitten mit hohen Steigungen bzw. geringen Kurvenradien, ein Messpunkt an einem kurvenarmen Straßenabschnitt mit einer relativ geringen Steigung von 3,3% [Quäldich, 2018] ausgewählt. Wie im späteren Kapitel 3.2.1 an Abbildung 24 sowie der Abbildung 25 zu erkennen ist, wurde die Messung an einer weitläufigen Wiesenfläche vorgenommen, welche an der Rückseite nach ungefähr 50 m von einem Waldstück begrenzt wird. Auch an der gegenüberliegenden Straßenseite befindet sich eine Baumreihe entlang des Straßenverlaufes. Dieser Messort wird in weiterer Folge oft als Messort 1 bzw. auch als Gerade ohne Steigung bezeichnet, da eine Steigung von nur 3,3% laut RVS 04.02.11 keinen negativen Einfluss auf die Schallemissionen der Fahrzeuge haben sollte [FSV, 2008].

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt hier 100 km/h und die Straße verfügt laut Beschau über eine Asphaltdeckschicht, welche über die gesamte Messstrecke witterungs- bzw. abnutzungsbedingte Risse aufweist.

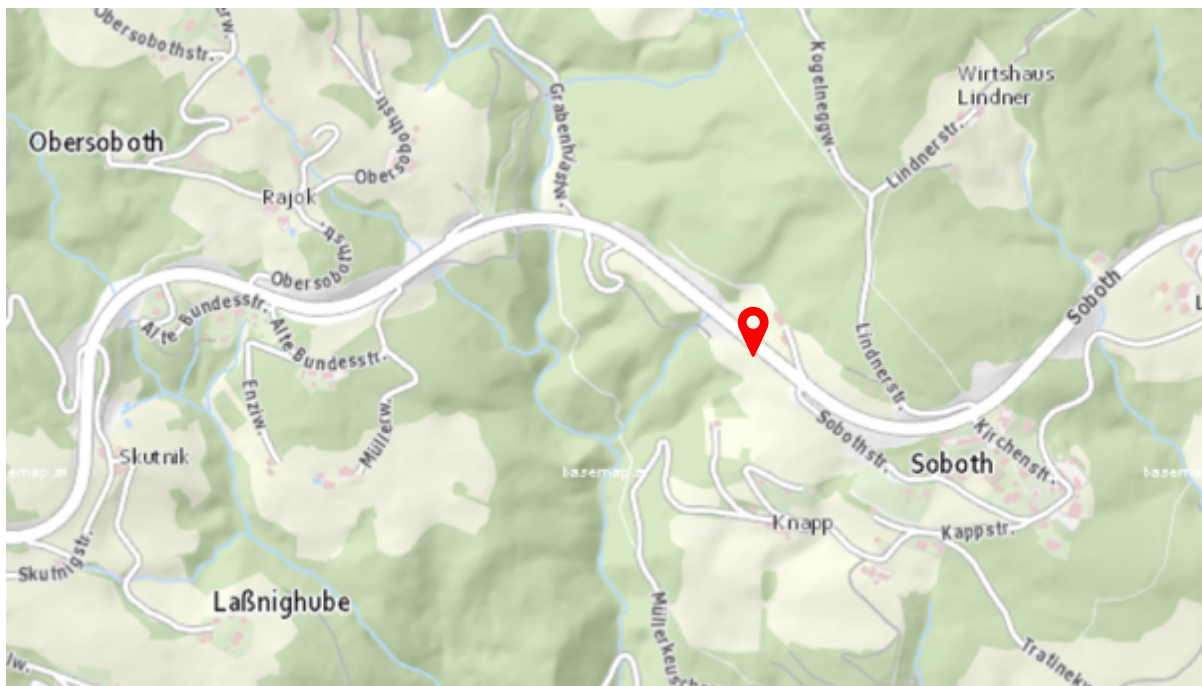


Abbildung 15: Messort Gerade ohne Steigung [Quelle: basemap, 2018]





Abbildung 16: Messort Gerade ohne Steigung [Quelle: basemap, 2018]

### 3.1.4 Messort Kurve mit geringer Steigung

Als zweiter Standpunkt wurde eine Kurve mit einem Radius von 130 m und einer sehr geringen Steigung von 0,3% [Quäldich, 2018] ausgewählt, welche in einer geraden Übergangsstrecke mündet und danach in einer weiteren Kurve verläuft. Auch vor dem besagten Messpunkt liegt bereits eine kurvenreiche Straße, wodurch die Kurve laut Erfahrungswerten mit einer geringeren Geschwindigkeit befahren wird, als wenn eine Gerade in die Kurve mündet. Meist wird schon beim Verlassen einer solchen Kurve der Beschleunigungsvorgang gestartet. Dies ist vor allem der Fall, wenn von der Kurve bereits auf das darauffolgende Straßenstück gesehen werden kann, und der Motorradfahrer sich sicher ist, dass keine Hindernisse folgen, so wie in diesem Fall. Für die Aufstellung der Messgeräte ist genügend Platz vorhanden und sie sind nicht augenblicklich von der Straße aus einsehbar, sodass die Messung im Normalfall ohne zu starke Beeinflussung des Fahrverhaltens der Verkehrsteilnehmer verlaufen kann. Voraussichtlich wird die schlechte Einsehbarkeit vor der Kurve auch im Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer zu bemerken sein. Wie auf dem Orthofoto der Abbildung 18 zu erkennen ist, wird der Großteil dieses Abschnittes beidseitig von Wäldern umringt. Lediglich am Messort selbst ist eine Einbuchtung (Schotterparkplatz) vorhanden mit dahinterliegendem Wiesenstück, welches auch eine Messung in 50 m Abstand ermöglicht. Dieser Messort wird in weiterer Folge oft als Messort 2 bzw. auch als Kurve ohne Steigung bezeichnet, da eine Steigung von nur 0,3% laut RVS 04.02.11 [FSV, 2008] keinen negativen Einfluss auf die Schallemissionen der Fahrzeuge haben sollte. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt hier 100 km/h und die Straße verfügt laut Beschau über eine Asphaltdeckschicht. Die Deckschicht weist teilweise Risse auf, welche durch ein Füllmaterial (z.B. Bitumen) verschlossen sind.



zu erkennen ist, ist auch dieser Messort von Wäldern umgeben, lediglich der Messstandpunkt ist auf eine Distanz von mind. 50 m, von der zu betrachtenden Fahrstreifenachse ausgehend, frei von Hindernissen. Der Messstandort befindet sich an einem Parkplatz mit dahinterliegender Wiese. Die Kurve ist durch die starke Vegetation schlecht einsehbar, dies wird sich voraussichtlich auch im Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer widerspiegeln. Dieser Messort wird in weiterer Folge oft als Messort 3 bzw. auch als Kurve mit Steigung bezeichnet, da eine Steigung von 9,6% (gerundet 10%) laut RVS 04.02.11 [FSV, 2008] einen negativen Einfluss auf die Schallemissionen der Fahrzeuge haben sollte. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt in diesem Abschnitt 100 km/h und die Straße verfügt laut Beschau über eine Asphaltdeckschicht. Die Deckschicht weist über den gesamten Messbereich leichte Fahrbahnschäden, sowie einige bereits ausgebesserte Schäden (teilweise erneuerte Asphaltdeckschicht und Rissauffüllungen) auf.



Abbildung 19: Messort Kurve mit Steigung [Quelle: basemap, 2018]





Abbildung 20: Messort Kurve mit Steigung Orthofoto [Quelle: basemap, 2018]

### 3.1.6 Messort Gerade mit signifikanter Steigung

Der letzte Messpunkt wurde Nahe eines Straßenstücks mit einer signifikanten Steigung und ohne, bzw. mit sehr geringer, Kurvigkeit gewählt, da hier durch das ständige Gas geben voraussichtlich ein hohes Lärmpotential zu erwarten ist. Hierbei ist besonders auf die bergauf fahrenden Motorräder und PKWs zu achten, da diese, durch die erhöhte Motorendrehzahl, das voraussichtlich größte Lärmpotential besitzen. Die Steigung an diesem Straßenstück beträgt ungefähr 8,6% [Quäldich, 2018]. Es wird genügend Platz geboten, um die Messgeräte bis zu 50 m weit entfernt von der Fahrstreifenmitte zu errichten. Die Freifläche wird bei einer Tiefe von ca. 50 m von einem Wald begrenzt, genauso wie die gegenüberliegende Straßenseite. Der Streckenabschnitt weist eine leichte Kurvigkeit mit einem Radius von ca. 600 m auf, welcher das Fahrverhalten gegenüber einer komplett geraden Strecke aber nicht signifikant beeinflussen sollte. Dieser Messort wird in weiterer Folge als Messort 4 bzw. auch als Gerade mit Steigung bezeichnet, da eine Steigung von 8,6% (gerundet 9%) laut RVS 04.02.11 [FSV, 2008] einen negativen Einfluss auf die Schallemissionen der Fahrzeuge haben sollte. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit an Messort 4 beträgt 100 km/h und die Straße verfügt laut Beschau über eine Asphaltdeckschicht. An diesem Messort wurden über die gesamte Strecke Ausbesserungen der Deckschicht vorgenommen (Verfüllung von Rissen, Asphaltausbesserungen), weiters sind einige Risse ohne Verfüllung vorhanden.



Abbildung 21: Messort Gerade mit Steigung [Quelle: basemap, 2018]



Abbildung 22: Messort Gerade mit Steigung Orthofoto [Quelle: basemap, 2018]

### 3.1.7 Anordnung der Messgeräte

Laut EU-Verordnung Nr. 97/24/EG entspricht die Aufständershöhe der Kunstköpfe  $1,20\text{ m} \pm 0,02\text{ m}$ . In dieser Arbeit wurde diesbezüglich allerdings eine Höhe von  $1,80\text{ m} \pm 0,02\text{ m}$  gewählt, um die ungefähre Größe eines Menschen repräsentieren zu können. Die Messungen sollten dabei in mehreren unterschiedlichen Distanzen zur Fahrstreifenachse durchgeführt werden, um die Verkehrsgeräuschmissionen von verschiedenen Distanzen zur Straße zu ermitteln. Die kürzeste Distanz soll dabei 7,50 m betragen. Eine Messung in dieser Distanz spiegelt laut RVS 04.02.11 die

Emissionswerte der Fahrzeuge wider. Eine weitere Messung findet in einer Distanz von 25 m und die dritte Messung mit einem Abstand von 50 m zur betrachteten Fahrstreifenachse statt. Die unterschiedlichen Abstände repräsentieren die Immissionen auf vorbeigehende Passanten sowie auf Anrainer der B69, welche sich beispielsweise in ihren Vorgärten oder auf Terrassen aufhalten. Eine identische Aufstellung laut EU-Verordnung Nr. 97/24/EG (Siehe Kapitel 2.2.6) ist nicht möglich, da für diese Masterarbeit divergente Gerätschaften verwendet werden und somit ein Kabel quer über die Straße gelegt werden müsste. Dies würde sowohl den Aufbau erschweren als auch das Fahrverhalten der Motorradfahrer möglicherweise beeinflussen, wodurch die Anordnung der Messgeräte laut EU-Verordnung nicht von Vorteil ist. Außerdem erfolgen die Messungen der EU-Verordnung unter Laborbedingungen, daher werden einige Aspekte der Verordnung auf realistische Bedingungen adaptiert. Die Messgeräte werden im Zuge dessen, wie in den nachfolgenden Bild Darstellungen des Kapitels 3.1.8 veranschaulicht ist, an einer und nicht an beiden Seiten neben der Straße, errichtet. Dabei werden die Kunstköpfe in unterschiedlichen Distanzen zur Straße aufgestellt, die Details dazu werden in den nachfolgenden Kapiteln 3.1.8 und 3.1.9 noch genauer erläutert. Laut RVS 04.02.11 beträgt die Distanz, in welcher das Fahrzeuggeräusch noch einen signifikanten Einfluss auf die Messgeräte hat, das Dreifache des Abstandes vom Messgerät zur Fahrstreifenachse. Bei einer Entfernung von 7,50 m würde die einflusswirksame Distanz, sowohl zur linken als auch zur rechten Seite des Kunstkopfes, demnach 22,5 m betragen. Es werden pro Messort Messungen in drei unterschiedlichen Distanzen vorgenommen, um die Lärmimmissionen in unterschiedlichen Entfernungen zur Straße festzustellen. Dabei wird auch noch zwischen den Einzel- und den Gesamtlärmmessungen unterschieden. In allen Messungen werden die beiden Kunstköpfe parallel und hintereinander zur Straße gerichtet, auf höhenverstellbaren Stativen, aufgestellt. Die genaue Anordnung wird in den folgenden Kapiteln, 3.1.8 und 3.1.9, in Bild und Text beschrieben.

### **3.1.8 Einzellärmmessung**

Um die Lärmimmissionen der einzelnen Fahrzeuge eines Fahrstreifens zu ermitteln, wird eine so genannte Einzellärmmessung durchgeführt. Bei dieser Einzellärmmessung werden während der ersten Messung die beiden Kunstköpfe, wie in Abbildung 23 dargestellt, mit einem Abstand von 7,50 m und 25 m zur Fahrstreifenmitte aufgestellt. Dabei ist es immer von Vorteil, die Messgeräte an der Straßenseite aufzustellen, an welcher voraussichtlich das höhere Lärmpotential vorherrscht (z.B. bei einer Straße mit einer Steigung an der Seite, an welcher die Fahrzeuge bergauf fahren). Somit kann die größtmögliche Immission, welche auf Passanten und Anrainer einwirkt, ermittelt werden. Der Kunstkopf K soll dabei die Fahrzeuggeräusche in einem Abstand von 7,50 m aufnehmen, wohingegen der zweite Kunstkopf K' mit einem Abstand von 25 m zur Fahrstreifenmitte aufgestellt wird, um die Lärmimmission einer Position in größerer Entfernung feststellen zu können. Zur Messung der Fahrzeuggeschwindigkeiten wird ein Seitenradar (Verkehrsstatistikgerät SR4 der Firma Sierzega) laut Herstelleranleitung am Fahrbahnrand aufgestellt. Bei der zweiten Einzelmessung wird der Standpunkt von Kunstkopf 1 und der des Seitenradars beibehalten, lediglich der zweite Kunstkopf K' wird mit einem Abstand von 50 m zur Fahrstreifenmitte aufgestellt. Die Aufnahme wird dabei über den gesamten Messzeitraum nicht gestoppt, somit erfolgen Einzellärmmessung und Gesamtlärmmessung (vgl. Kapitel 3.1.9) mit derselben Aufnahme. Dadurch stammen sowohl Gesamtlärmmessung als auch Einzellärmmessung aus derselben Aufnahmequelle und das Ergebnis ist unverfälschter. Bei der Einzellärmmessung werden im Anschluss der Messung einzelne Teile der Aufnahme ausgeschnitten, in welchen gut hörbare einzelne Fahrzeuge den Messpunkt passieren, wobei möglichst wenige bzw. keine anderen Verkehrs- und Umgebungsgeräusche zu hören sein sollen, um die Beeinflussung des

eigentlichen Fahrzeuggeräusches so gering wie möglich zu halten. Um möglichst störungsfreie Aufnahmen der Einzelfahrzeuge sicherzustellen, erfolgt nach den Messungen ein erneutes Anhören der ermittelten Fahrzeuggeräusche.

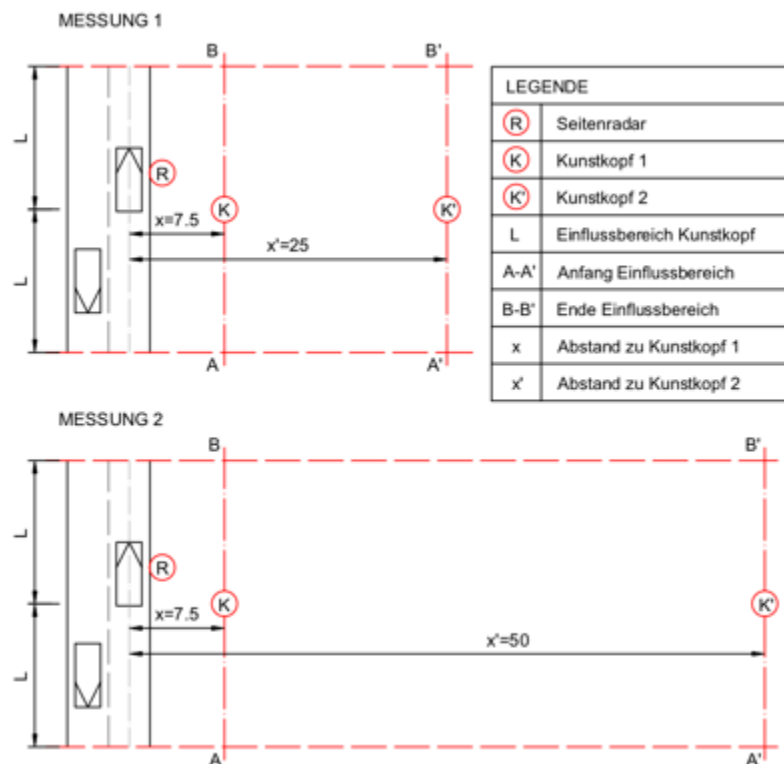


Abbildung 23: Anordnung Messgeräte

### 3.1.9 Gesamtlärmmessung

Bei der Gesamtlärmmessung wird, wie der Name schon verrät, der gesamte vorherrschende Lärm am jeweiligen Messstandort über einen Zeitraum von jeweils ca. 4 Stunden ermittelt. Die Gesamtmessung erfolgt zeitgleich mit den Einzelmessungen, nur werden hier bei der Auswertung nicht die einzelnen Fahrzeuge, sondern die Messwerte über den gesamten Messzeitraum betrachtet. Die Aufstellung der Messgeräte erfolgt demnach wie in Kapitel 3.1.8 beschrieben, da die Einzel- und die Gesamtmessung aus einer gemeinsamen Messung resultieren. Der Vorteil dabei besteht darin, dass die Bedingungen der Messungen identisch sind und da die Aufnahmen der Einzelmessungen aus der Gesamtlärmmessung stammen, diese miteinander korrelieren. Durch die Gesamtlärmmessungen sollen die Immissionen des gesamten Verkehrs auf straßennahe Gebäude bzw. Passanten ermittelt, sowie etwaige Unterschiede zwischen den einzelnen Messorten festgestellt werden.

### 3.1.10 Dokumentation

Neben der akustischen Aufnahme erfolgt auch eine schriftliche sowie eine bildliche Dokumentation. Bei der schriftlichen Dokumentation werden die vorbeifahrenden Fahrzeuge in Kategorien unterteilt und zeitlich erfasst. Die Fahrzeuge werden dabei in 5 unterschiedliche Motorradtypen (Enduro, Naked Bike, Chopper, Supersport und Tourenmotorrad) unterteilt. Diese Auswahl deckt, laut Erfahrungswerten, einen Großteil der handelsüblichen Motorradtypen ab. Neben den verschiedenen Motorradtypen werden auch noch PKWs als einzelne Gruppe dokumentiert, beziehungsweise auch allfällige sonstige passierende Fahrzeuge (LKWs, Traktoren, etc.). Um diese Erfassung der Fahrzeuge



zu erleichtern, wurde eine Zählliste (Tabelle 4) erstellt, welche in die verschiedenen Fahrzeugtypen sowie zeitlich, in minutenweisen Abständen, unterteilt wurde. Dadurch kann auch bei der darauffolgenden Auswertung der aufgenommenen Messdaten effizienter vorgegangen werden. Mit Hilfe eines Seitenradars werden außerdem die registrierten gefahrenen Geschwindigkeiten zu den jeweiligen Fahrzeugen zugeordnet. Mitunter werden auch etwaige akustische Einflüsse aus der Umgebung, die das resultierende Messergebnis beeinflussen könnten, vermerkt. Da unter anderem auch die Meteorologie, Topografie sowie bauliche und natürliche Objekte im umliegenden Messgebiet durch Schallreflexionen oder -absorptionen Einfluss auf die Messung haben können, erfolgt eine schriftliche sowie bildliche Dokumentation der Umgebungsbedingungen.

**Tabelle 4: Auszug Zählliste**

Uhrzeit	Fahrzeugart						
	Enduro	Naked Bike	Chopper	Supersport	Tourenm.	PKW	Sonstiges
:01							
:02							
:03							
:XX							

## 3.2 Ausführung der Messungen

In den folgenden Unterkapiteln werden die durchgeführten Messungen mittels Bild und Text beschrieben sowie eventuell vorgefallene Störungen, Erkenntnisse und die Dokumentation der Umgebungsbedingungen. Es wird sowohl eine Geschwindigkeitsaufzeichnung als auch eine Aufnahme durch Kunstkopfmikrofone, nach dem in Kapitel 3.1 beschriebenen Schema, durchgeführt. Als Dokumentation der meteorologischen Bedingungen werden für alle Messorte die Messwerte der Wetterstation Deutschlandsberg herangezogen. Es ist jedoch möglich, dass die Wetteraufzeichnungen von Deutschlandsberg, aufgrund der Distanz von ca. 18,7 km Luftlinie [GIS Steiermark, 2019] und der vermehrten lokalen Regenschauer in den Sommermonaten, nicht identisch mit den tatsächlich vorherrschenden Wetterbedingungen an den Messorten sind. Allfällige wahrgenommene Abweichungen (vor allem in Bezug auf den Niederschlag) sind in den einzelnen Kapiteln vermerkt.

### 3.2.1 Erste Messung – Gerade mit geringer Steigung

Die erste Messung wurde am Samstag, dem 21.07.2018 durchgeführt, wobei als Messstandort eine Gerade mit einer geringen Steigung von ca. 3,3% gewählt wurde. Wie an Hand der Abbildung 23 und Abbildung 24 zu erkennen ist, befindet sich dieser Standpunkt an einer relativ weitläufigen Wiesenfläche, welche an der Hinterseite sowie an der gegenüberliegenden Straßenseite durch einen Wald begrenzt wird. Der erste Teil der Messung wurde von 09:20 Uhr bis 11:50 Uhr durchgeführt, womit die Messung ergo 2,5 Stunden dauerte. Die Kunstköpfe wurden in dieser ersten Messung mit einem Abstand von 7,50 m und 25 m zur Fahrstreifenmitte aufgestellt, außerdem wurde ein Seitenradar am Straßenrand platziert. Die genaue Aufstellung der Messgeräte und Dokumentation erfolgten laut den Kapiteln 3.1.8, 3.1.9 und 3.1.10. Während des ersten Teils der Messung wurden keine besonderen Vorfälle verzeichnet, welche die Messung beeinträchtigten. Beim zweiten Teil der Messung wurde lediglich der Kunstkopf 2 um 25 m nach hinten versetzt, somit wurde die Messung in einer Distanz von 7,50 m und 50 m zur Fahrstreifenmitte durchgeführt. Die zweite Messung wurde um 12:00 Uhr gestartet und musste aufgrund eines lokalen Regenschauers um 14:10 abgebrochen



werden, somit wurde eine Messdauer von 2:10 h erreicht. Beim gesamten Messdurchgang wurden insgesamt 231 Motorräder und 275 PKWs aufgezeichnet. Die meteorologischen Bedingungen erwiesen sich zu Anfang als relativ gut, ab 10 Uhr steigerte sich der Wind und ab 14 Uhr wurde es langsam bewölkt, bis es kurz darauf zu einem lokalen Regenschauer kam und die Messung abgebrochen werden musste. Somit konnte im zweiten Teil der Messung eine Messdauer von 2 Stunden und 10 Minuten erreicht werden. Die detaillierten meteorologischen Messwerte der Messstation Deutschlandsberg sind in der Tabelle 5 verzeichnet.

**Tabelle 5: Meteorologische Messwerte Messort 1, [Quelle: Kachelmann, 2019]**

Uhrzeit	Temp. [°C]	Windstärke [km/h]	Windrichtung [°]	Rel. Luftfeucht. [%]	Niederschlag [mm]
09:00	22	0	-	60	-
10:00	23	4	50	62	-
11:00	25	4	120	56	-
12:00	25	4	130	56	0
13:00	27	4	170	51	0
14:00	28	4	130	49	-



*Abbildung 24: 1. Messung: Gerade mit geringer Steigung*



Abbildung 25: 1. Messung: Anordnung der Messgeräte

### 3.2.2 Zweite Messung – Kurve mit geringer Steigung

Die zweite Messung wurde am Samstag, dem 28.07.2018 durchgeführt. Hier wurde als Messstandort eine Kurve mit geringer Steigung von ca. 0,3% gewählt. Wie anhand der Abbildung 26 sowie der Abbildung 27 gut ersichtlich ist, befindet sich dieser Standpunkt an einer Parkfläche, welche an der Hinterseite sowie an der gegenüberliegenden Straßenseite durch einen Wald begrenzt wird. Die Messung wurde um 10:10 Uhr gestartet und wurde um 12:00 Uhr aufgrund eines kurzen lokalen Regenschauers beendet, womit die Messung 1 Stunde und 50 Minuten dauerte. Die Kunstköpfe wurden in dieser ersten Messung in einem Abstand von 7,50 m und 25 m zur Fahrstreifenmitte aufgestellt, außerdem wurde ein Seitenradar am Straßenrand platziert. Die genaue Aufstellung der Messgeräte und Dokumentation erfolgten laut den Kapiteln 3.1.8, 3.1.9 und 3.1.10. Während des ersten Teils der Messung gab es keine besonderen Vorfälle. Beim zweiten Teil der Messung wurde lediglich der Kunstkopf 2 um 25 m nach hinten versetzt, somit wurde die Messung in einer Distanz von 7,50 m und 50 m durchgeführt. Die Messung wurde um 12:12 Uhr begonnen und wurde um 14:12 Uhr beendet. Über den gesamten Messzeitraum wurden 308 Motorräder und 413 PKWs aufgezeichnet. Es herrschte ein kurzzeitiger Niederschlag während der Messzeit (um ca. 12 Uhr) und schwacher Wind mit einer Stärke von max. 7 km/h vor. Die detaillierten meteorologischen Messwerte der Messstation Deutschlandsberg sind in der Tabelle 6 verzeichnet.

**Tabelle 6: Meteorologische Messwerte Messort 2 [Quelle: Kachelmann, 2019]**

Uhrzeit	Temp. [°C]	Windstärke [km/h]	Windrichtung [°]	Rel. Luftfeucht. [%]	Niederschlag [mm]
10:00	24	7	110	64	-
11:00	25	4	130	62	0
12:00	26	4	130	56	-
13:00	27	4	40	53	-
14:00	28	4	50	52	-





Abbildung 26: 2. Messung: Kurve mit geringer Steigung



Abbildung 27: 2. Messung: Anordnung der Messgeräte

### 3.2.3 Dritte Messung – Kurve mit signifikanter Steigung

Die dritte Messung wurde am Sonntag, dem 29.07.2018 durchgeführt. Hierbei wurde als Messstandort eine Kurve mit einer Steigung von ungefähr 9,6% gewählt. Genauso wie bei der zweiten Messung, befand sich der dritte Messstandort an einer Parkfläche, welche an der Hinterseite sowie an der gegenüber liegenden Seite durch einen Wald begrenzt ist. Die Messung wurde um 10:10 Uhr gestartet

und lief bis 12:10 Uhr, womit der erste Messdurchgang exakt 2 Stunden dauerte. Die Kunstköpfe wurden in dieser ersten Messung mit einem Abstand von 7,50 m und 25 m zur Fahrstreifenmitte aufgestellt, außerdem wurde ein Seitenradar am Straßenrand platziert. Die genaue Aufstellung der Messgeräte und Dokumentation erfolgten laut den Kapiteln 3.1.8, 3.1.9 und 3.1.10. Während des ersten Teils der Messung wurden keine besonderen Vorfälle verzeichnet. Beim zweiten Teil der Messung wurde lediglich der Kunstkopf 2 um 25 m nach hinten versetzt, sprich, die Messung wurde mit einer Distanz von 7,50 m und 50 m durchgeführt. Der zweite Messdurchgang wurde um 12:26 Uhr begonnen und um 13:47 Uhr aufgrund eines lokalen Regenschauers unterbrochen. Die Messung wurden kurze Zeit später nochmals gestartet, allerdings aufgrund eines erneuten Regenschauers, wenige Minuten später, beendet. Es wurde eine Messdauer von einer Stunde und 21 Minuten erreicht. Die detaillierten meteorologischen Messwerte der Messstation Deutschlandsberg sind in der Tabelle 7 aufgelistet, wobei der Regenschauer nicht darin nicht festgehalten wurde, da es sich um einen lokal begrenzten Regen handelte. Während des gesamten Messzeitraums wurden 397 Motorräder und 302 PKWs dokumentiert.

**Tabelle 7: Meteorologische Messwerte Messort 3 [Quelle: Kachelmann, 2019]**

Uhrzeit	Temp. [°C]	Windstärke [km/h]	Windrichtung [°]	Rel. Luftfeucht. [%]	Niederschlag [mm]
10:00	26	4	120	58	-
11:00	28	7	160	51	-
12:00	29	7	70	45	-
13:00	30	4	70	42	-
14:00	30	7	80	38	-



*Abbildung 28: 3. Messung: Anordnung der Messgeräte*





Abbildung 29: 3.Messung: Kurve mit signifikanter Steigung

### 3.2.4 Vierte Messung – Gerade mit signifikanter Steigung

Der vierte und letzte Messdurchgang fand am Sonntag, dem 05.08.2018 statt, hierbei wurde als Messstandort eine Gerade mit einer Steigung von ungefähr 8,6% gewählt. Der Messpunkt befand sich auf einem Schotterparkplatz, welcher sowohl an der Hinterseite als auch an der gegenüberliegenden Seite der Straße durch einen Wald begrenzt wurde. Die erste Messung wurde um 09:17 Uhr gestartet und lief bis 11:17 Uhr, womit die Messung exakt 2 Stunden dauerte. Die Kunstköpfe wurden in dieser ersten Messung mit einem Abstand von 7,50 m und 25 m zur Fahrstreifenmitte aufgestellt, außerdem wurde ein Seitenradar am Straßenrand platziert. Die genaue Aufstellung der Messgeräte und Dokumentation erfolgten laut den Kapiteln 3.1.8, 3.1.9 und 3.1.10. Während des ersten Teils der Messung gab es keine besonderen Vorfälle. Beim zweiten Teil der Messung wurde lediglich der Kunstkopf 2 um 25 m nach hinten versetzt, sprich, die Messung wurde in einer Distanz von 7,50 m und 50 m durchgeführt. Der zweite Messdurchgang wurde um 11:40 Uhr begonnen und wurde nach 2 Stunden und 20 Minuten, um 14:00 Uhr, beendet. In den 4 Stunden Gesamtmeszeitraum wurden 309 Motorräder und 319 PKWs aufgezeichnet. Die detaillierten meteorologischen Messwerte der Messstation Deutschlandsberg sind in der Tabelle 8 verzeichnet.

**Tabelle 8: Meteorologische Messwerte Messort 4 [Quelle: Kachelmann, 2019]**

Uhrzeit	Temp. [°C]	Windstärke [km/h]	Windrichtung [°]	Rel. Luftfeucht. [%]	Niederschlag [mm]
09:00	22	0	-	65	0
10:00	26	4	120	59	-
11:00	28	7	90	52	-
12:00	29	7	100	47	-
13:00	30	4	160	43	-
14:00	32	4	130	41	-



*Abbildung 30: 4.Messung: Gerade mit signifikanter Steigung*



*Abbildung 31: 4.Messung: Anordnung der Messgeräte*

### **3.3 Ermittlung des Belästigungspotentials auf Basis von Befragungen**

Im Anschluss an die durchgeführten Messungen wird das Belästigungspotential des vorherrschenden Verkehrslärms auf die Anrainer ermittelt. Geräusche werden, wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben wurde, von Mensch zu Mensch unterschiedlich wahrgenommen. Dabei kann ein Geräusch, welches von einem Menschen als Belästigung empfunden wird, wiederum für einen anderen Menschen keine Belästigung darstellen. Bei diesem subjektiven Empfinden spielen eine Vielzahl von Faktoren eine Rolle. Diese Faktoren können zum Beispiel die persönliche Wahrnehmung, die Art der Lärmquelle

selbst (ob es sich z.B. um Verkehrslärm oder Musik handelt), emotionale Beziehung zur Lärmquelle (z.B. Nachbarschaftslärm) o. Ä. sein. Durch diese subjektive Wahrnehmung von Lärm kann die Bewertung des Belästigungspotentials zwischen den einzelnen Individuen stark abweichen. Beispielsweise wird ein Motorradfahrer das Geräusch von Motorrädern vermutlich anders bewerten als jemand, der eine Abneigung gegen Motorräder empfindet. Um die tatsächliche Lärmbelästigung auf den Menschen zu ermitteln, ist die reine Beurteilung durch Verkehrslärmmessungen unzureichend. Als unterstützende Maßnahme sind stichprobenartige Befragungen der Anrainer eine gute Methode, um das Belästigungspotential zu ermitteln. Die Befragungen können dabei entweder mündlich, schriftlich, oder als eine Kombination von beidem erfolgen.

- Mündlich

Die mündliche Befragung kann telefonisch oder persönlich erfolgen. Bei der telefonischen Befragung liegt, laut Erfahrungswerten, ein erhöhtes Risiko vor, dass die Teilnehmer sich von vornherein nicht auf eine Befragung einlassen. Der Vorteil an dieser Methode ist, dass eine hohe Teilnehmeranzahl in relativ kurzer Zeit kontaktiert werden kann. Bei der persönlichen Befragung wird, im Vergleich zu den unpersönlichen Methoden, mehr Zeit in Anspruch genommen, da diese Art von Befragung meist von Tür zu Tür oder im öffentlichen Raum erfolgt. Der Vorteil bei den mündlichen und vor allem bei den persönlichen Befragungen liegt darin, dass oft Zusatzinformationen und Hintergrundwissen der Befragten in Bezug auf die betreffende Thematik erlangt werden können. Die mündlichen Befragungen können dabei als Interview oder mit Hilfe eines Fragebogens durchgeführt werden

- Schriftlich

Die schriftliche Befragung wird mittels eines Fragebogens durchgeführt. Dieser kann entweder per Post, E-Mail oder persönlich übermittelt werden. Diese Art von Befragung verlangt nach einer Retournierung der kontaktierten Personen. Durch diesen Mehraufwand der Befragten wird die Stichprobenanzahl meist stark geschmälert. Als vereinfachte Alternative dazu gibt es die Möglichkeit eines Online-Fragebogens. Dieser wird über einen Link erreicht und nach Beantwortung der Fragen automatisch übermittelt. Der Vorteil der schriftlichen Befragung liegt darin, dass eine große Anzahl an Personen innerhalb von kurzer Zeit erreicht werden kann. Wie viele der Befragten auf den Fragebogen antworten, bzw. ob die Fragen für alle Personen klar verständlich sind, ist bei dieser Methode ungewiss.

- Kombination

Bei der Kombination aus mündlicher und schriftlicher Erhebungsmethode wird während der mündlichen Befragung ein vordefinierter Fragebogen zur Hilfe genommen, welcher durch persönliche Assistenz des Fragenden im Zuge eines mündlichen Gesprächs ausgefüllt wird. Dadurch werden von jedem Teilnehmer die Antworten auf dieselben Fragen erhalten und zusätzlich bleibt der Charakter einer persönlichen Befragung vorhanden.

Fragebögen können dabei sowohl aus Multiple- oder Single-Choice Fragen, numerischen Bewertungsskalen, als auch aus frei zu beantwortenden Fragen bzw. einer Kombination daraus bestehen. Der Vorteil von nicht frei zu beantwortenden Fragen liegt darin, dass sie statistisch einfacher ausgewertet werden können, da sich die Antwortmöglichkeiten der befragten Personen auf eine limitierte Anzahl beschränken. Hingegen können durch frei zu beantwortenden Fragen oft neue Aspekte und persönliche Meinungen zur Thematik erlangt werden. Numerischen Bewertungsskalen (z.B. von 0 bis 10) bergen die Gefahr, dass sich die Antworten eher im mittleren Bereich bewegen, allerdings lassen sich bei der Auswahl von sehr hohen oder sehr niedrigen Zahlen eindeutige Tendenzen erkennen.



In dieser Masterarbeit erfolgen die Befragungen teils persönlich vor Ort mit Hilfe eines Fragebogens und teils über einen anonymen Online-Fragebogen, um ein möglichst großes Spektrum an unterschiedlichen Meinungen bezüglich der Thematik von Belästigung durch Verkehrs- bzw. Motorradlärms zu erlangen. In den folgenden Unterkapiteln werden sowohl der Fragebogen als auch die beiden Befragungsarten genauer beschrieben.

[WPGS, 2019]

### **3.3.1 Fragebogen allgemein**

Der folgende Fragebogen (Abbildung 33) soll dazu dienen, das Ausmaß der Belästigungswirkung des Verkehrslärms auf die Anrainer, welche möglichst nahe an der Südsteirischen Grenzstraße B69 wohnen, zu ermitteln. Dabei wird das Augenmerk auf den gesamten Verkehrslärm und nicht nur auf den Motorradlärm gelegt, um die Meinung der Probanden nicht vorab zu beeinflussen. Der erste Teil des Fragebogens dient zur grundlegenden Erfassung der Verteilung der teilnehmenden Probanden hinsichtlich ihres Alters, Geschlechts, Ausbildungs- sowie Berufsstandes. Mittels des Fragebogens wird zuerst die vorherrschende Störung des Verkehrslärms auf die Anrainer durch eine numerische Skala ermittelt und welche Art des Verkehrslärms als störendste Art empfunden wird. Dabei wird zwischen PKW-, Motorrad-, LKW-, sowie sonstigem Lärm unterschieden, wobei eine Mehrfachauswahl zulässig ist. Da Lärm auf den Menschen sowohl gesundheitliche als auch psychische Auswirkungen haben kann (vgl. Kapitel 2.2.9 und 2.2.10), wird die Frage behandelt, ob der Verkehrslärm die Probanden in ihrem täglichen Leben, gesundheitlich oder psychisch beeinträchtigt und wie sich diese Beeinträchtigung äußert. Die Frage nach einer Beeinträchtigung im täglichen Leben durch den Verkehrslärm kann von den Probanden frei beantwortet werden, ohne vordefinierte Antwortmöglichkeiten. Lediglich als Beispiele für mögliche Beeinträchtigungsarten wurden die Möglichkeiten Schlaf, Arbeit sowie Konzentrationsfähigkeit aufgelistet.

Die finalen Fragen betreffen mögliche Maßnahmen, welche gegen den derzeitigen Verkehrslärm durchgeführt werden könnten. Dabei wurde ermittelt, ob und welche Maßnahmen (in Bezug auf bauliche und verkehrspolitische Maßnahmen) in Betracht gezogen werden. Als mögliche Maßnahmen wurden folgende Alternativen zur Multiple-Choice Auswahl definiert:


- Geschwindigkeitsbegrenzungen
- Bauliche Maßnahmen am Schallausbreitungsweg
- Bauliche Maßnahmen am Ort der Einwirkung
- Bußgelder aufgrund übertreten der zulässigen Dezibel Grenze
- Zeitliche Straßensperren
- Sonstige Maßnahmen

Dabei besteht die Möglichkeit von frei zu beantwortenden Maßnahmen, im Rahmen des Punktes „Sonstige Maßnahmen“, um mögliche Maßnahmen in Erfahrung zu bringen, welche in den vordefinierten Antwortmöglichkeiten nicht enthalten sind. In den Kapiteln 3.3.2 und 3.3.3 werden die angewandten Arten der Befragungen beschrieben.



Fragebogen zur Masterarbeit: <i>Psychoakustische Auswirkungen von Motorradlärm</i>		Datum: Ort: Soboth	
1. Geschlecht: <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich		2. Alter:	
		3. Ausbildung:	4. Beruf:
5. Wie störend empfinden Sie generell den Verkehrslärm hier?			
0 = überhaupt nicht      0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10      10 = besonders stark <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
6. Werden Sie vom Verkehrslärm in Ihrem täglichen Leben beeinträchtigt? (Schlaf, Arbeit, Konzentrationsfähigkeit, ect.)			
<input type="checkbox"/> nicht beeinträchtigt <input type="checkbox"/> mittelmäßig <input type="checkbox"/> sehr beeinträchtigt			
7. Um welche Art von Beeinträchtigung handelt es sich dabei?			
8. Wie stark würden Sie diese Beeinträchtigung bewerten?			
0 = überhaupt nicht      0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10      10 = besonders stark <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
9. Welche Art von Verkehrsgeräusch stört Sie am meisten? (Zutreffendes ankreuzen)			
Geräusche von: <input type="checkbox"/> Autos <input type="checkbox"/> Motorräder <input type="checkbox"/> LKW <input type="checkbox"/> Alle gleich <input type="checkbox"/> Sonstiges:			
10. Wie lange sind Sie täglich Verkehrslärm ausgesetzt? (In Stunden)			
11. Denken Sie, dass der Verkehrslärm Sie auf Dauer gesundheitlich/psychisch beeinträchtigen könnte			
12. Leiden Sie, soweit sie wissen, bereits unter Beeinträchtigungen aufgrund des Verkehrslärms?			
<input type="checkbox"/> trifft nicht zu <input type="checkbox"/> trifft eher zu <input type="checkbox"/> trifft sehr zu			
Wenn ja, um welche Beeinträchtigungen handelt es sich dabei:			

Abbildung 32: Fragebogen Seite 1



The image shows a survey form page with two questions. At the top left is the logo for 'ISV Institut für Straßen- und Verkehrswesen'. At the top right is the logo for 'TU Graz Graz University of Technology'. Question 13 asks if measures against traffic noise should be taken, with options 'Ja', 'Nein', and 'Ich weiß nicht'. Question 14 asks for types of noise-reducing measures, with multiple-choice options including speed limits, sound barriers, soundproofing, fines, and temporary road closures. A dotted line indicates a space for other measures.

**ISV** Institut für Straßen- und Verkehrswesen

**TU Graz**  
Graz University of Technology

13. Sollten Ihrer Meinung nach Maßnahmen gegen den vorherrschenden Verkehrslärm vorgenommen werden?

Ja  Nein  Ich weiß nicht

14. Welche Art von lärmindernden Maßnahmen wären Ihrer Meinung nach angemessen? (Mehrfachauswahl möglich)

Geschwindigkeitsbegrenzungen

Bauliche Maßnahmen am Schallausbreitungsweg (z.B. in Straßennähe in Form von Schallschutzwänden)

Bauliche Maßnahmen am Ort der Einwirkung (z.B. an Gebäuden in Form von Schallschutzfenstern)

Bußgelder aufgrund übertreten der zulässigen Dezibel Grenze

Zeitliche Straßensperren (z.B. von 22-6 Uhr kein Fahren mit Motorrädern erlaubt)

Sonstige Maßnahmen:

.....

Abbildung 33: Fragebogen Seite 2

### 3.3.2 Persönliche Befragung

Die persönliche Befragung erfolgt über ein von Tür zu Tür Schema und wird mündlich mit Hilfe des vordefinierten Fragebogens (vgl. Abbildung 32 und Abbildung 33) durchgeführt. Bei der Auswahl der Probanden ist die Lage der Häuser von großer Relevanz, da vorrangig das Belästigungspotential der unmittelbaren Anrainer zur Hauptstraße B69 eruiert werden soll. Die mündliche Befragung bietet den Vorteil, dass etwaige Zusatzinformationen von den Anrainern preisgegeben werden und es somit möglich ist, einen besseren Einblick in die Problematik zu gewinnen.

Durch die persönlichen Befragungen konnten die Meinungen von 25 Probanden innerhalb des Befragungsgebietes, welches sich über die Messstandorte 1-4 erstreckt, eingeholt werden. Die gesammelten Antworten zur persönlichen Befragung befinden sich im Anhang [16].

### 3.3.3 Online-Fragebogen

Als zusätzliche Befragung, um eine möglichst hohe Anzahl an Stichproben zu erlangen, wird eine anonyme Online Befragung durchgeführt. Hierbei werden speziell die Bewohner der Gemeinde

Lavamünd angesprochen, da im Gemeindeblatt Lavamünd, Ausgabe April 2019, der Link zur Website mit der Befragung, inklusive Beschreibung der Problematik, veröffentlicht wurde. Hier wurden die Kernfragen des vordefinierten Fragebogens übernommen, welcher durch Fragen zum Wohngebiet, sowie der geschätzten Distanz zur Hauptstraße, adaptiert wurde. Insgesamt konnten durch die Online Befragung 16 Personen zu der Thematik befragt werden. Die gesammelten Antworten zu den Online-Befragungen befinden sich im Anhang [16].

## 4 Statistische Analyse der Messdaten

Im Anschluss an die Messungen des Verkehrslärms der vier Messorte, werden die Kunstkopfaufnahmen auf möglichst störfreie Aufnahmen von Einzelfahrzeugen durchgehört. Dies wird mit Hilfe der Software zur Bearbeitung von mehrkanaligen Schall- und Schwingungsanalysen, ArtemiS SUITE von HEAD acoustics, und den händischen Aufzeichnungen während der Messung durchgeführt. Dadurch können die Einzelfahrzeuge im Anschluss ausgewertet und möglichst gut verglichen werden. Um die Einzelfahrzeuge am aussagekräftigsten miteinander vergleichen zu können, werden alle Fahrzeuge auf dieselbe Dauer zugeschnitten. Dabei wurde das Fahrzeug mit der kürzesten hörbaren Dauer ausgewählt, welche von Beginn bis zum Ende der Aufnahme 15 Sekunden beträgt. Danach werden alle Aufzeichnungen der Einzelfahrzeuge auf diese Dauer angepasst und somit von jedem Fahrzeug 15 Sekunden ausgeschnitten. Es werden ca. 7,5 Sekunden jeweils vor und nach dem Spitzenwert gewählt, damit der Maximalschalldruckpegel von jedem Einzelfahrzeug bei 7,5 Sekunden liegt. Insgesamt konnten dabei von allen Aufnahmen der 4 Messorte 107 Einzelfahrzeuge aus den Rohdateien ausgeschnitten werden, wobei die Anzahl zwischen den einzelnen Messorten variiert. Dies resultiert daraus, da die Gegebenheiten an allen Messorten voneinander abweichen und somit nicht immer die gleiche Anzahl an unbeeinflussten Messungen der Einzelfahrzeuge vorhanden ist.

Im Anschluss werden die Rohdaten der Einzel- sowie der Gesamtmessungen auf die Parameter SPL(A), SPL(C), Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke mittels dem Programm ArtemiS SUITE umgelegt. Darauf folgend werden die Daten mit Hilfe des Statistik Programms R-Project, durch statistische Analysen, ausgewertet. Die durchgeführten Analysen sowie die Ergebnisse dazu werden in den folgenden Kapiteln 4.1 bis 4.3 beschrieben. In den folgenden Kapiteln wird oft auf die Signifikanzniveaus der einzelnen Analysen hingewiesen, welche durch ihre Symbolik auf das Signifikanzniveau der verglichenen Werte schließen lassen. Diese reichen dabei von den Symbolen ‘’, welches als „Keine Signifikanz“ interpretiert werden kann, bis ‘\*\*\*\*’, welches das höchste Signifikanzniveau beschreibt (vgl. Tabelle 9). Liegt der p-Wert unter 5%, also unter dem Wert 0,05, gilt er als signifikant. Die farbliche Gestaltung der p-Werte in den Tabellen von Kapitel 4.1.1 und 4.1.2 stellt die Stärke der Signifikanz in den jeweiligen Tabelle grafisch dar (vgl. Tabelle 9).

**Tabelle 9: Signifikanzniveaus p-Wert**

Symbolik	p-Wert
***	0 - <0,001
**	0,001 - <0,01
*	0,01 - <0,05
.	0,05 - <0,1
	0,1 - 1

Bei den Vergleichen wird das 5% Perzentil als Minimalwert und das 95% Perzentil als Maximalwert herangezogen, da somit Ausreißer und allfällige Störungen sowie Ungenauigkeiten der Messung weitestgehend ausgeschlossen werden können. Das 5% Perzentil wird in dieser Arbeit auch als 5. Perzentil bezeichnet, bzw. (vor allem bei Bild- und Tabellenbeschriftungen) mit dem Kürzel P5 betitelt. Auch das 95% Perzentil wird in weiterer Folge oft als 95% Perzentil bezeichnet oder mit der Bezeichnung P95 abgekürzt.

## 4.1 Analysen der Gesamtmessung

In diesem Kapitel werden die ermittelten Werte der Gesamtmessungen aller Messorte miteinander verglichen und analysiert. Dabei werden zuerst Analysen der gemessenen Fahrzeuggeschwindigkeiten und im Anschluss Vergleiche der akustischen sowie psychoakustischen Messwerte durchgeführt. Die genauen Daten der Gesamtmessung befinden sich im Anhang [1] und Anhang [2].

**Tabelle 10: Allgemeine Daten Gesamtmessung**

Messort	Steigung [%]	Radius [m]
Gerade ohne Steigung	3,3	-
Kurve ohne Steigung	0,3	130
Kurve mit Steigung	9,6	125
Gerade mit Steigung	8,6	600

### 4.1.1 Geschwindigkeitsvergleich aller Messorte

Zu Beginn werden alle ermittelten Geschwindigkeiten der 4 Messorte miteinander verglichen, um einen ersten Eindruck über die jeweiligen Verteilungen der unterschiedlichen Fahrzeugtypen zu erlangen. Dabei werden die Gesamtmessungen an die Dauer der am kürzesten andauernden Gesamtmessung (Teil 2 der Gesamtmessung 2) angepasst und darauffolgend auf 81,31 Minuten gekürzt. Die Messungen werden gekürzt, um eine optimierte Vergleichbarkeit und weitestgehend idente Eingangsbedingungen zu schaffen. Da jede Gesamtmessung aus zwei Teilen besteht, wird bei der Messdistanz von 7,50 m eine Messdauer von 162,62 Minuten betrachtet (die beiden Teile je Gesamtmessung werden aneinandergesetzt).

Werden die Durchschnittsgeschwindigkeiten der gesammelten Motorräder betrachtet und mit denen aller PKWs der unterschiedlichen Messorte verglichen, wie in Abbildung 34 zu sehen, herrscht die geringste Differenz des Medians zwischen Motorrädern und PKWs an Messort 3 vor, diese beträgt hier 4 km/h. Die höchsten Geschwindigkeiten werden sowohl bei der Gruppe der Motorräder als auch bei den PKWs an Messort 1, der Geraden ohne Steigung, gefahren. An 2. Stelle folgt die Gerade mit Steigung, danach die Kurve ohne Steigung und die geringsten Geschwindigkeiten wurden an der Kurve mit Steigung gemessen. Diese Reihenfolge der Messorte kann durch die nachfolgende Varianzanalyse in Kapitel 4.1.2 erklärt werden, da Geschwindigkeit, Steigung und Kurvigkeit laut dieser einen hoch signifikanten Einfluss auf die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge besitzen.

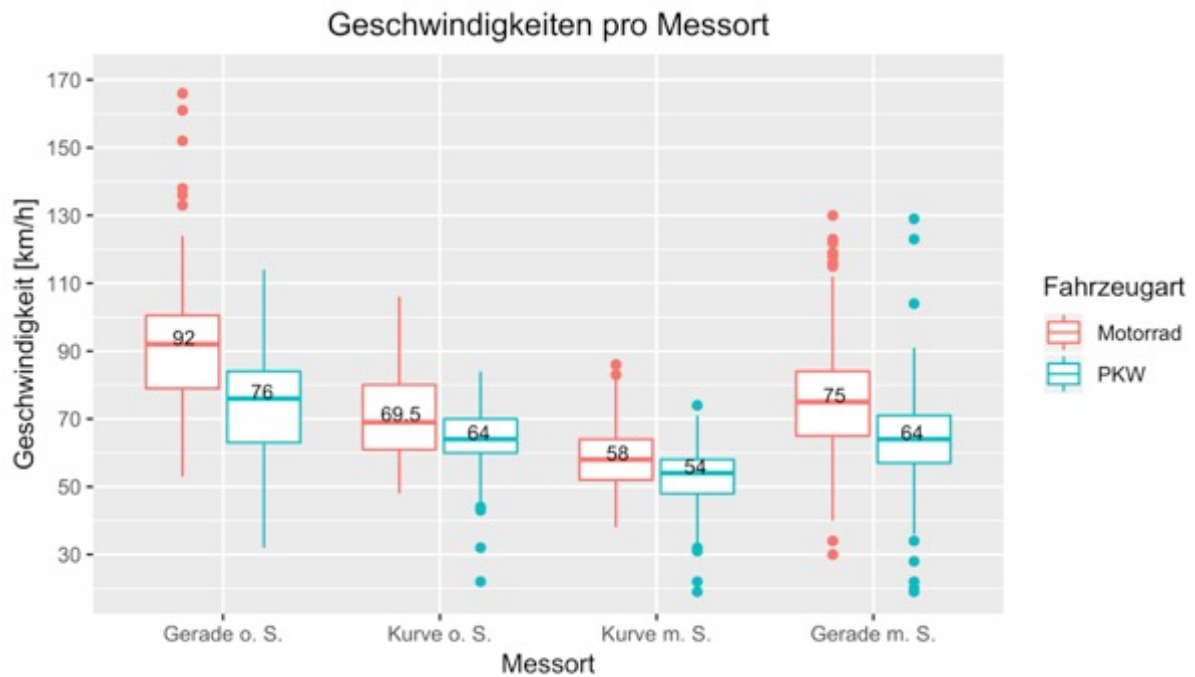


Abbildung 34: Geschwindigkeiten Motorrad vs. PKW

Tabelle 11: Allgemeine Daten gekürzte Gesamtmessungen

Messung Nr.	Messort	Anzahl Motorr.	Ø Geschwindigkeiten Motorr.	Anzahl PKW	Ø Geschwindigkeiten PKW
1	Gerade o. S.	155	92	212	74
2	Kurve o. S.	232	69.5	300	64
3	Kurve m. S.	283	58	245	53.5
4	Gerade m. S.	247	74	279	64.5
Anzahl Motorradart pro Messort					
Messung Nr.	Chopper	Enduro	Naked Bike	Supersport	Tourenmotorrad
1	12	4	42	40	57
2	18	11	59	43	101
3	37	6	75	39	126
4	13	4	54	56	120

#### 4.1.2 Analysen der Geschwindigkeiten

In diesem Kapitel werden vorerst die Fahrzeuggeschwindigkeiten der einzelnen Messorte, bezogen auf die unterschiedlichen Fahrzeugtypen, analysiert. Hierbei soll festgestellt werden, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrzeugtypen vorhanden ist und bei welchen Fahrzeugen im Durchschnitt die höchsten Geschwindigkeiten gemessen wurden. Außerdem wird mittels einer Varianzanalyse die

Signifikanz unterschiedlicher Parameter der Messorte auf die ermittelten Geschwindigkeiten überprüft. Dabei ist deutlich zu erkennen, wie in Tabelle 12 zu sehen ist, dass sowohl die Fahrzeugart, der Kurvenradius, die Steigung als auch der Messort selbst einen signifikanten Einfluss auf die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge haben. Diese ermittelten Zusammenhänge sind als Grundvoraussetzung zur Interpretation und zum Verständnis der Ergebnisse der weiterführenden Analysen von großer Wichtigkeit.

**Tabelle 12: Varianzanalyse Gesamtmessung Geschwindigkeiten**

	p-Wert	Signifikanz
Fahrzeugart	<2e-16	***
Kurvenradius	<2e-16	***
Steigung	<2e-16	***
Messort	<2e-16	***
Signifikanzniveaus: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 '' 1		

### 4.1.3 Geschwindigkeiten Messort 1 – Gerade ohne Steigung

Im Boxplot Abbildung 35 sind alle gemessenen Geschwindigkeiten des Messortes 1 (in beide Fahrtrichtungen), bezogen auf den Fahrzeugtyp, dargestellt. Dafür werden die ungekürzten Gesamtmessungen herangezogen, um das größtmögliche Stichprobenpotenzial auszunutzen. Durch einen Vergleich der Werte des Medians der unterschiedlichen Fahrzeugtypen, lässt sich bereits die Tendenz erkennen, dass Chopper und PKWs langsamer als die restlichen Fahrzeuge unterwegs sind und die Supersport Motorräder sowie die Enduros durchschnittlich die höchsten Geschwindigkeiten aufweisen. Allfällige signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen wurden mit Hilfe einer Kruskal-Wallis Analyse in der Tabelle 13 und Tabelle 14 ermittelt.



Abbildung 35: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 1

In der Tabelle 13 werden die Geschwindigkeiten, bezogen auf die einzelnen Fahrzeugarten des Messortes 1, veranschaulicht. Hierbei wird mit der Kruskal-Wallis Analyse getestet, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten und ihren Geschwindigkeiten vorherrscht. Wie anhand des p-Wertes zu erkennen ist, ist die Signifikanz bei dieser Analyse sehr hoch, was bedeutet, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugen, bezüglich ihrer Geschwindigkeit, signifikant ist.

**Tabelle 13: Geschwindigkeiten Messort 1**

Fahrzeugart	Anzahl	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	24	81,8	16,5	78	16,5	<2,20E-16
Enduro	8	95	9,67	95	9,25	
Naked Bike	92	95,2	18,5	94,5	18,5	
PKW	389	79,4	14,1	81	16	
Supersport	67	102	20,4	100	18	
Tourenmotorrad	113	95,8	16,5	94	17	

Um zu erkennen, zwischen welchen Fahrzeugtypen diese signifikanten Unterschiede der Geschwindigkeiten vorherrschen, wurde ein paarweiser Wilcoxon Test durchgeführt. Alle Werte der Tabelle 14, welche unter dem Bereich von 5% (0,05) liegen, sind signifikant und es liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen den jeweiligen Fahrzeugarten vor.

**Tabelle 14: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 1**

Fahrzeugart	Chopper	Enduro	Naked Bike	PKW	Supersport
Enduro	0,0245	-	-	-	-
Naked Bike	0,0061	0,4887	-	-	-
PKW	0,5419	0,0017	4,50E-12	-	-
Supersport	0,0017	0,8111	0,1034	6,70E-12	-
Tourenmotorrad	0,0024	0,6781	0,5487	7,80E-15	0,4515

#### 4.1.4 Geschwindigkeiten Messort 2 – Kurve ohne Steigung

Auch an Messort 2 wurden bei der Gruppe der Superport Motorräder sowie bei den Enduros durchschnittlich die höchsten Geschwindigkeiten gemessen. Chopper sowie PKWs weisen an der Kurve ohne Steigung im Median die geringsten Geschwindigkeiten auf.



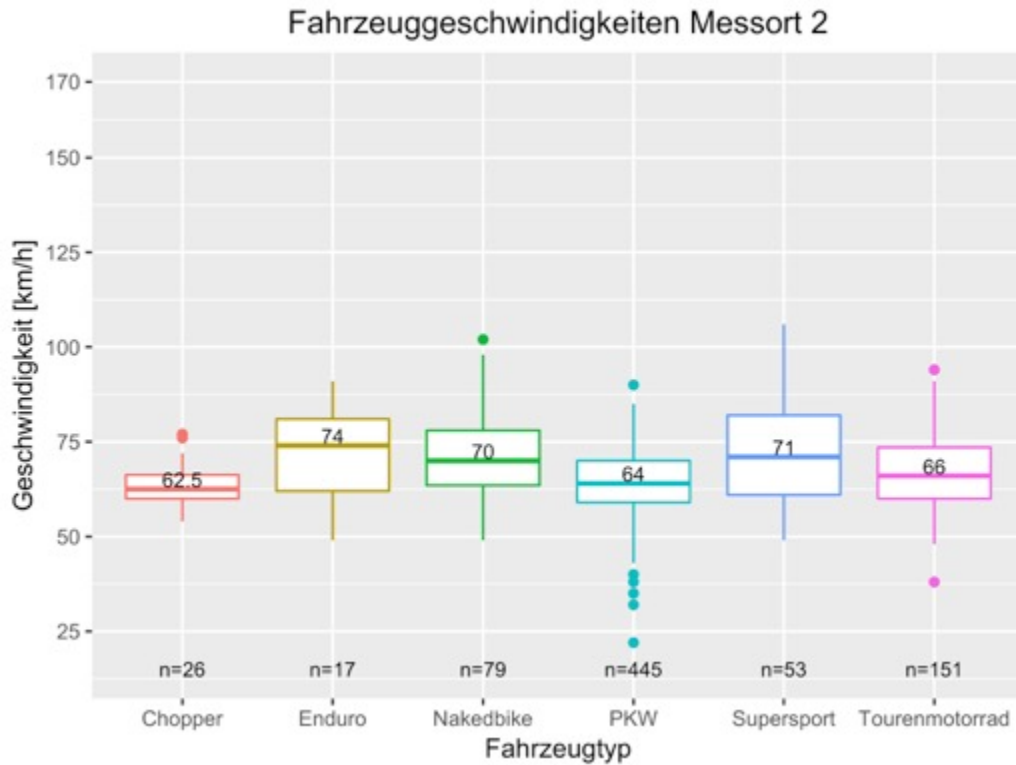


Abbildung 36: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 2

In der Tabelle 15 werden die Geschwindigkeiten, bezogen auf die unterschiedlichen Fahrzeugtypen, gemittelt und durch die Kruskal-Wallis Analyse ein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrzeugtypen festgestellt.

**Tabelle 15: Geschwindigkeiten Messort 2**

Fahrzeugart	Anzahl	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	26	63,6	6,57	62,5	6,25	1,36E-10
Enduro	17	71,5	12,2	74	19	
Naked Bike	79	71,5	11,3	70	14,5	
PKW	445	63,7	9,31	64	11	
Supersport	53	73,6	14,4	71	21	
Tourenmotorrad	151	67	9,66	66	13,5	

Um zu erkennen, zwischen welchen Fahrzeugtypen die Unterschiede der Geschwindigkeiten signifikant sind, wurde ein paarweiser Wilcoxon Test durchgeführt. Hierbei sind alle Werte der Tabelle 16 welche unter dem Bereich von 5% liegen, signifikant.

**Tabelle 16: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 2**

Fahrzeugart	Chopper	Enduro	Naked Bike	PKW	Supersport
Enduro	0,21122	-	-	-	-
Naked Bike	0,00501	0,59243	-	-	-
PKW	0,79007	0,09254	2,20E-10	-	-
Supersport	0,00096	0,29908	0,61029	4,60E-15	-
Tourenmotorrad	0,00501	0,61029	0,29908	< 2e-16	0,0693

#### 4.1.5 Geschwindigkeiten Messort 3 – Kurve mit Steigung

An Messort 3 wurden sowohl Enduros als auch Supersport Motorräder mit den höchsten Geschwindigkeiten, in Bezug auf den Median, gemessen. PKWs sowie die Gruppe der Chopper weisen hier die geringsten Geschwindigkeiten im Median auf. Durch den starken Einfluss der Kurvigkeit auf die gefahrenen Geschwindigkeiten, liegen die Werte der Geschwindigkeiten hier deutlich niedriger als an Messort 1.

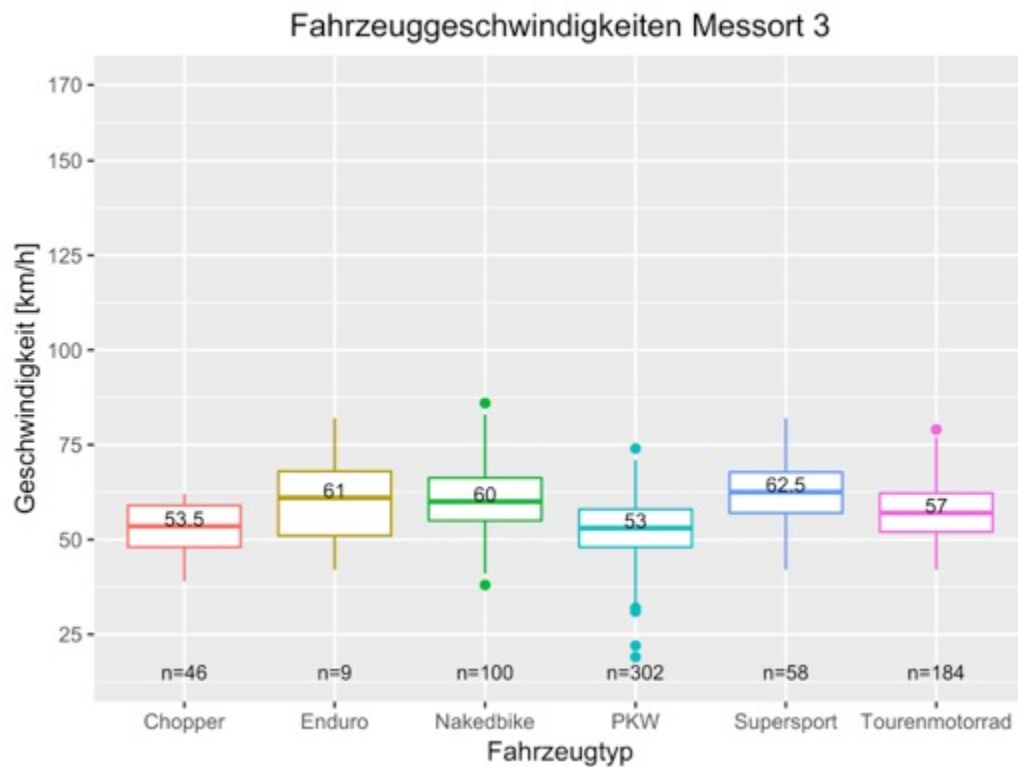


Abbildung 37: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 3

In der Tabelle 17 werden die Geschwindigkeiten, bezogen auf die unterschiedlichen Fahrzeugtypen, durch die Kruskal-Wallis Analyse gemittelt und auf ihre Signifikanz überprüft. Dabei wird ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen festgestellt.

**Tabelle 17: Geschwindigkeiten Messort 3**

Fahrzeugart	Anzahl	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	46	53	6,28	53,5	11	<2,20E-16
Enduro	9	61,2	13	61	17	
Naked Bike	100	61,4	9,47	60	11,2	
PKW	302	52,6	8,16	53	10	
Supersport	58	62,8	8,99	62,5	10,8	
Tourenmotorrad	184	57,9	7,29	57	10,2	

Um zu erkennen zwischen welchen Fahrzeugtypen ein signifikanter Unterschied der Geschwindigkeiten vorherrscht, wird ein paarweiser Wilcoxon Test durchgeführt. Alle Werte der Tabelle 18, welche unter dem Bereich von 5% liegen, können als signifikant eingestuft werden.

**Tabelle 18: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 3**

Fahrzeugart	Chopper	Enduro	Naked Bike	PKW	Supersport
Enduro	0,08797	-	-	-	-
Naked Bike	7,30E-07	0,93851	-	-	-
PKW	0,84918	0,07294	1,60E-13	-	-
Supersport	1,70E-07	0,80676	0,40468	2,50E-12	-
Tourenmotorrad	0,00075	0,56687	0,002	1,50E-09	0,00024

#### 4.1.6 Geschwindigkeiten Messort 4 – Gerade mit Steigung

An Messort 4 wurden in der Gruppe der Naked Bikes und Supersport Motorräder durchschnittlich die höchsten Geschwindigkeiten ermittelt. Die Geschwindigkeiten der PKWs sowie der Chopper liegen im Median deutlich unter den Werten der zu vergleichenden Motorrädern.

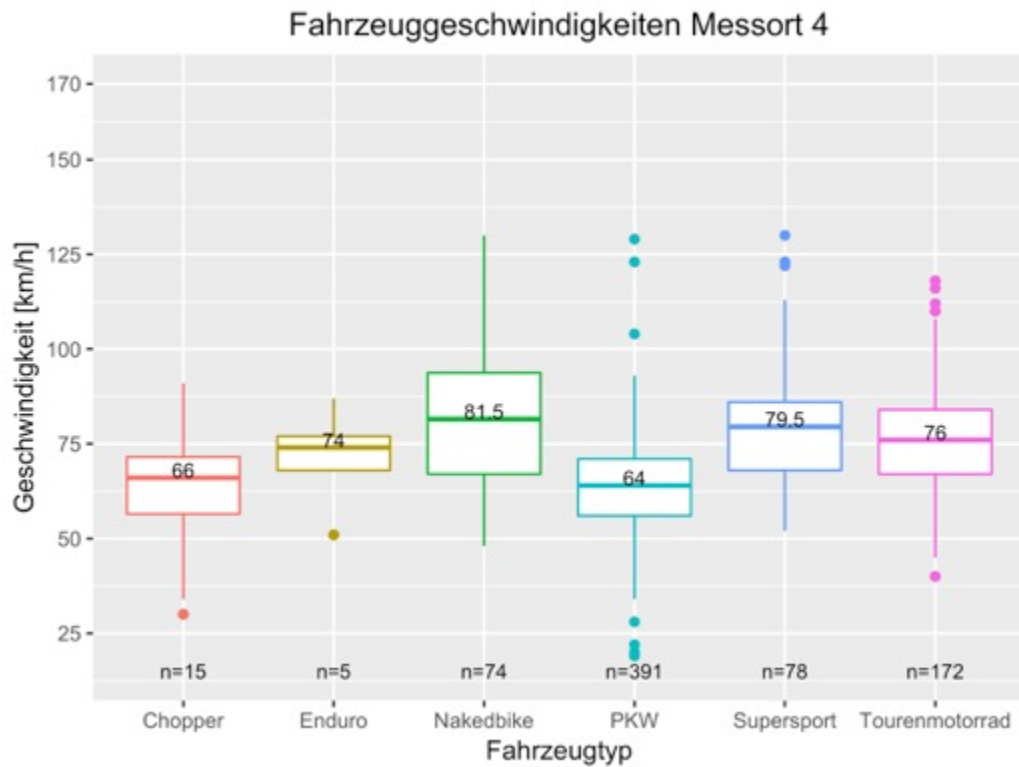


Abbildung 38: Fahrzeuggeschwindigkeiten Messort 4

Durch die Kruskal-Wallis Analyse konnte zwischen den mittleren Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugtypen ein hoch signifikanter Unterschied analysiert werden. Die genauen Ergebnisse sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Geschwindigkeiten Messort 4

Fahrzeugart	Anzahl	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	20	62,8	15,5	61,5	15	<2,20E-16
Enduro	8	71,5	10,5	71,5	9,25	
Naked Bike	88	78,4	19,1	74,5	28	
PKW	483	64	12,5	64	15	
Supersport	87	79,5	17	79	19	
Tourenmotorrad	204	74,6	14,4	75	18	

Um zu erkennen, welche einzelnen Fahrzeugtypen sich am stärksten untereinander unterscheiden, wird in Tabelle 20 ein paarweiser Wilcoxon Test durchgeführt. Hierbei weisen alle Werte, welche unter dem Bereich von 5% liegen, einen signifikanten Unterschied auf.

**Tabelle 20: Paarweiser Vergleich Geschwindigkeiten Messort 4**

Fahrzeugart	Chopper	Enduro	Naked Bike	PKW	Supersport
Enduro	0,449	-	-	-	-
Naked Bike	0,016	0,449	-	-	-
PKW	0,993	0,363	2,90E-10	-	-
Supersport	0,016	0,449	0,667	2,10E-10	-
Tourenmotorrad	0,026	0,609	0,154	5,00E-15	0,363

#### 4.1.7 Akustische und psychoakustische Messgrößen der Gesamtmessungen

Um zu erkennen, ob zwischen den Gesamtmessungen an den vier Messorten ein signifikanter Unterschied bezüglich der gemessenen akustischen sowie psychoakustischen Werte vorliegt, werden vorerst mittels Kruskal-Wallis Analyse die Signifikanzniveaus der Einflüsse von Motorrad- und PKW-Anzahl, der Eigenschaften vom Messort selbst und der durchschnittlichen Geschwindigkeiten der Motorräder und PKWs auf die akustischen und psychoakustischen Messwerte getestet. Dabei wird der Mittelwert, der Median, das 95. Perzentil, das 5. Perzentil sowie die Differenz vom 95. zum 5. Perzentil der Gesamtmessungen herangezogen. Das 95. Perzentil wird dabei quasi als Höchstwert herangezogen, da der echte Maximalwert fehlerbehaftet und durch Umgebungsgeräusche und Ausreißer beeinflusst sein kann. Daher ist das 95. Perzentil aussagekräftiger als das Maximum der jeweiligen Messung. Dasselbe gilt für das 5. Perzentil, welches als repräsentativer Minimalwert herangezogen wird. Es wird bei allen Messungen ein Ausschnitt von 81,31 Minuten (für jeden Messort in Summe 162,62 Minuten bei einem Messabstand von 7,50 m) zur Analyse herangezogen, da die kürzeste Aufnahme der Gesamtmessungen exakt diese Dauer beträgt. Somit kann eine bessere Vergleichbarkeit durch ähnliche Bedingungen geschaffen werden. Bei den Analysen wird schnell deutlich, dass die Vergleiche von Messort zu Messort keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Allerdings bezieht sich die Stichprobengröße der Einzelmessungen auf nur 4 Messorte, wodurch ein nahezu perfekter Fit vorherrscht, dadurch ist eine statistische Prüfung dieser Art allein, ohne Betrachtung der Messergebnisse, unzureichend. Folge dessen werden in diesem Kapitel die einzelnen Messergebnisse betrachtet und bewertet. Es werden der Median, das 95. sowie 5. Perzentil und die Differenz vom 95. zum 5. Perzentil der jeweiligen akustischen und psychoakustischen Messgrößen bewertet, dabei werden auch die Anzahl der dokumentierten PKWs und Motorräder, sowie deren Durchschnittsgeschwindigkeiten (siehe Tabelle 11) berücksichtigt. Die gesammelten Ergebnisse der Gesamtmessungen befinden sich im Anhang [4]-[15].

##### 4.1.7.1 A-bewerteter Schalldruckpegel

Bei der Betrachtung des SPL(A) der Gesamtmessungen, welche in einem Abstand von 7,50 m aufgenommen wurden, beträgt der größte Unterschied des 5. Perzentils vom SPL(A), wie in Tabelle 21 zu erkennen ist, zwischen den einzelnen Messorten 8,99 dB(A). Bei Betrachtung der Grenzwerte von Schallimmissionen laut ÖNORM S 5021, übersteigen sowohl an Messort 1 als auch an Messort 3 die gemessenen Werte des Grundgeräuschpegels die Grenzwerte. Auch bei den Messungen mit einem Abstand von 25 m und 50 m übersteigen die Grundgeräuschpegel von Messort 1 und 3 die zulässigen Werte, obwohl an Messort 1 am wenigsten Fahrzeuge gemessen wurden. Allerdings führen die Fahrzeuge an der Geraden ohne Steigung durchschnittlich die höchsten Geschwindigkeiten. An Messort 3 wurden durchschnittlich die geringsten Geschwindigkeiten ermittelt, allerdings wurden hier

die meisten Motorräder gemessen, wodurch die erhöhten Werte erklärt werden können. Beim Median herrscht die größte Differenz mit 7,36 dB(A) zwischen Messort 1 und Messort 4 vor, beim 95. Perzentil sind die Unterschiede der einzelnen Messorte schon wesentlich geringer, der höchste Unterschied beträgt 2,16 dB(A) zwischen Messort 3 und Messort 4. In Tabelle 21 lässt sich deutlich erkennen, dass die Gerade mit Steigung die höchsten Werte in allen Bereichen, ausgenommen dem 5. Perzentil, aufweist. Dadurch wird im Normalfall der empfundene Effekt der hohen Schalldruckpegel sogar noch verstärkt, da ein größerer Kontrast zwischen Grundgeräuschpegel und Maximalpegel vorherrscht. Auch im Abstand von 25 m besitzt der Messort 4 die höchsten Maximalwerte, beim Abstand von 50 m der Messort 3.

**Tabelle 21: SPLA1 Gesamtmessungen**

Messort	Median	Mean	5. Perzentil	95. Perzentil	95 –5. Perz.
Gerade o. S.	51,89	54,795	44,29	76,26	31,96
Kurve o. S.	52,285	54,44	39,04	76,10	37,06
Kurve m. S.	53,25	57,135	45,60	75,97	30,37
Gerade m. S.	59,25	57,24	36,62	78,13	41,51

#### 4.1.7.2 C-bewerteter Schalldruckpegel

Bei Betrachtung des C-bewerteten Schalldruckpegels ist anhand der Tabelle 22 zu erkennen, dass an Messort 4 die höchsten Werte vorliegen, mit Ausnahme des Grundgeräuschpegels (5. Perzentil). Somit wird der Effekt des maximalen Schalldruckpegels bzw. des 95. Perzentils von SPL(C) sogar verstärkt. Bei einem Messabstand von 25 m besitzt der Messort 1 die höchsten gemessenen Werte, bei einem Abstand von 50 m wurden die höchsten Werte vom 95. Perzentil an Messort 3 und die höchsten Werte im Median sowie beim arithmetischen Mittel an Messort 2 gemessen.

**Tabelle 22: SPLC1 Gesamtmessungen**

Messort	Median	Mean	5. Perzentil	95. Perzentil	95 –5. Perz.
Gerade o. S.	61,17	61,9	46,99	79,94	32,94
Kurve o. S.	60,39	60,525	42,76	79,72	36,96
Kurve m. S.	59,985	61,42	47,66	79,13	31,46
Gerade m. S.	63,535	62,72	42,52	80,83	38,31

#### 4.1.7.3 Lautheit

Wie in Tabelle 23 zu erkennen ist, besitzt der Messort 4 in allen überprüften Bereichen die höchsten gemessenen Werte, mit Ausnahme vom 5. Perzentil, wodurch der empfundene Effekt, der am stärksten vorherrschenden Lautheitswerte durch den Kontrast vom Minimal- zum Maximalwert, voraussichtlich sogar noch verstärkt wird. Bei Betrachtung der Lautheitswerte, welche in einem Messabstand von 25 m ermittelt wurde, weist der Messort 4 in allen Bereichen, außer beim Median und 5. Perzentil, die höchsten Werte auf. Den größten Wert im Median besitzt der Messort 1. Wird die Lautheit in einem Abstand von 50 m zur Fahrstreifenachse betrachtet, besitzt der Messort 4 in allen Bereichen die geringsten und der Messort 3 in allen betrachteten Bereichen die höchsten Messwerte.

**Tabelle 23: Lautheit 1 Gesamtmessungen**

Messort	Median	Arithmetischer Mittelwert	5. Perzentil	95. Perzentil	95 –5. Perz.
Gerade o. S.	7,29	10,60	3,29	32,014	28,73
Kurve o. S.	7,23	11,36	2,55	33,41	30,86
Kurve m. S.	6,73	11,58	3,54	33,03	29,49
Gerade m. S.	10,16	13,27	2,01	37,15	35,14

#### 4.1.7.4 Rauigkeit

Bei der Rauigkeit besitzt die Gerade mit einer Steigung von 8,6% die höchsten Messwerte, mit Ausnahme des Grundgeräuschpegels. Die niedrigsten Werte wurden an Messort 1 (Gerade ohne Steigung) ermittelt, ausgenommen vom 5. Perzentil, wodurch aber der Störfaktor des 95. Perzentils wiederum verringert wird.

**Tabelle 24: Rauigkeit 1 Gesamtmessungen**

Messort	Median	Arithmetischer Mittelwert	5. Perzentil	95. Perzentil	95 –5. Perz.
Gerade o. S.	0,02085	0,02760	0,00869	0,06402	0,05533
Kurve o. S.	0,02462	0,03723	0,00832	0,09221	0,08390
Kurve m. S.	0,02425	0,03681	0,00984	0,08517	0,07533
Gerade m. S.	0,03356	0,04247	0,00834	0,09860	0,09026

#### 4.1.7.5 Schärfe

Beim Anbetracht der Schärfe besitzt, im Gegensatz zur Lautheit und Rauigkeit, die Kurve mit der Steigung von 9,6% die höchsten Werte in allen betrachteten Bereichen. Auch beim Messabstand von 25 und 50 m weist der Messort 3 die höchsten Schärfewerte auf. An Messort 2 sowie Messort 4 wurden die geringsten Werte ermittelt.

**Tabelle 25: Schärfe 1 Gesamtmessungen**

Messort	Median	Arithmetischer Mittelwert	5. Perzentil	95. Perzentil	95. – 5. Perz.
Gerade o. S.	1,95090	2,01305	1,35259	2,88359	1,53100
Kurve o. S.	1,58940	1,79835	1,22089	2,72561	1,50471
Kurve m. S.	2,15070	2,22475	1,35398	3,39858	2,04461
Gerade m. S.	1,43350	1,65435	1,19983	2,75531	1,55548

#### 4.1.7.6 Schwankungsstärke

Bei Betrachten der Tabelle 26 wird schnell ersichtlich, dass die Gerade ohne Steigung hier die höchsten Werte, und die Kurve mit Steigung die geringsten Werte in allen betrachteten Bereichen der

ermittelten Schwankungsstärke besitzen. Auch im Messabstand von 25 m besitzt der erste Messort die höchsten Werte, im Abstand von 50 m allerdings der Messort 2.

**Tabelle 26: Schwankungsstärke 1 Gesamtmessungen**

Messort	Median	Arithmetischer Mittelwert	5. Perzentil	95. Perzentil	95. – 5. Perz.
Gerade o. S.	0,00568	0,00814	0,00196	0,02237	0,02040
Kurve o. S.	0,00435	0,00594	0,00160	0,01589	0,01428
Kurve m. S.	0,00359	0,00485	0,00136	0,01138	0,01003
Gerade m. S.	0,00465	0,00725	0,00155	0,01660	0,01505

#### 4.1.8 Zusammengefasste Ergebnisse der analysierten Gesamtmessungen

Das durchschnittliche jährliche Verkehrsaufkommen auf der B69 von ca. 500 Fahrzeugen pro Tag [Wieser, 2018] wurde während des Messzeitraumes stark überschritten. Es wurden während der kürzesten Messung mit einer Dauer von 3,4 Stunden insgesamt 609 Fahrzeuge dokumentiert. Dies lässt darauf schließen, dass sich das Verkehrsaufkommen in den Sommermonaten, vor allem aufgrund des erhöhten Motorradaufkommens, um mehr als 100% erhöht. Durch diese maßgebliche Erhöhung der Verkehrsbelastung von Winter zu Sommer wird der Effekt des vorherrschenden Verkehrslärms zusätzlich verstärkt. Auch der relativ geringe Grundgeräuschpegel des ländlichen Gebiets trägt zur Verstärkung der wahrgenommenen Lästigkeit der Verkehrsgeräusche bei.

Bei den Auswertungen der Gesamtmessungen überstieg der ermittelte A-bewertete Grundgeräuschpegel  $L_{A,Gg}$  den, laut ÖNORM S 5021 festgelegten, Grenzwert  $LA_{Gg,Tag} = 40 \text{ dB(A)}$  (für ländliches Wohngebiet) an Messort 1 (Gerade ohne Steigung) als auch an Messort 4 (Gerade mit Steigung) um max. 5,6 dB(A). Diese Überschreitung wurde sowohl im Abstand von 7,50 m als auch an den Messpunkten mit den Abständen 25 m und 50 m ermittelt. Da der SPL(A) stark von der Geschwindigkeit abhängig ist und an Messort 1 sowie Messort 4 die höchsten gemessenen Geschwindigkeiten vorliegen, ist der erhöhte SPL(A) damit zu begründen.



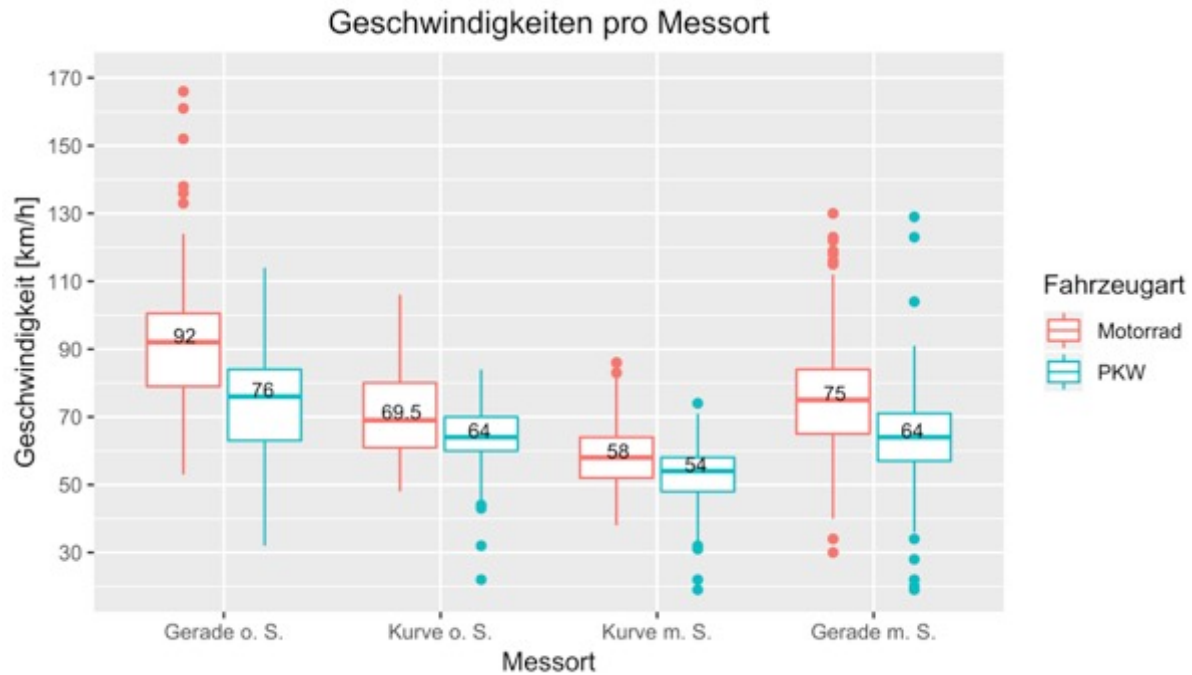


Abbildung 39: Geschwindigkeiten Gesamtmessung

Die statistischen Tests der Gesamtmessungen haben gezeigt, dass sowohl Fahrzeugart, Kurvenradius, Steigung als auch die individuellen Gegebenheiten des Messortes an sich einen starken Einfluss auf die gefahrenen Geschwindigkeiten aufweisen.

**Tabelle 27: Ergebnis Gesamtmessung**

	p-Wert	Signifikanz
Fahrzeugart	<2e-16	***
Kurvenradius	<2e-16	***
Steigung	<2e-16	***
Messort	<2e-16	***
Signifikanzniveaus: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '' 0		

Beim Vergleich der Geschwindigkeiten unter den einzelnen Fahrzeugtypen bewegen sich, wie zu erwarten, sowohl PKWs als auch Chopper im niedrigsten Geschwindigkeitsbereich, Tourenmotorräder meist im mittleren und Naked Bikes, Enduros sowie Supersport Motorräder im höchsten Geschwindigkeitsbereich. Dadurch weisen hauptsächlich die gemessenen Geschwindigkeiten von Chopper sowie PKWs signifikante Unterschiede zu denen der restlichen Motorradtypen auf. Durch den Einfluss der Steigung sowie des Radius wurden an Messort 3, welcher eine Kurve mit einer Steigung von 9,6% darstellt, durchschnittlich die geringsten Geschwindigkeiten gemessen, an der der Kurve ohne Steigung (Messort 2) die zweitniedrigsten Geschwindigkeiten, an der Geraden mit einer Steigung von 8,6% (Messort 4) die zweithöchsten und an der Geraden ohne Steigung (Messort 1) die höchsten Geschwindigkeiten.

Beim Vergleich der akustischen sowie psychoakustischen Messgrößen aller vier Messorte untereinander (vgl. Kapitel 4.1.1) konnte ermittelt werden, dass an Messort 4 die höchsten Werte des SPL(A), SPL(C), der Lautheit und Rauigkeit, sowohl im Mittelwert, Median als auch im 95. Perzentil sowie in der Differenz vom 95. zum 5. Perzentil, gemessen wurden. Dies lässt sich wahrscheinlich

darauf zurückführen, da an Messort 4 zwar nicht das größte Verkehrsaufkommen, aber die zweithöchsten Geschwindigkeiten ermittelt wurden, welche in Kombination mit der relativ hohen Steigung von 8,6% auf die erhöhten Werte schließen lassen. An Messort 3 wurde die höchste Schärfe ermittelt, welche laut den nachfolgenden Analyse der Einzelmessungen in Kapitel 4.2.2 am stärksten von der Steigung und den Eigenschaften des Messortes selbst beeinflusst wird. Somit lässt sich auch erklären, weshalb die Schärfe an Messort 3 am stärksten ausgeprägt ist, da er mit 9,6% die größte Steigung der 4 Messorte besitzt (siehe Abbildung 40)

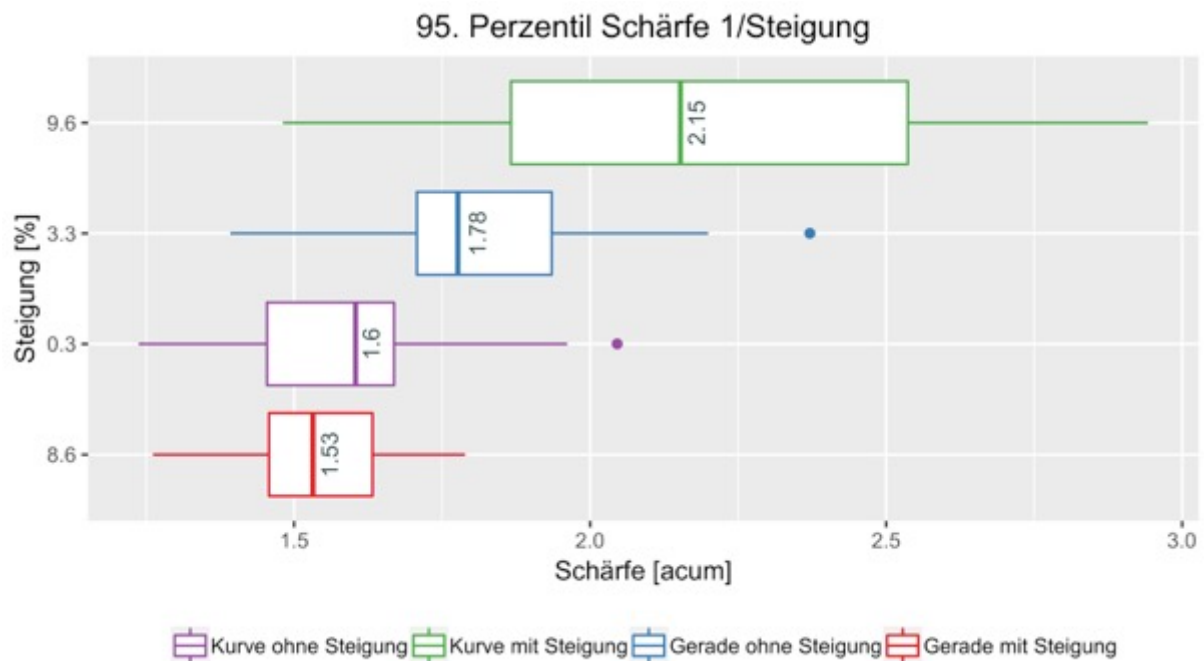


Abbildung 40: Einzelmessungen Schärfe vs. Steigung

An Messort 1 wurden die stärkste Schwankungsstärke, sowohl im Median, Mittel, 5. und 95. Perzentil als auch in der Differenz vom 95. zum 5. Perzentil, der vier Messorte ermittelt. Sowohl Geschwindigkeit als auch Radius üben den größten Einfluss auf die Schwankungsstärke aus (wie in Kapitel 4.2.2 analysiert wurde). Da der Messort 1 die höchsten Geschwindigkeiten und keinen Radius aufweist, kann der Zusammenhang zur stärksten Schwankungsstärke an diesem Messort damit erklärt werden.

Wie in Abbildung 41 zu sehen ist, steigt die Schwankungsstärke mit der Größe des Radius. Daher wurde an Messort 1, der Geraden ohne Steigung, welche einen quasi unendlich großen Radius besitzt (daher wurde als Radius eine verhältnismäßig große Zahl, in diesem Fall 10.000 m, gewählt), durchschnittlich die größte Schwankungsstärke festgestellt.

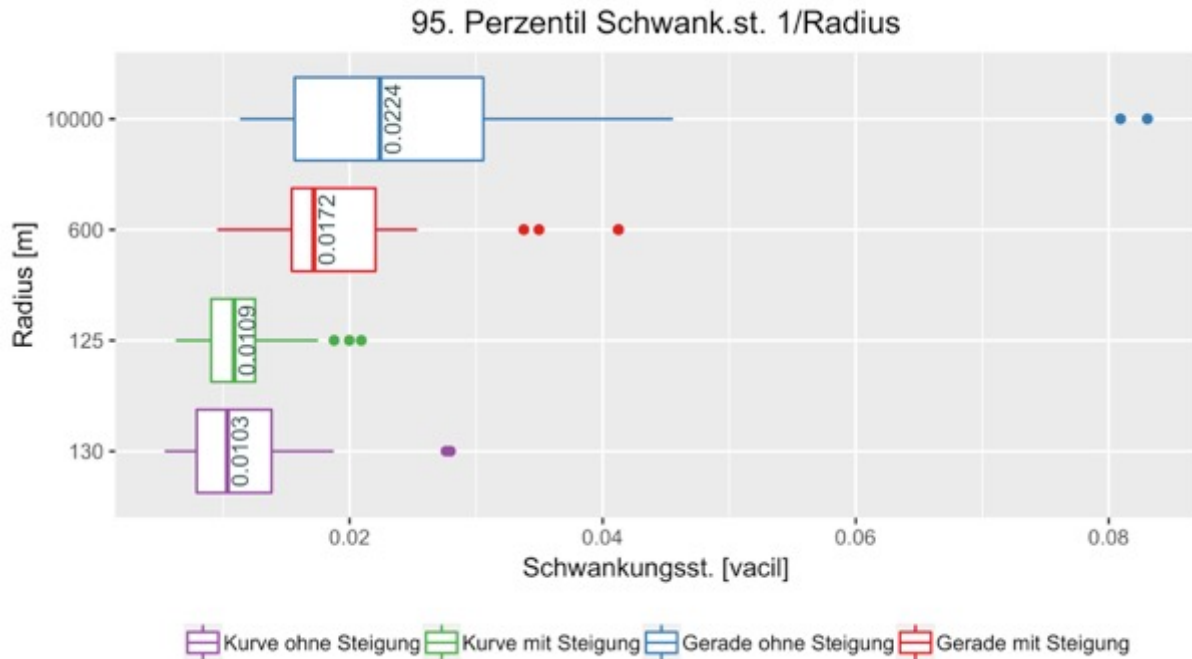


Abbildung 41: Einzelmessungen Schwankungsstärke vs. Radius

## 4.2 Analysen der Einzelmessungen

Bei den Einzelmessungen werden die, mittels R-Project, verarbeiteten Daten vorerst in Tabellen aufbereitet und sowohl das 95. Perzentil, als auch der Median und das 5. Perzentil der verschiedenen akustischen und psychoakustischen Werte betrachtet, um einen ersten Eindruck der unterschiedlichen Parameter zu bekommen. Das 95. Perzentil wird dabei quasi als Höchstwert herangezogen, da der echte Maximalwert sehr fehlerbehaftet und durch Umgebungsgeräusche und Ausreißer beeinflusst sein kann. Daher ist das 95. Perzentil aussagekräftiger als das Maximum der jeweiligen Messung. Dasselbe gilt für das 5. Perzentil, welches als repräsentativer Minimalwert herangezogen wird. Außerdem wird der Median betrachtet, da er weniger stark von Ausreißer beeinflusst wird als der arithmetische Mittelwert. Bei der Auswertung wird das Hauptaugenmerk auf die Parameter des jeweiligen Messortes (Steigung, Kurvenradius, Messort), die gefahrene Geschwindigkeit der Fahrzeuge und den Fahrzeugtyp in Bezug auf den Median, das 95. und das 5. Perzentil der verschiedenen akustischen und psychoakustischen Kenngrößen (SPLA, SPLC, Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke) gelegt. Dabei wird der Median, das 95. und 5. Perzentil an jedem der vier Messorte von drei verschiedenen Abständen zur Straße betrachtet, welche eine Distanz von 7,50 m, 25 m und 50 m besitzen. Wie in den Kapiteln 3.1.8 und 3.1.9 beschrieben, werden zwei Messdurchgänge pro Messort durchgeführt, wobei bei jedem der zwei Messdurchgänge die Distanz von Kunstkopf 1 mit 7,50 m beibehalten wird und lediglich der Kunstkopf 2 beim zweiten Durchgang von 25 m auf eine Distanz von 50 m versetzt wird. Aufgrund dessen ist in den folgenden Tabellen (Tabelle 28 bis Tabelle 36) eine höhere Anzahl an Werten bei den Messungen im Abstand von 7,50 m als bei den Messungen mit den größeren Abständen vorhanden. In den Abbildungen der folgenden Kapitel wurden die akustischen und psychoakustischen Messgrößen, welche in einem Abstand von 7,50 m aufgenommen wurden, oft mit der Nummer 1 betitelt (SPL(A) 1, Rauigkeit 1, etc.), da sie mit dem Kunstkopf 1 aufgezeichnet wurden. Die Werte mit den Abständen 25 m und 50 m tragen daher die Nummer 2.

In diesem Kapitel werden unterschiedliche Hypothesen, etwa ob die Steigung, Geschwindigkeiten, Fahrzeugtypen, Kurvenradien und andere etwaige Randbedingungen einen Einfluss auf die akustischen und psychoakustischen Größen haben, geprüft und dokumentiert. Als statistische Analysen werden dafür die Varianzanalyse sowie die Kruskal-Wallis Analyse angewandt.

#### **4.2.1 Varianzanalyse Einzelmessungen**

Vorerst wird eine Varianzanalyse durchgeführt und die Abhängigkeit der gemessenen akustischen und psychoakustischen Werte aller Einzelfahrzeuge auf die jeweilige Steigung, den Kurvenradius, die Geschwindigkeit, den Fahrzeugtyp und den Messort selbst geprüft. Welche Variablen einen hohen Einfluss auf die akustischen sowie psychoakustischen Größen haben, wird in Tabelle 28 veranschaulicht. Dabei steht die Symbolik '\*\*\*' für den stärksten signifikanten Einfluss und ' ' für den geringsten, beziehungsweise dafür, dass keine signifikante Abhängigkeit vorhanden ist. Der jeweilige überprüfte Einfluss wird als signifikant deklariert, wenn der p-Wert unter 5% (0,05) liegt. Unterschreitet der jeweilige p-Wert den Wert des Signifikanzniveaus, wird die 0-Hypothese verworfen. In diesem Fall sagt die 0-Hypothese aus, dass die einzelnen Variablen keinen, über den Zufall hinausgehenden, Einfluss auf die akustischen und psychoakustischen Werte haben. Die Alternativhypothese  $H_1$  besagt, dass die einzelnen Strecken- sowie Fahrzeugparameter einen Einfluss auf die Größe der akustischen und psychoakustischen Werte besitzen. Das Hauptaugenmerk der Analysen wird auf das 95. Perzentil, den Median sowie das 5. Perzentil der ermittelten akustischen und psychoakustischen Messwerte gelegt und in den Abständen von 7,50 m, 25 m und 50 m überprüft.

#### **4.2.2 Varianzanalyse Einzelmessungen 7,50 m**

Im ersten Teil der Analyse werden die Messergebnisse aller Einzelmessungen der 4 Messorte mit dem Messabstand von 7,50 m, 25 m und 50 m herangezogen. Hierbei beträgt die Stichprobenanzahl 106 Fahrzeuge, davon sind 17 PKWs und 89 Motorräder.

Bei Betrachtung der Ergebnisse von Tabelle 28, in welcher jeweils das 95. Perzentil der Messwerte getestet wurde, ist zu erkennen, dass der Großteil der 0-Hypothesen verworfen werden kann und somit die 1-Hypothese gültig wird. Dadurch wird bestätigt, dass die einzelnen Variablen einen Einfluss auf die akustischen und psychoakustischen Messwerte besitzen. Bei den Analysen, welche den Radius der Messorte betreffen, wurde an Messort 1, welcher eine Gerade ohne Steigung darstellt, ein Radius von 10.000 m ausgewählt. Der Radius einer geraden Strecke geht theoretisch gegen unendlich. Da dem Radius der Messorte aber ein eindeutiger Zahlenwert zugeordnet werden muss, um die Analysen durchführbar zu machen, wurde ein vergleichsweise großer Wert von 10.000 m als Radius ausgewählt. Dieser Wert steht somit stellvertretend für eine Strecke, welche einen unendlichen Radius besitzt.

**Tabelle 28: Varianzanalyse P95 Einzelmessungen 7,50 m**

	<i>Fahrzeugart</i>	<i>Kurvenradius</i>	<i>Steigung</i>	<i>Geschwindigkeit</i>	<i>Messort</i>
<i>SPL(A)</i>	***	***	*	***	
<i>p-Wert</i>	9,87e-05	0,000235	0,025274	5,08e-14	0,391807
<i>SPL(C)</i>	***	*		***	
<i>p-Wert</i>	4,27e-06	0,0259	0,9769	1,18e-06	0,2492
<i>Lautheit</i>	***	**		***	.
<i>p-Wert</i>	4,66e-06	0,00355	0,16315	7,77e-10	0,06582
<i>Rauigkeit</i>	***				
<i>p-Wert</i>	0,000278	0,274697	0,517600	0,266618	0,566702
<i>Schärfe</i>	***		***	***	***
<i>p-Wert</i>	0,000916	0,216808	3,54e-07	0,000393	9,57e-11
<i>Schwankungsst.</i>	***	***	*	***	
<i>p-Wert</i>	2,35e-05	2,63e-10	0,0365	1,97e-12	0,6699

*Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1*

Bei allen akustischen und psychoakustischen Messgrößen in Tabelle 28 ist die Fahrzeugart hoch signifikant, beim SPL(A) und der Schwankungsstärke hat auch der Kurvenradius hohe Signifikanz. Die Geschwindigkeit ist, außer bei der Rauigkeit, bei allen Ergebnissen hoch signifikant, wobei die Geschwindigkeit laut der Varianzanalyse aus Kapitel 4.1.2 auch stark vom Kurvenradius, der Steigung, der Fahrzeugart und den Bedingungen des Messortes selbst abhängig ist. Bei der Rauigkeit wird die einzige signifikante Variable von der Fahrzeugart dargestellt, wobei die PKWs hier die geringsten und die Enduros die höchsten Rauigkeitswerte im Median aufweisen, wie in Abbildung 42 dargestellt wird. Weiters fällt auf, dass vor allem die PKWs eine sehr geringe Streuung der Rauigkeitswerte aufweisen, Chopper und Enduros wiederum eine sehr hohe. In der Abbildung 43 ist die Lautheit in Abhängigkeit der Geschwindigkeit dargestellt, wobei der Zusammenhang zwischen steigender Geschwindigkeit und steigender Lautheit durch die Regressionsgerade gut zu erkennen ist.

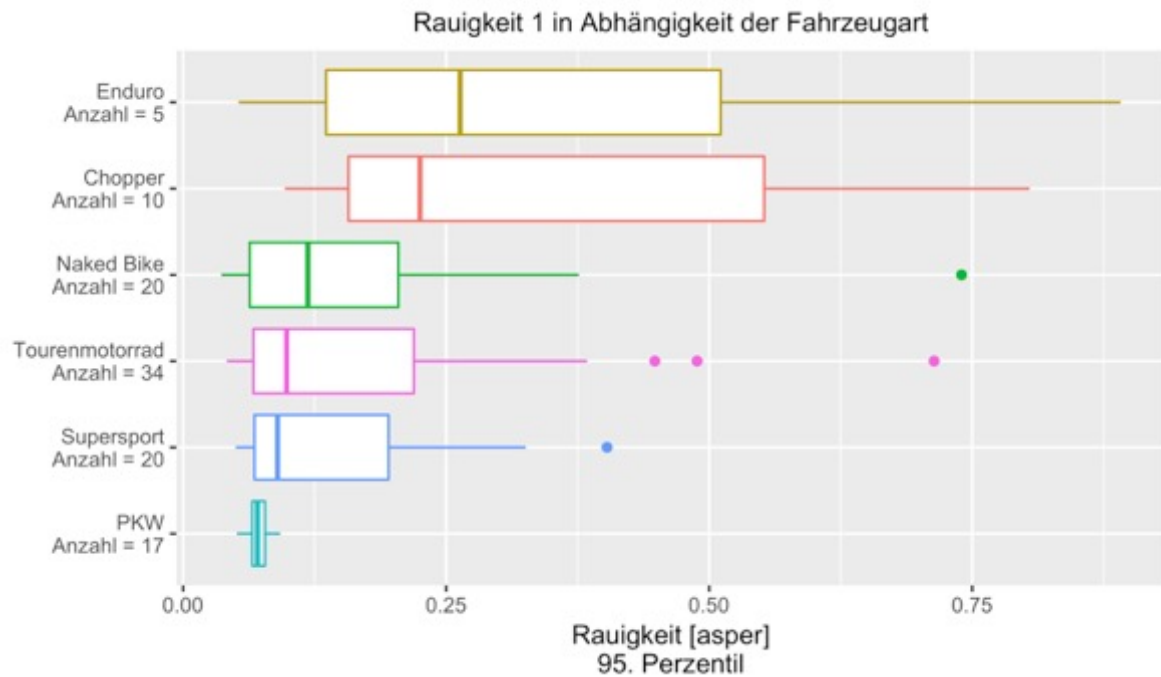


Abbildung 42: Rauigkeit P95 in Abhängigkeit der Fahrzeugarten

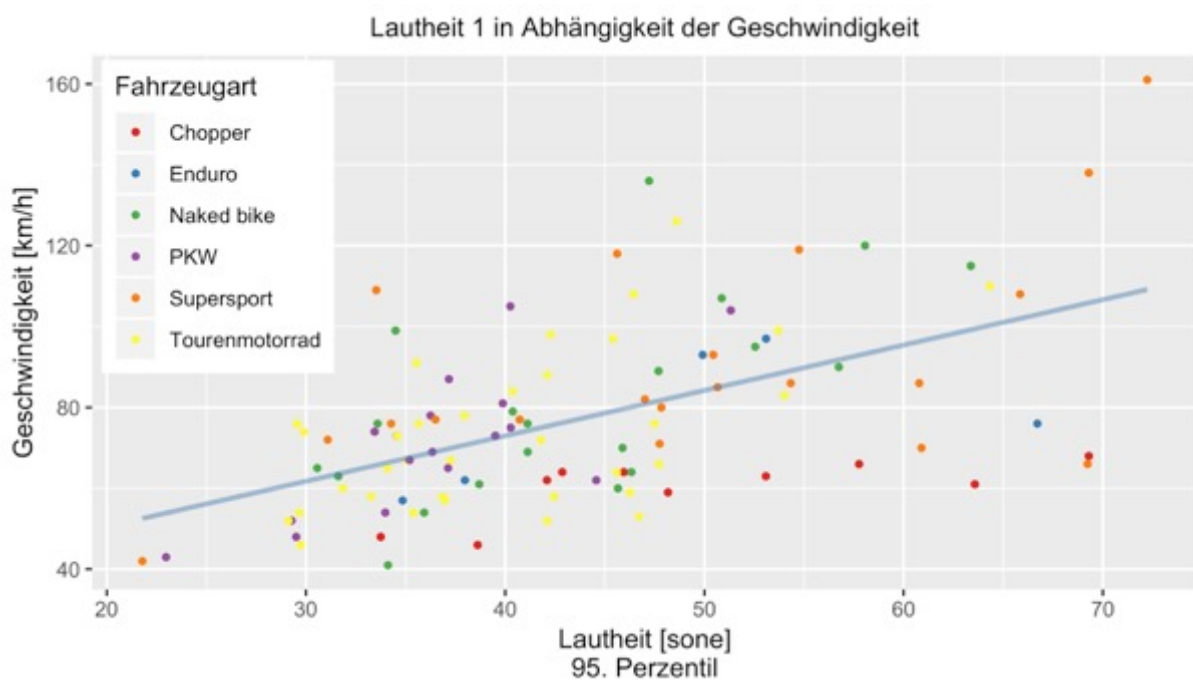


Abbildung 43: Lautheit P95 in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

In Tabelle 29 wurde der Median betrachtet und es fällt als Erstes auf, dass die Fahrzeugart im Vergleich zu den Analysen des 95. Perzentils aus Tabelle 28, deutlich an Signifikanz verloren hat. Auch haben beim C-bewerteten Schalldruckpegel nur noch die Fahrzeugart sowie der Kurvenradius einen signifikanten Einfluss, die Geschwindigkeit jedoch nicht mehr.

**Tabelle 29: Varianzanalyse Median Einzelmessungen 7,50 m**

	Fahrzeugart	Kurvenradius	Steigung	Geschwindigkeit	Messort
Lautheit	**	***	**	**	
p-Wert	0,005522	0,000146	0,007541	0,001292	0,759142
SPL(A)	*	***	***	***	
p-Wert	0,029281	1,25E-06	7,07E-05	0,000163	0,619755
SPL(C)	**	*			
p-Wert	0,00106	0,01264	0,53417	0,27859	0,40471
Schwankungsst.				**	
p-Wert	0,12509	0,54707	0,25452	0,00214	0,46416
Rauigkeit	**				
p-Wert	0,00141	0,11997	0,28524	0,14064	0,2878
Schärfe	*	*	***	***	***
p-Wert	0,03871	0,012354	0,000456	0,000436	3,20E-05

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

In Tabelle 30 wurde das 5. Perzentil analysiert und dabei besitzt bei allen Messwerten, außer bei der Rauigkeit, die Fahrzeugart einen signifikanten Einfluss. Bei der Rauigkeit hat der Messort den stärksten Einfluss und bei der Schärfe sind alle Parameter zumindest schwach signifikant beeinflussend.

**Tabelle 30: Varianzanalyse P5 Einzelmessungen 7,50 m**

	Fahrzeugart	Kurvenradius	Steigung	Geschwindigkeit	Messort
Lautheit	***				.
p-Wert	0,000118	0,806353	0,140099	0,364902	0,066112
SPL(A)	*				
p-Wert	0,0109	0,9568	0,8989	0,1181	0,3514
SPL(C)	***				
p-Wert	0,000246	0,93104	0,258692	0,616204	0,317832
Schwankungsst.	***				
p-Wert	0,000398	0,472378	0,356082	0,463735	0,625396
Rauigkeit					**
p-Wert	0,2248	0,15504	0,05809	0,11631	0,00394
Schärfe	***	*	***	**	**
p-Wert	0,000128	0,023626	0,000105	0,001065	0,003532

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

### 4.2.3 Varianzanalyse Einzelmessungen 25 m

Bei den Einzelmessungen mit dem Abstand von 25 m werden 54 Fahrzeuge analysiert, davon sind 8 PKWs und 46 Motorräder. Wie an den Ergebnissen der Analyse aus Tabelle 31 erkannt werden kann, wirken auf die Lautheit sowie die Schärfe alle Orts- und Fahrzeugparameter zumindest schwach signifikant. Bei der Rauigkeit besitzt nur die Fahrzeugart einen signifikanten Einfluss, die restlichen Parameter nicht. Beim C-bewerteten Schalldruckpegel weist vorrangig die

Geschwindigkeit die höchste Signifikanz auf, beim A-bewerteten Schalldruckpegel, neben der Geschwindigkeit, auch die Steigung des Messortes. Im Vergleich zu den Analysen des 95. Perzentils im Abstand von 7,50 m aus Tabelle 28 fällt auf, dass hier nicht mehr die Fahrzeugart die höchsten Signifikanzniveaus aufweist, sondern die gemessenen Geschwindigkeiten. Allerdings ist die Stichprobenanzahl in diesem Fall um ca. 50% geringer, was einen Einfluss auf die Ergebnisse haben kann.

**Tabelle 31: Varianzanalyse P95 Einzelmessungen 25 m**

	Fahrzeugart	Kurvenradius	Steigung	Geschwindigkeit	Messort
Lautheit	*	*	*	***	*
p-Wert	0,0246	0,0273	0,0234	3,15E-09	0,0118
SPL(A)		.	**	***	
p-Wert	0,12862	0,07788	0,00941	3,59E-11	0,19286
SPL(C)	*			***	
p-Wert	0,0118	0,3062	0,2591	4,55E-06	0,1883
Schwankungsst.	*	***	**	***	
p-Wert	0,04038	2,20E-05	0,00389	3,16E-09	0,85791
Rauigkeit	**				
p-Wert	0,00205	0,25063	0,8864	0,79872	0,22622
Schärfe	**	.	***	**	**
p-Wert	0,00917	0,09491	0,00027	0,00156	0,00154

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Bei der Analyse des Medians, der akustischen und psychoakustischen Werte, besitzt die Fahrzeugart bei allen Messwerten einen zumindest schwach signifikanten Einfluss. Der Messort hat hierbei auf die Lautheit, den SPL(A) und den SPL(C) einen signifikanten Einfluss. Auf die Schärfe besitzen alle Parameter, bis auf den Messort, einen signifikanten Einfluss. Hier fällt auf, dass im Gegensatz zur Analyse des 95. Perzentils, die Geschwindigkeit auf keinen der akustischen und psychoakustischen Messwerte einen signifikanten Einfluss aufweist, außer bei der Schärfe. Wie in Abbildung 44 zu erkennen ist, sinkt die Schärfe im Median mit steigender Geschwindigkeit.



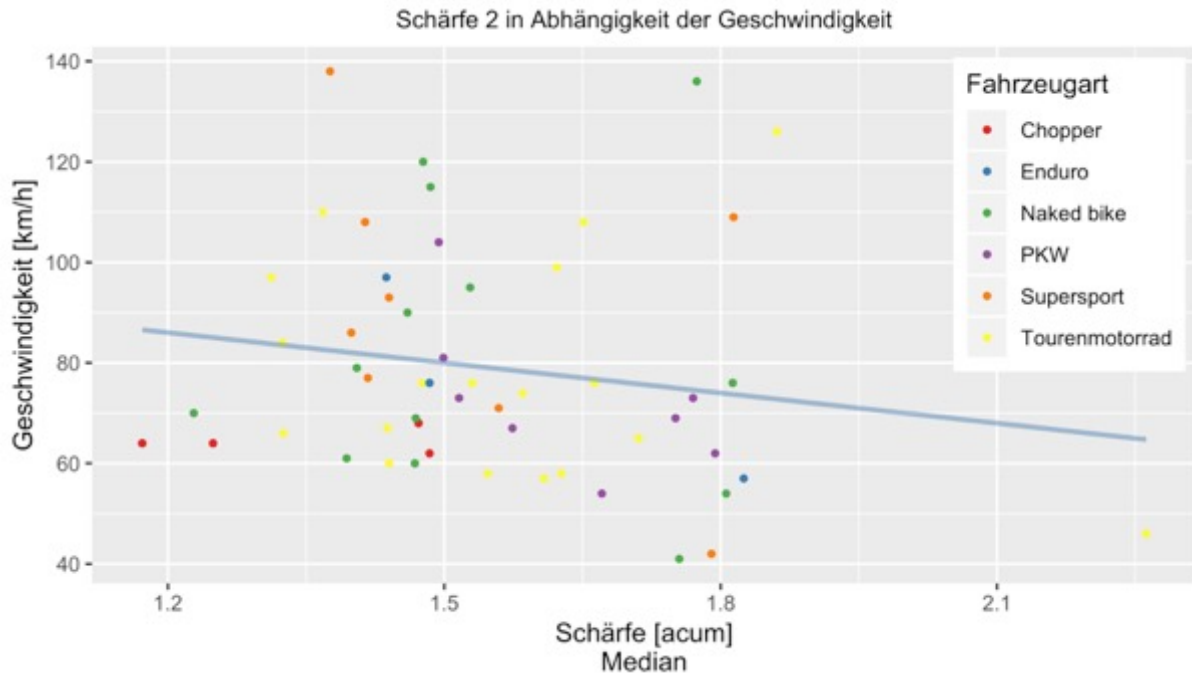


Abbildung 44: Schärfe 2 P95 in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

**Tabelle 32: Varianzanalyse Median Einzelmessungen 25 m**

	Fahrzeugart	Kurvenradius	Steigung	Geschwindigkeit	Messort
Lautheit	*				***
p-Wert	0,0419	0,2862	0,2612	0,8021	8,90E-05
SPL(A)	.				***
p-Wert	0,0814	0,8248	0,6702	0,3762	9,04E-07
SPL(C)	***		**		*
p-Wert	0,000498	0,317321	0,001173	0,251562	0,022058
Schwankungsst.	.				
p-Wert	0,0718	0,5616	0,6911	0,1442	0,7709
Rauigkeit	*				
p-Wert	0,0261	0,3417	0,414	0,7077	0,3264
Schärfe	**	**	**	***	
p-Wert	0,008741	0,008036	0,001682	0,000176	0,277641

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 '' 1

Bei der Analyse des 5. Perzentils besitzt die Fahrzeugart bei allen akustischen und psychoakustischen Größen einen signifikanten Einfluss, mit Ausnahme der Schwankungsstärke. Auf diese hat lediglich der Kurvenradius einen signifikanten Einfluss, wobei, laut grafischer Auswertung (vgl. Abbildung 45), kein Zusammenhang zwischen steigendem/sinkendem Radius und Stärke der Schwankung besteht. Ebenso besitzt auf die Rauigkeit nur ein einziger Parameter einen signifikanten Einfluss, welcher von der Fahrzeugart dargestellt wird. Mit Ausnahme von Schwankungsstärke und Rauigkeit wirken auf alle anderen akustischen und psychoakustischen Messwerte die Geschwindigkeit und der Messort signifikant ein.

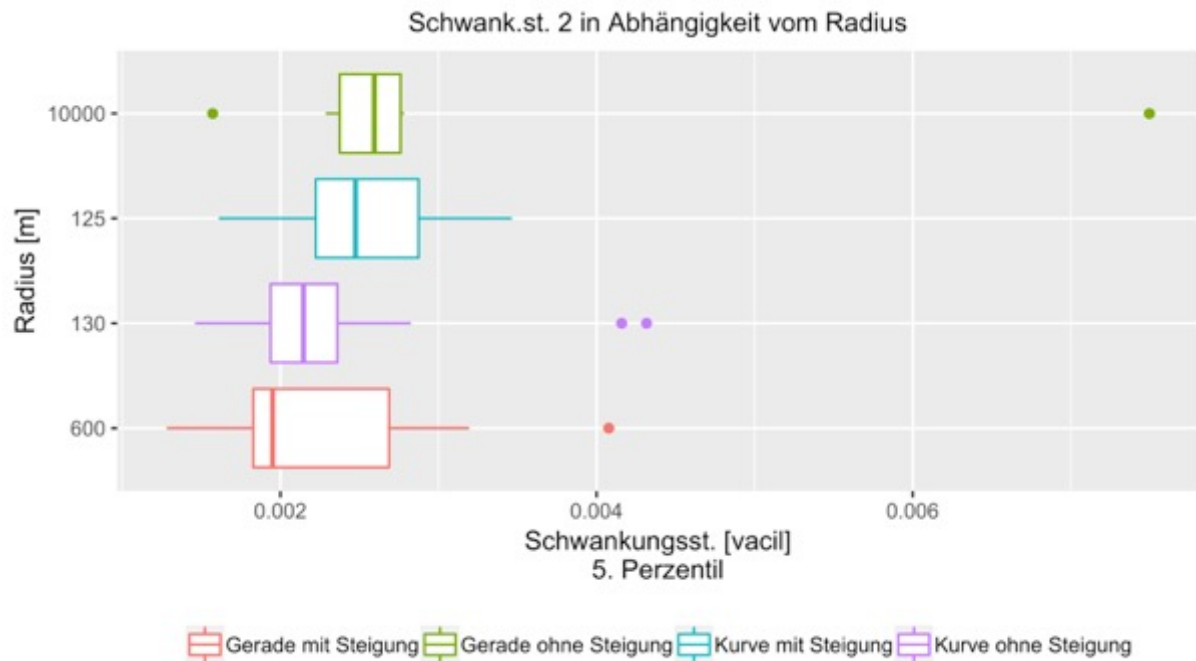


Abbildung 45: Schwankungsstärke 2 P5 in Abhängigkeit des Radius

**Tabelle 33: Varianzanalyse P5 Einzelmessungen 25 m**

	Fahrzeugart	Kurvenradius	Steigung	Geschwindigkeit	Messort
Lautheit	***			**	***
p-Wert	0,000183	0,303113	0,251831	0,003179	5,94E-05
SPL(A)	*	**		***	***
p-Wert	0,0156	0,0034	0,5756	3,50E-07	4,02E-09
SPL(C)	***		**	**	**
p-Wert	0,000235	0,558965	0,008736	0,003164	0,006366
Schwankungsst.		*			
p-Wert	0,1592	0,0261	0,6095	0,9825	0,3289
Rauigkeit	**				
p-Wert	0,00948	0,79827	0,69033	0,34399	0,12671
Schärfe	**		**	***	*
p-Wert	0,006809	0,137603	0,001293	0,000209	0,040652

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 '' 1

#### 4.2.4 Varianzanalyse Einzelmessungen 50 m

Bei den Einzelmessungen, welche im Abstand von 50 m ermittelt wurden, werden 52 Fahrzeuge analysiert, davon sind 9 PKWs und 43 Motorräder. Wie in Tabelle 34 zu sehen ist, hat die Fahrzeugart auf alle akustischen und psychoakustischen Messwerte im 95. Perzentil zumindest einen schwach signifikanten Einfluss. Der Kurvenradius beeinflusst alle Werte, außer der Schärfe, signifikant. Der Messort hat einzig bei der Schärfe einen signifikanten Einfluss. Die Rauigkeit wird wieder, wie schon bei den meisten vorhergegangenen Varianzanalysen, von der Fahrzeugart am stärksten beeinflusst (vgl. Abbildung 46).

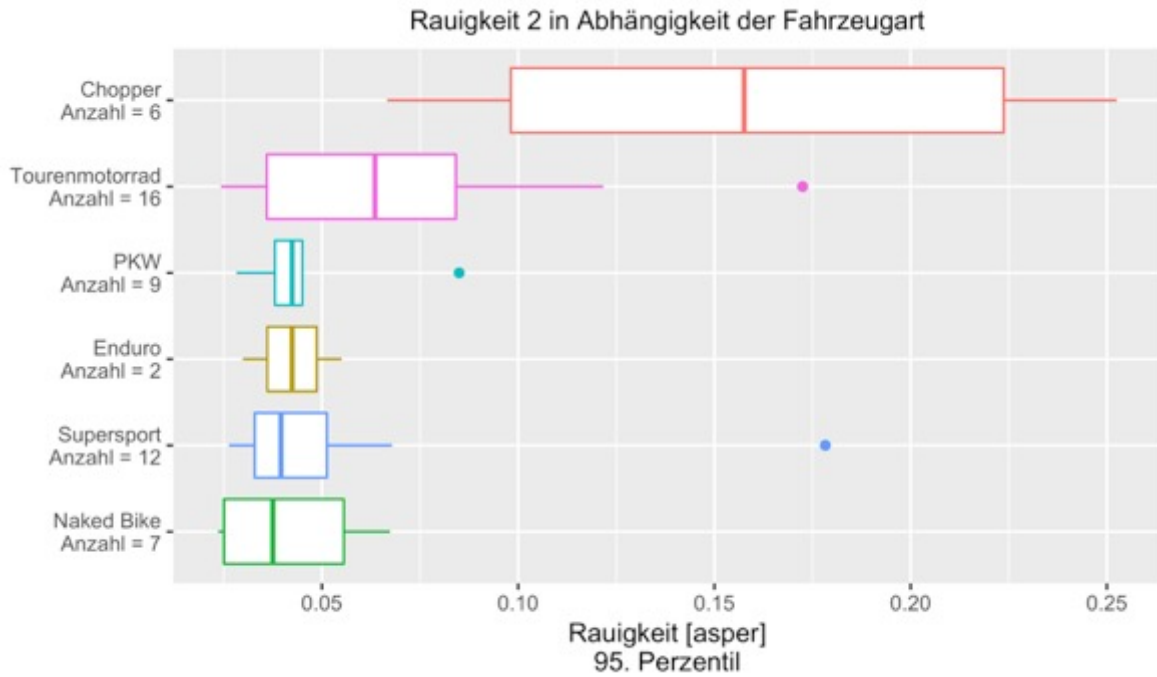


Abbildung 46: Rauigkeit 2 P95 in Abhängigkeit der Fahrzeugart

Tabelle 34: Varianzanalyse P95 Einzelmessungen 50 m

	Fahrzeugart	Kurvenradius	Steigung	Geschwindigkeit	Messort
<i>Lautheit</i>	***	***		***	
<i>p-Wert</i>	1,86E-05	0,00054	0,89495	0,000598	0,937614
<i>SPL(A)</i>	.	**		**	
<i>p-Wert</i>	0,05785	0,00292	0,47973	0,00219	0,21753
<i>SPL(C)</i>	***	*	.		
<i>p-Wert</i>	0,000703	0,048822	0,056619	0,274402	0,721676
<i>Schwankungsst.</i>	**	***		***	
<i>p-Wert</i>	0,002042	1,75E-06	0,655485	0,000136	0,675089
<i>Rauigkeit</i>	***				
<i>p-Wert</i>	5,37E-05	0,417	0,678	0,992	0,279
<i>Schärfe</i>	***		***		***
<i>p-Wert</i>	9,25E-05	0,59	1,57E-06	0,112	9,17E-13

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Bei der Analyse des Medians im Abstand von 50 m (vgl. Tabelle 35) hat der Messort, außer beim SPL(C), auf alle akustischen und psychoakustischen Messwerte zumindest einen schwach signifikanten Einfluss. Bei der Rauigkeit hat die Fahrzeugart den höchsten Einfluss, gefolgt vom Messort. Die Fahrzeugart hat außerdem noch auf die Lautheit, der SPL(C) und die Schwankungsstärke einen zumindest schwach signifikanten Einfluss. Bei der Schärfe besitzen neben dem Messort auch noch der Kurvenradius und die Steigung einen sehr signifikanten beziehungsweise hoch signifikanten Einfluss. Die Steigung wirkt auch auf den C-bewerteten Schalldruckpegel hoch und die Schwankungsstärke signifikant ein. Den größten Einfluss auf die Lautheit sowie auf den SPL(A) besitzt der Messort (siehe Abbildung 47).

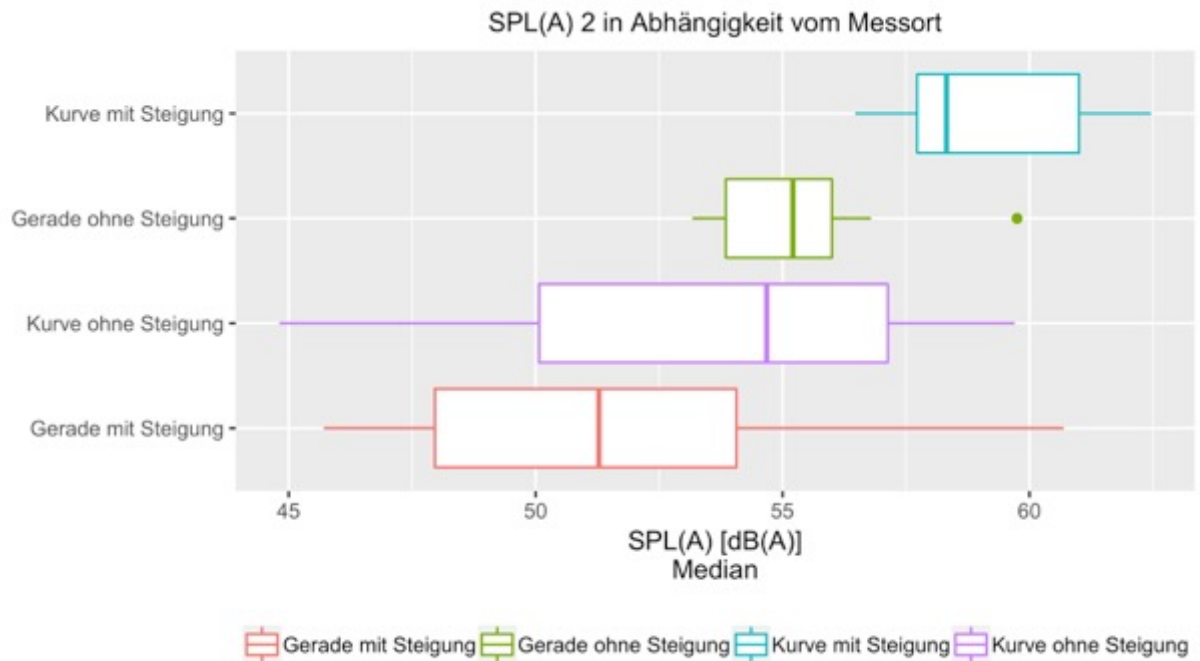


Abbildung 47: SPL(A) 2 Median in Abhängigkeit vom Messort

Tabelle 35: Varianzanalyse Median Einzelmessungen 50 m

	Fahrzeugart	Kurvenradius	Steigung	Geschwindigkeit	Messort
Lautheit	.				**
p-Wert	0,0548	0,7184	0,5002	0,9973	0,0015
SPL(A)					***
p-Wert	0,305	0,327	0,162	0,941	5,61E-05
SPL(C)	*		***		
p-Wert	0,01565	0,36519	0,00015	0,83868	0,32896
Schwankungsst.	**		*		.
p-Wert	0,00585	0,21926	0,0471	0,65867	0,09682
Rauigkeit	***				*
p-Wert	0,000102	0,791734	0,706305	0,711557	0,041606
Schärfe		**	***		***
p-Wert	0,12273	0,00543	8,95E-07	0,32765	1,88E-06

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Wie in der Tabelle 36 zu sehen ist, hat die Fahrzeugart auf alle akustischen und psychoakustischen Werte der Analyse des 5. Perzentils einen signifikanten Einfluss, genauso wie der Messort. Die Steigung hat, außer auf die Lautheit, bei allen Werten einen zumindest schwach signifikanten Einfluss. Bei der Schärfe hat außer Fahrzeugart, Steigung und Messort, zusätzlich auch der Kurvenradius einen signifikanten Einfluss.

**Tabelle 36: Varianzanalyse P5 Einzelmessungen 50 m**

	<i>Fahrzeugart</i>	<i>Kurvenradius</i>	<i>Steigung</i>	<i>Geschwindigkeit</i>	<i>Messort</i>
<i>Lautheit</i>	**				***
<i>p-Wert</i>	0,00133	0,52302	0,15184	0,78104	1,91E-08
<i>SPL(A)</i>	*		.		***
<i>p-Wert</i>	0,0156	0,1525	0,0746	0,6248	5,36E-10
<i>SPL(C)</i>	**		**		*
<i>p-Wert</i>	0,00584	0,21132	0,00308	0,99361	0,04838
<i>Schwankungss,</i>	**		*		**
<i>p-Wert</i>	0,00218	0,54155	0,03238	0,3836	0,00354
<i>Rauigkeit</i>	**		.		***
<i>p-Wert</i>	0,00247	0,47281	0,05614	0,6739	5,06E-06
<i>Schärfe</i>	*	*	***		**
<i>p-Wert</i>	0,02545	0,0495	3,31E-06	0,20191	0,00155

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Werden die Signifikanzniveaus der akustischen und psychoakustischen Kenngrößen aller Messdistanzen gemeinsam betrachtet, hängt die durchschnittliche Stärke der Messgrößen bei der Lautheit am stärksten von Fahrzeugart und der Geschwindigkeit und beim SPL(A) am stärksten von der Geschwindigkeit sowie dem Messort an sich ab. Die Stärke von SPL(C), der Rauigkeit und der Schwankungsstärke hängt am stärksten von der Fahrzeugart und die Stärke der Schärfe am stärksten von der Steigung ab.

#### 4.2.5 Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 1

In den folgenden Kapiteln 4.2.5.1 bis 4.2.5.6 wird geprüft, ob die einzelnen Fahrzeugarten untereinander signifikante Unterschiede bezüglich ihrer akustischen und psychoakustischen Werte aufweisen. Es werden sowohl das 95. und 5. Perzentil als auch der Median für die Abstände 7,50 m, 25 m und 50 m mittels Kurskal-Wallis Analyse getestet. Die Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen ist dabei unterschiedlich hoch, da aus jeder Gesamtmessung eine unterschiedliche Anzahl an störungsfreien Aufnahmen der Fahrzeuge gewonnen werden konnte. Eine Auflistung der Fahrzeuge pro Messort befindet sich im Anhang [3].

Während der ersten Messung, welche an einer Geraden mit einer geringen Steigung von 3,3% durchgeführt wurde, konnten insgesamt 23 Einzelfahrzeuge mit einem Abstand von 7,50 m zur Fahrstreifenachse, 11 Fahrzeuge mit einem Abstand von 25 m und 12 Fahrzeuge mit einem Abstand von 50 m aufgenommen werden. Durch das hohe Verkehrsaufkommen konnte nur eine relativ geringe störungsfreie Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen aus den Gesamtmessungen herausgefiltert werden, wodurch die Aussagekraft der Analysen geschwächt wird. Bei den Analysen im Abstand von 25 sowie 50 m wurden keine signifikanten Unterschiede der einzelnen Fahrzeugtypen festgestellt. Daher sind in diesem Kapitel nur die Ergebnisse, welche mit einem Abstand von 7,50 m von der Fahrstreifenachse aus ermittelt wurden, in Tabellen dargestellt.

#### 4.2.5.1 SPL(A) Messort 1

Aufgrund der Analyse des 95. Perzentils in Tabelle 37 ist zu erkennen, dass hier die Enduros neben den Supersport Motorrädern zu den Fahrzeugen mit dem höchsten A-bewerteten Schalldruckpegel gehören. Wie in Abbildung 48 zu sehen ist, besitzen auch die PKWs, unter Berücksichtigung ihrer vergleichsweise niedrigeren Geschwindigkeiten, relativ hohe SPL(A)-Werte. Die Supersport Motorräder weisen zwar die höchsten Werte auf, allerdings sind diese auch mit sehr hohen Geschwindigkeiten gemessen worden.

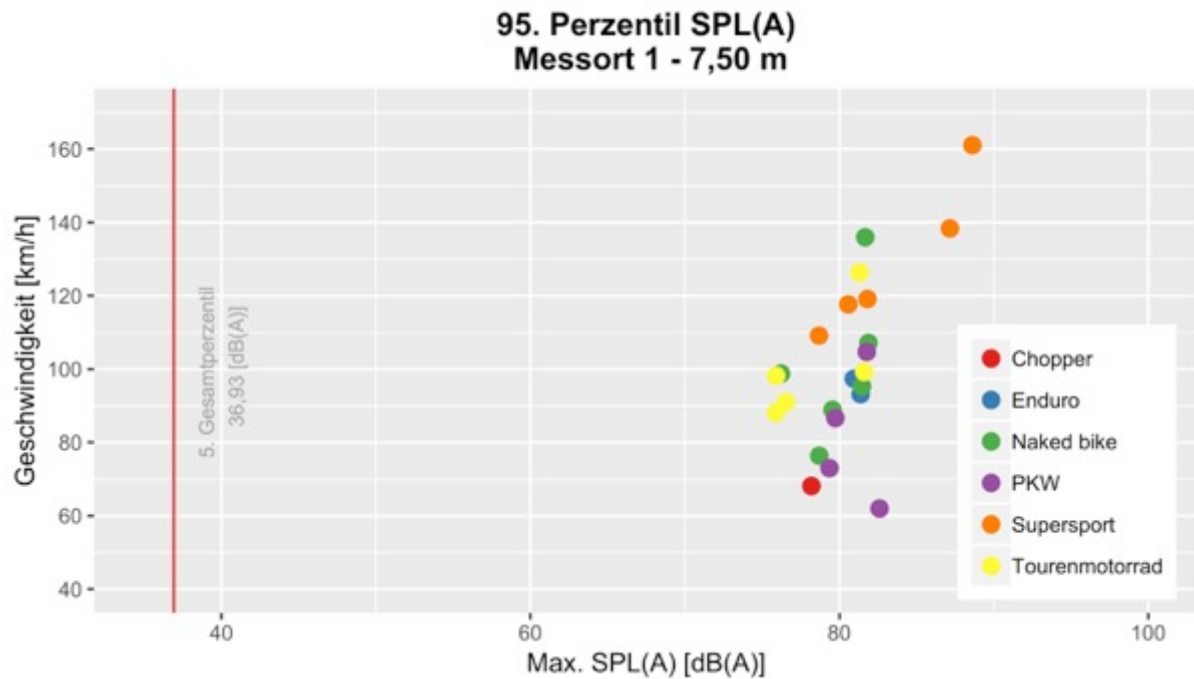


Abbildung 48: 95. Perzentil SPL(A) Messort 1

In den niedrigeren Geschwindigkeitsbereichen können den Tourenmotorräder die geringsten Werte zugewiesen werden. Prinzipiell sind sich bei dieser Messung aber alle Fahrzeugklassen sehr ähnlich und keine weist maßgeblich höhere oder geringere Werte auf als die anderen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den A-bewerteten Schalldruckpegeln der einzelnen Fahrzeugtypen ist bei keinem der überprüften Werte des A-bewerteten Schalldruckpegels vorhanden, weder bei einem Messabstand von 7,50 m noch bei 25 m oder 50 m Abstand zur Fahrstreifenachse.

**Tabelle 37: SPL(A) P95 Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	78,2	NA	78,2	0	0,3087
Enduro	2	95	81,2	0,312	81,2	0,221	
Naked Bike	6	100	79,9	2,22	80,5	2,7	
PKW	4	81,8	80,9	1,57	80,8	2,33	
Supersport	5	129	83,4	4,3	81,8	6,59	
Tourenmotorrad	5	100	78,2	2,94	76,5	5,41	

**Tabelle 38: SPL(A) Median Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	59	NA	59	0	0,4641
Enduro	2	95	57,9	0,962	57,9	0,68	
Naked Bike	6	100	60,5	3,6	60,9	4,83	
PKW	4	81,8	58,6	3,13	58,1	2	
Supersport	5	129	61,3	4,91	61	4,23	
Tourenmotorrad	5	100	56,8	3,03	55,7	0,24	

**Tabelle 39: SPL(A) 5. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	52,4	NA	52,4	0	0,7848
Enduro	2	95	51	4,5	51	3,18	
Naked Bike	6	100	52,7	5,71	52,6	7,98	
PKW	4	81,8	52,3	0,973	52,1	0,861	
Supersport	5	129	53,7	4,24	55,5	5,71	
Tourenmotorrad	5	100	50,1	3,75	49	4,26	

#### 4.2.5.2 SPL(C) Messort 1

Beim C-bewerteten Schalldruckpegel sticht keine der verglichenen Fahrzeugarten gegenüber den anderen stark heraus. Die höchsten C-bewerteten Schalldruckwerte wurden bei den Supersport Motorrädern gemessen, allerdings wurden bei diesen auch die höchsten Geschwindigkeiten dokumentiert, wodurch nicht pauschal behauptet werden kann, dass die Supersport Motorräder die Gruppe mit den höchsten Schalldruckpegeln unter Beachtung der Geschwindigkeiten ist.

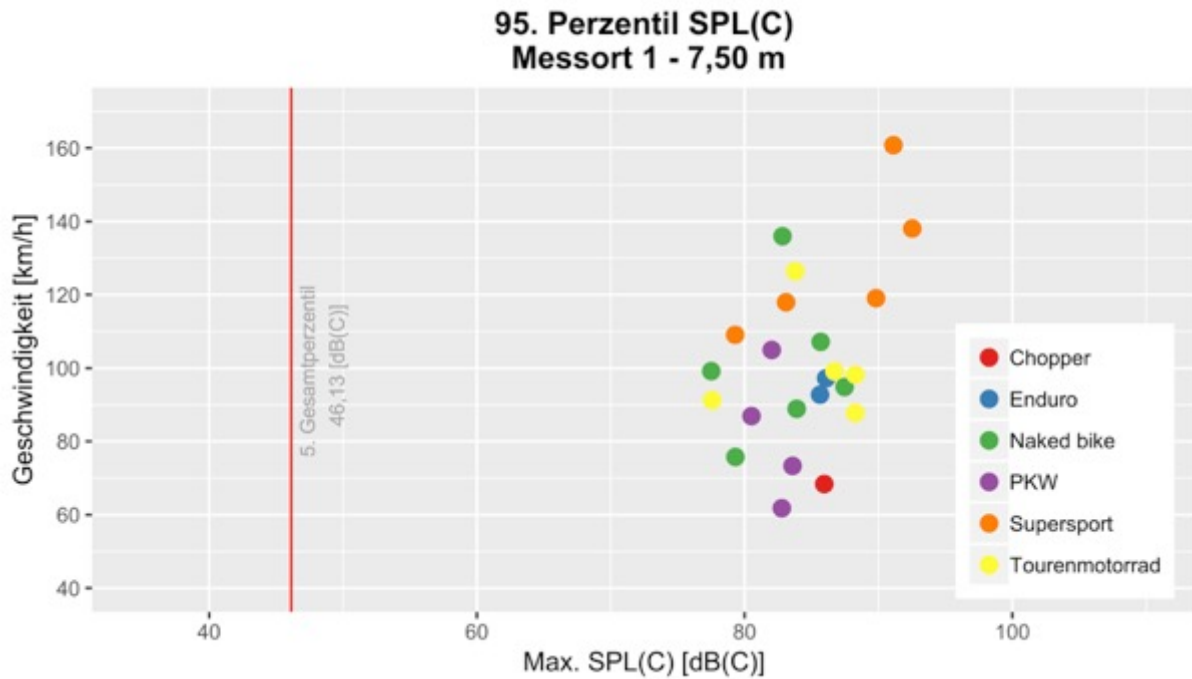


Abbildung 49: 95. Perzentil SPL(C) Messort 1

Die geringsten Werte wurden sowohl bei den Naked Bikes als auch bei den PKWs gemessen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den C-bewerteten Schalldruckpegeln der einzelnen Fahrzeugtypen ist aber bei keiner der Messungen vorhanden.

Tabelle 40: SPL(C) 95. Perzentil Messort 1 7,50 m

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	85,9	NA	85,9	0	0,3899
Enduro	2	95	85,9	0,319	85,9	0,226	
Naked Bike	6	100	82,8	3,78	83,4	5,04	
PKW	4	81,8	82,2	1,31	82,4	1,33	
Supersport	5	129	87,2	5,7	89,8	8,02	
Tourenmotorrad	5	100	84,9	4,5	86,7	4,48	



**Tabelle 41: SPL(C) Median Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	67,6	NA	67,6	0	0,562
Enduro	2	95	69,9	1,98	69,9	1,4	
Naked Bike	6	100	64,1	5,39	62,4	4,27	
PKW	4	81,8	63	2,26	63,6	1,79	
Supersport	5	129	66,7	5,17	64,4	7,46	
Tourenmotorrad	5	100	66	5,35	68,6	7,16	

**Tabelle 42: SPL(C) 5. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	61,2	NA	61,2	0	0,798
Enduro	2	95	60,7	1,41	60,7	0,996	
Naked Bike	6	100	57,6	6,56	57,9	7,25	
PKW	4	81,8	57,5	3,2	57,2	2,59	
Supersport	5	129	57,3	4,7	57,5	1,37	
Tourenmotorrad	5	100	58,4	4,36	61,5	6,76	

#### 4.2.5.3 Lautheit Messort 1

Chopper und Supersport Motorräder besitzen bei der Auswertung des 95. Perzentils die höchste Lautheit an Messort 1 (siehe Tabelle 43 sowie Abbildung 50), wobei nur ein einzelnes Fahrzeug bei den Choppern als Referenz nachzuweisen ist. Bei den Supersport Motorrädern ist allerdings zu beachten, dass sie durchschnittlich die höchsten Geschwindigkeiten aufweisen. Bei den PKWs stellt sich die Vermutung, dass sie eine geringere Lautheit als die meisten anderen Fahrzeuge aufweisen, laut diesen Analysen als wahr heraus, wobei auch eine Abhängigkeit zwischen steigender Geschwindigkeit und steigender Lautheit zu erkennen ist, welche in späteren Kapiteln noch genauer betrachtet wird. Diese Abhängigkeit tritt auch bei den Supersport Motorrädern sowie bei den Tourenmotorrädern auf.

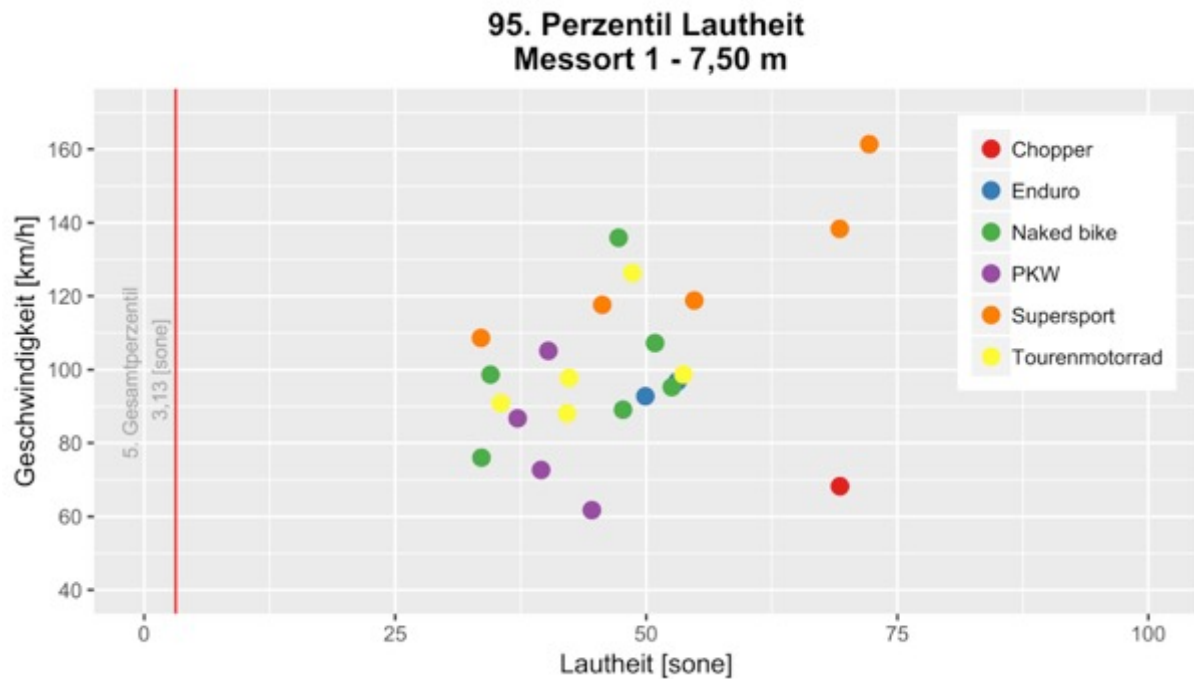


Abbildung 50: 95. Perzentil Lautheit Messort 1

Neben den PKWs weisen auch die Tourenmotorräder und Naked Bikes relativ geringe Lautheitswerte im Vergleich zu den restlichen Fahrzeugen auf. Es kann kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten und der gemessenen Lautheit festgestellt werden, da der p-Wert größer als 0,05 ist. Es konnten auch bei den Einzelmessungen, welche in einem Abstand von 25 m und 50 m vorgenommen wurden, keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen und der ermittelten Lautheit festgestellt werden.

Tabelle 43: Lautheit 95. Perzentil Messort 1 7,50 m

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	69,3	NA	69,3	0	0,2477
Enduro	2	95	51,5	2,25	51,5	1,59	
Naked Bike	6	100	44,4	8,27	47,5	12,4	
PKW	4	81,8	40,4	3,09	39,9	2,41	
Supersport	5	129	55,1	16,2	54,8	23,7	
Tourenmotorrad	5	100	44,4	6,93	42,3	6,48	

**Tabelle 44: Lautheit Median Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	12	NA	12	0	0,3088
Enduro	2	95	13,2	2	13,2	1,41	
Naked Bike	6	100	13	3,12	11,5	4,31	
PKW	4	81,8	10	1,21	9,65	1,06	
Supersport	5	129	13,9	4,88	12,1	1,94	
Tourenmotorrad	5	100	11,4	2,66	11,2	1,89	

**Tabelle 45: Lautheit 5. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	11,4	NA	11,4	0	0,3752
Enduro	2	95	8,66	2,36	8,66	1,67	
Naked Bike	6	100	7,98	3,22	6,85	2,54	
PKW	4	81,8	6,75	0,49	6,71	0,321	
Supersport	5	129	8,09	2,18	7,17	1,94	
Tourenmotorrad	5	100	6,7	1,51	6,18	0,786	

#### 4.2.5.4 Rauigkeit Messort 1

Den höchsten Rauigkeitswert besitzen sowohl beim 95. Perzentil als auch beim Median, wie in Tabelle 46, Tabelle 47 sowie in Abbildung 51 zu sehen ist, die Enduros und den niedrigsten Wert die PKWs. Die höchste Geschwindigkeit wurde im Mittelwert mit 129 km/h bei den Supersport Motorrädern gemessen und die niedrigste bei den Choppern mit 68 km/h. Den geringsten Wert, bei Betrachtung des 5. Perzentils (vgl. Tabelle 48), besitzen die Tourenmotorräder, den höchsten die Chopper.

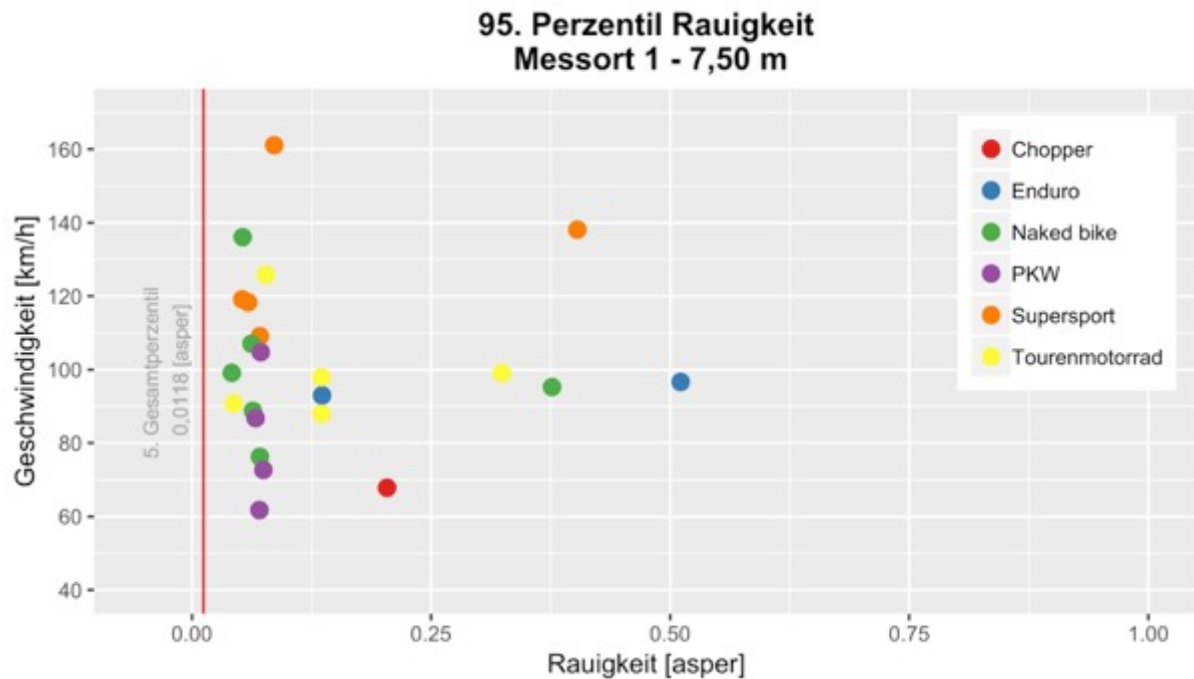


Abbildung 51: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 1

Durch die Ermittlung des p-Wertes wird deutlich, dass bei diesen Stichproben kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen und der gemessenen Lautheit vorherrscht. Ebenso konnten bei den Einzelmessungen, welche mit einem Abstand von 25 m und 50 m vorgenommen wurden, keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen und der ermittelten Rauigkeit festgestellt werden.

**Tabelle 46: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	0,204	NA	0,204	0	0,2507
Enduro	2	95	0,323	0,265	0,323	0,187	
Naked Bike	6	100	0,111	0,13	0,0629	0,0139	
PKW	4	81,8	0,0709	0,00337	0,0712	0,00309	
Supersport	5	129	0,134	0,151	0,0709	0,0272	
Tourenmotorrad	5	100	0,143	0,109	0,135	0,0582	

**Tabelle 47: Rauigkeit Median Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	0,059	NA	0,059	0	0,8591
Enduro	2	95	0,0844	0,073	0,0844	0,0516	
Naked Bike	6	100	0,0542	0,0537	0,0345	0,0101	
PKW	4	81,8	0,0338	0,00535	0,0345	0,00539	
Supersport	5	129	0,0455	0,0334	0,0309	0,0167	
Tourenmotorrad	5	100	0,045	0,0259	0,0455	0,0215	

**Tabelle 48: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	0,0363	NA	0,0363	0	0,3912
Enduro	2	95	0,0253	0,0146	0,0253	0,0104	
Naked Bike	6	100	0,0207	0,00838	0,0187	0,0116	
PKW	4	81,8	0,0215	0,00242	0,0217	0,00273	
Supersport	5	129	0,0236	0,0084	0,0224	0,00999	
Tourenmotorrad	5	100	0,0172	0,00415	0,0151	0,00103	

#### 4.2.5.5 Schärfe Messort 1

Bei der Schärfe kann als einziges bei den PKWs einen Zusammenhang zwischen steigender Schärfe mit steigender Geschwindigkeit erkannt werden. Bei den Supersport Motorrädern sinkt die Schärfe mit steigender Geschwindigkeit. Den höchste Schärfewert weist dabei das Naked Bike Nr. 15 und den niedrigsten die Supersport Nr. 1 auf. Werden die einzelnen Fahrzeuge unter Berücksichtigung der gefahrenen Geschwindigkeiten miteinander verglichen, besitzen die PKWs eine vergleichsweise hohe Schärfe.

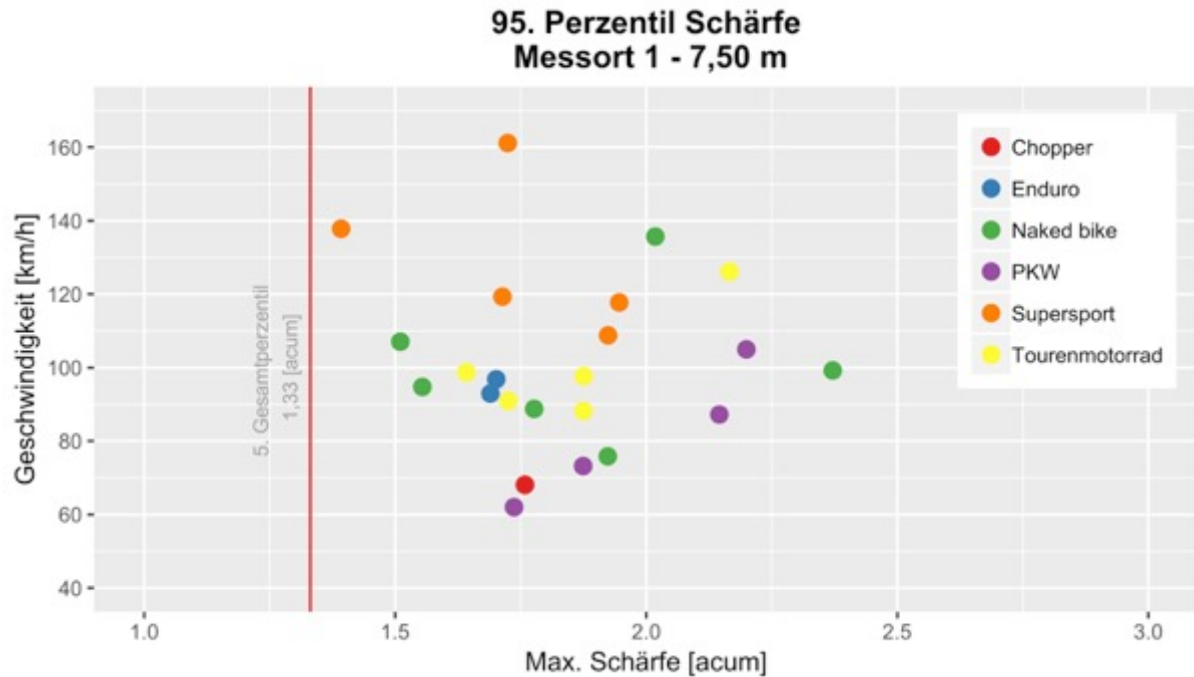


Abbildung 52: 95. Perzentil Schärfe Messort 1

Ein signifikanter Unterschied zwischen der Schärfe der einzelnen Fahrzeugtypen ist nicht vorhanden, sowohl bei den Ergebnissen, welche mit einem Messabstand von 7,50 m (Tabelle 49 bis Tabelle 51) zur Fahrstreifenachse aufgenommen wurden, als auch bei denjenigen mit den Abständen 25 m und 50 m zur Fahrstreifenachse.

**Tabelle 49: Schärfe 95. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	1,76	NA	1,76	0	0,5707
Enduro	2	95	1,7	0,0083	1,7	0,00587	
Naked Bike	6	100	1,86	0,32	1,85	0,385	
PKW	4	81,8	1,99	0,22	2,01	0,319	
Supersport	5	129	1,74	0,223	1,72	0,21	
Tourenmotorrad	5	100	1,86	0,2	1,88	0,15	

**Tabelle 50: Schärfe Median Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	1,39	NA	1,39	0	0,3888
Enduro	2	95	1,47	0,0311	1,47	0,022	
Naked Bike	6	100	1,56	0,132	1,55	0,181	
PKW	4	81,8	1,66	0,125	1,66	0,198	
Supersport	5	129	1,47	0,159	1,54	0,157	
Tourenmotorrad	5	100	1,52	0,203	1,43	0,212	

**Tabelle 51: Schärfe 5. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	1,17	NA	1,17	0	0,1057
Enduro	2	95	1,38	0,0153	1,38	0,0108	
Naked Bike	6	100	1,38	0,103	1,36	0,0678	
PKW	4	81,8	1,37	0,0892	1,4	0,0842	
Supersport	5	129	1,27	0,141	1,35	0,153	
Tourenmotorrad	5	100	1,36	0,178	1,32	0,308	



#### 4.2.5.6 Schwankungsstärke Messort 1

In Abbildung 52 ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen gefahrener Geschwindigkeit und dem 95. Perzentil der Schwankungsstärke zu erkennen. Je höher die Geschwindigkeit, desto höher ist auch das gemessene 95. Perzentil der Schwankungsstärke.

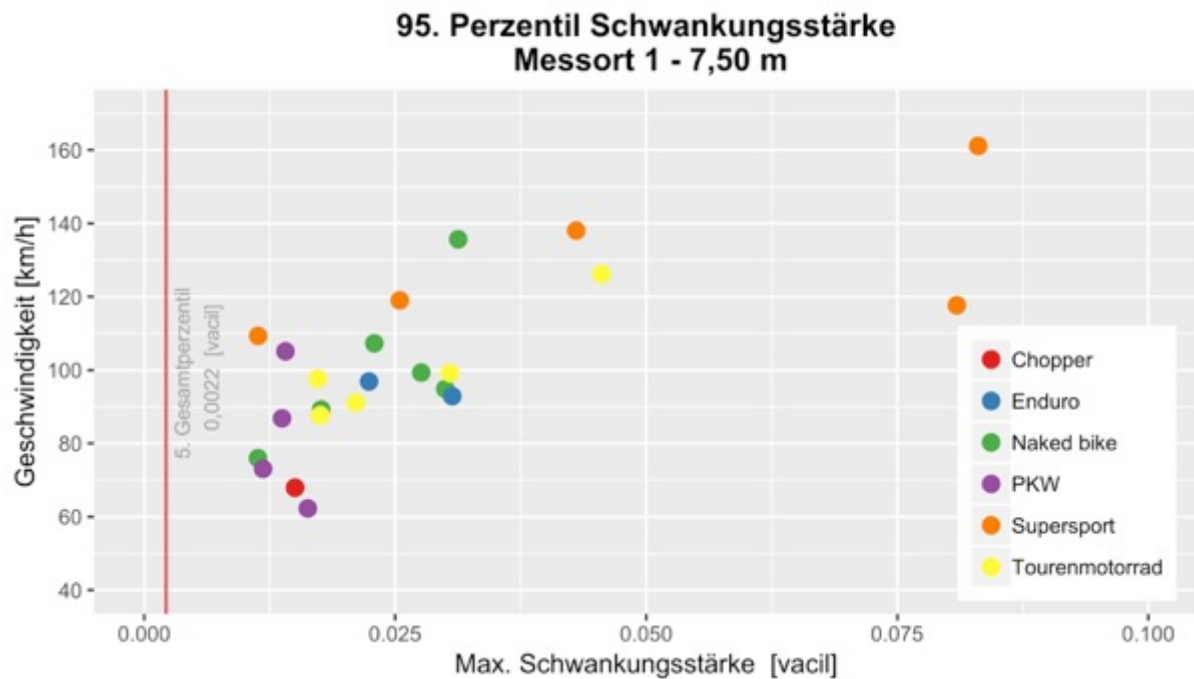


Abbildung 53: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 1

Die PKWs besitzen die geringsten Werte, sowie auch der Chopper, wobei hier nur ein Referenzfahrzeug gemessen wurde und diese Fahrzeuggruppe dadurch eine geringe Aussagekraft besitzt. Die höchsten gemessenen Werte werden hier von den Supersport Motorräder repräsentiert. Ein signifikanter Unterschied zwischen der Schwankungsstärke der einzelnen Fahrzeugtypen ist bei keiner der durchgeführten Kruskal-Wallis Analysen an Messort 1 vorhanden.

**Tabelle 52: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	0,015	NA	0,015	0	0,1657
Enduro	2	95	0,0265	0,00586	0,0265	0,00415	
Naked Bike	6	100	0,0235	0,00778	0,0252	0,0104	
PKW	4	81,8	0,014	0,00183	0,0139	0,00137	
Supersport	5	129	0,0488	0,0324	0,043	0,0555	
Tourenmotorrad	5	100	0,0264	0,012	0,0211	0,0129	

**Tabelle 53: Schwankungsstärke Median Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	0,006	NA	0,006	0	0,2558
Enduro	2	95	0,00441	0,002	0,00441	0,00141	
Naked Bike	6	100	0,0053	0,00201	0,0048	0,00203	
PKW	4	81,8	0,00498	0,00144	0,0045	0,00152	
Supersport	5	129	0,00713	0,00514	0,00613	0,00188	
Tourenmotorrad	5	100	0,00331	0,00112	0,003	0,00147	

**Tabelle 54: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 1 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	68	0,00539	NA	0,00539	0	0,3912
Enduro	2	95	0,00282	0,00125	0,00282	0,000887	
Naked Bike	6	100	0,00254	0,000386	0,00247	0,000553	
PKW	4	81,8	0,003	0,000552	0,00311	0,000527	
Supersport	5	129	0,00326	0,00129	0,0027	0,0012	
Tourenmotorrad	5	100	0,00163	0,000694	0,00202	0,0012	

#### 4.2.6 Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 2

Bei den Einzelmessungen des Messortes 2 konnten insgesamt 28 Motorräder und 5 PKWs ermittelt werden. Die Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen ist dabei unterschiedlich hoch, da aus jeder Gesamtmessung eine unterschiedliche Anzahl an störungsfreien Aufnahmen der Fahrzeuge gewonnen werden konnte. Eine genaue Auflistung der Fahrzeuge pro Messort befindet sich im Anhang [3]. Durch das hohe Verkehrsaufkommen konnte nur eine geringe Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen aus den Gesamtmessungen herausgefiltert werden, wodurch die Aussagekraft der Analysen geschwächt wird. Bei den Analysen im Abstand von 25 m sowie 50 m wurden keine signifikanten Unterschiede der einzelnen Fahrzeugtypen festgestellt. Daher sind in diesem Kapitel nur die Ergebnisse, welche in einem Abstand von 7,50 m von der Fahrstreifenachse aus ermittelt wurden, in Tabellen dargestellt.

##### 4.2.6.1 SPL(A) Messort 2

Durch die Analyse des 95. Perzentils des A-bewerteten SPL in Tabelle 55 ist zu sehen, dass die Gruppe der Chopper den höchsten A-bewerteten Schalldruckpegel vorweisen und die Tourenmotorräder den geringsten. Da der p-Wert hier unter 5% liegt, herrscht ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten vor.

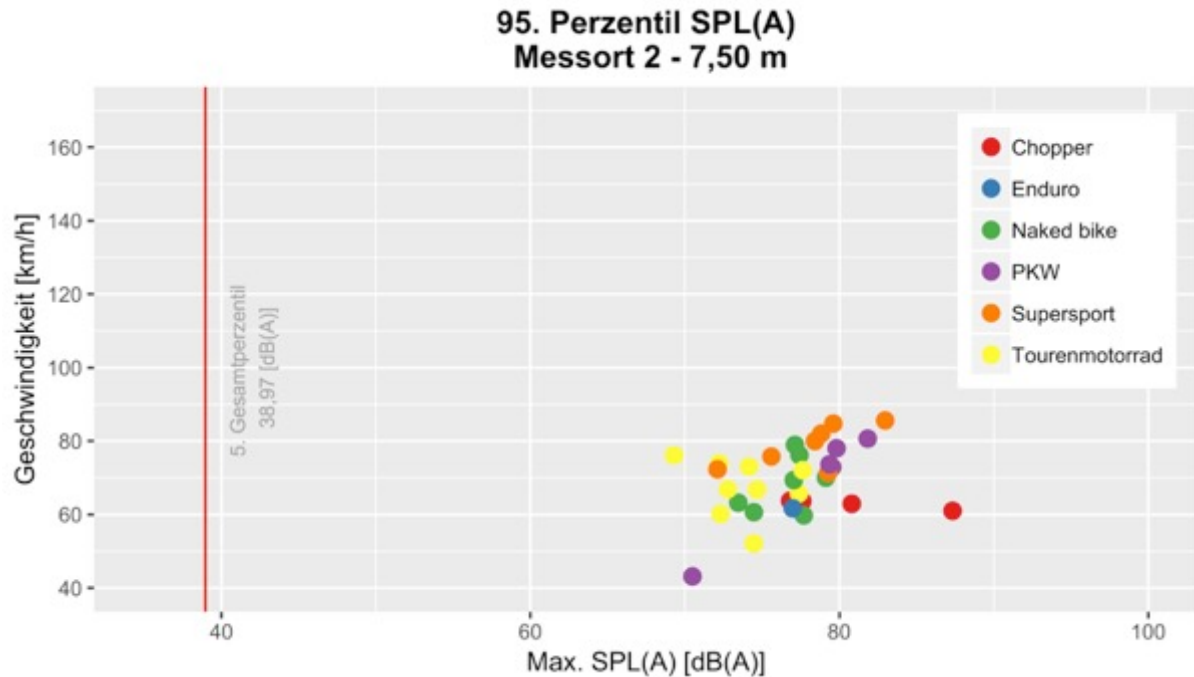


Abbildung 54: 95. Perzentil SPL(A) Messort 2

Da die durch die Kruskal-Wallis Analyse ein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrzeugarten nachgewiesen werden konnte, wurde als weiterführende Überprüfung ein paarweiser Wilcoxon Test durchgeführt. Beim paarweisen Vergleich wurde keine Signifikanz zwischen den Fahrzeugtypen ermittelt. Bei den Analysen des Medians sowie des 5. Perzentils des SPL(A) ist der Unterschied der einzelnen Fahrzeugarten nicht signifikant (vgl. Tabelle 56 und Tabelle 57).

**Tabelle 55: SPL(A) 95. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	80,6	4,78	79,2	5,03	0,04643
Enduro	1	62	77	NA	77	0	
Naked Bike	7	68,3	76,6	1,96	77,1	1,8	
PKW	5	69,8	78,2	4,43	79,5	0,461	
Supersport	7	78,9	78,1	3,42	78,8	2,43	
Tourenmotorrad	9	67,4	73,9	2,62	74,2	2,36	

**Tabelle 56: SPL(A) Median Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	61,9	2,82	60,8	2,65	0,1269
Enduro	1	62	57,4	NA	57,4	0	
Naked Bike	7	68,3	62,6	4,68	61,6	3,01	
PKW	5	69,8	62,4	2,26	62,2	0,23	
Supersport	7	78,9	62,6	1,87	63,3	2,28	
Tourenmotorrad	9	67,4	59,7	2,13	59	2,18	

**Tabelle 57: SPL(A) 5. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	53,1	2,99	52,5	3,09	0,1724
Enduro	1	62	47	NA	47	0	
Naked Bike	7	68,3	52,7	4,43	51,7	4,95	
PKW	5	69,8	53,9	1,54	53,7	1,84	
Supersport	7	78,9	53,1	4,16	54,3	6,22	
Tourenmotorrad	9	67,4	50,4	2,59	50,2	3,21	

#### 4.2.6.2 SPL(C) Messort 2

Bei der Analyse des 95. Perzentils des SPL(C) an Messort 2 (vgl. Tabelle 58) wurden die höchsten Werte bei den Choppern festgestellt und die geringsten bei den Tourenmotorrädern. Der Unterschied beträgt dabei knapp 8 dB(C). Es ist ein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrzeugarten vorhanden, sowohl bei der Analyse vom 95. und 5. Perzentil als auch bei der vom Median, da der p-Wert in allen drei Analysen unter 5% liegt (vgl. Tabelle 58 bis Tabelle 60).

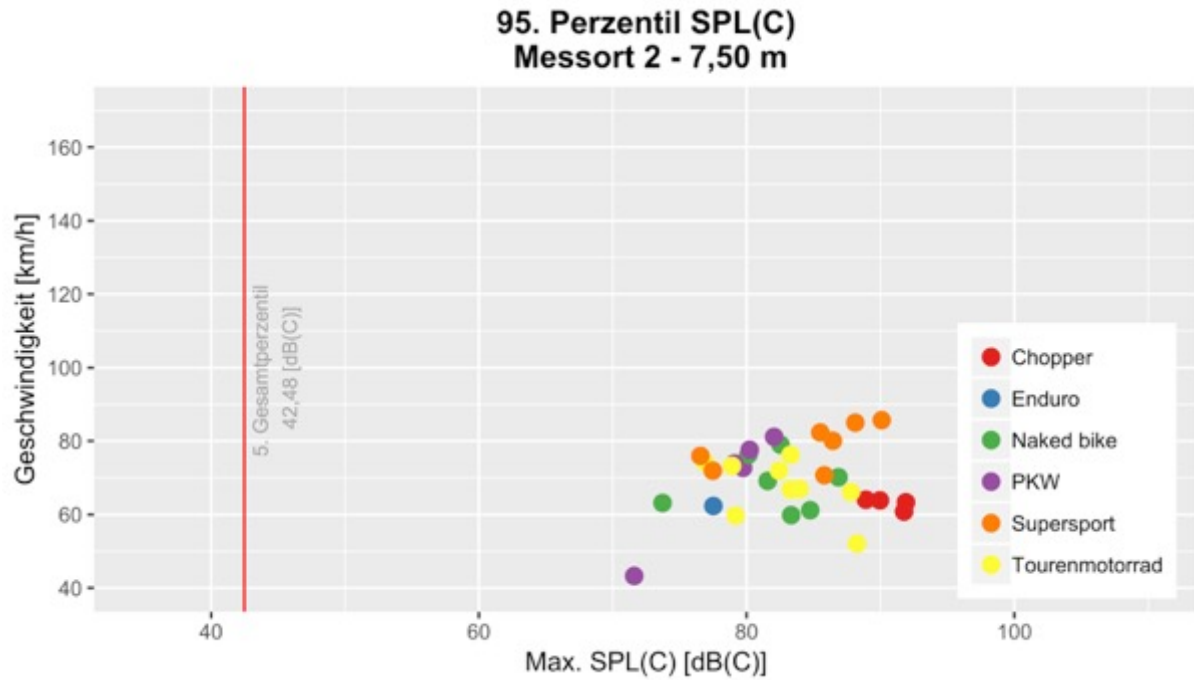


Abbildung 55: 95. Perzentil SPL(C) Messort 2

Beim darauffolgenden paarweisen Vergleich konnte zwischen Chopper und Naked Bikes sowie zwischen Chopper und Tourenmotorrädern ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Bei den Analysen der Messungen in einer Entfernung von 25 m und 50 m konnten keine signifikanten Unterschiede in den Analysen festgestellt werden.

Tabelle 58: SPL(C) 95. Perzentil Messort 2 7,50 m

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	90,6	1,45	90,9	2,09	0,01687
Enduro	1	62	77,5	NA	77,5	0	
Naked Bike	7	68,3	81,8	4,19	82,5	3,19	
PKW	5	69,8	78,5	4,03	79,7	1,13	
Supersport	7	78,9	84,3	5,21	85,8	5,79	
Tourenmotorrad	9	67,4	82,7	3,87	83,3	4,78	

Tabelle 59: SPL(C) Median Messort 2 7,50 m

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	73,7	0,781	73,7	0,918	0,0116
Enduro	1	62	60,3	NA	60,3	0	
Naked Bike	7	68,3	69,2	3,6	68,8	2,92	
PKW	5	69,8	63,4	2,23	63,6	1,92	
Supersport	7	78,9	68,4	4,69	69,6	4,51	
Tourenmotorrad	9	67,4	67,8	4,54	68,6	3,66	

Tabelle 60: SPL(C) 5. Perzentil Messort 2 7,50 m

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	65,7	1,38	65,7	2,22	0,01367
Enduro	1	62	51,3	NA	51,3	0	
Naked Bike	7	68,3	60,7	4,43	61,7	3,94	
PKW	5	69,8	55,9	1,46	56,7	1,88	
Supersport	7	78,9	58,9	5,78	60,5	5,33	
Tourenmotorrad	9	67,4	58,4	4,92	57,6	3,64	

#### 4.2.6.3 Lautheit Messort 2

Bei der ermittelten Lautheit des Messortes 2 haben die PKWs die niedrigsten Werte und die Chopper die höchsten. Da der p-Wert bei der Analyse des 95. Perzentils in Tabelle 61 sowie bei der Analyse des Medians in Tabelle 62 unter 5% liegt, besteht bei diesen beiden Analysen ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten. Beim weiterführenden paarweisen Vergleich wurde allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrzeugtypen festgestellt.

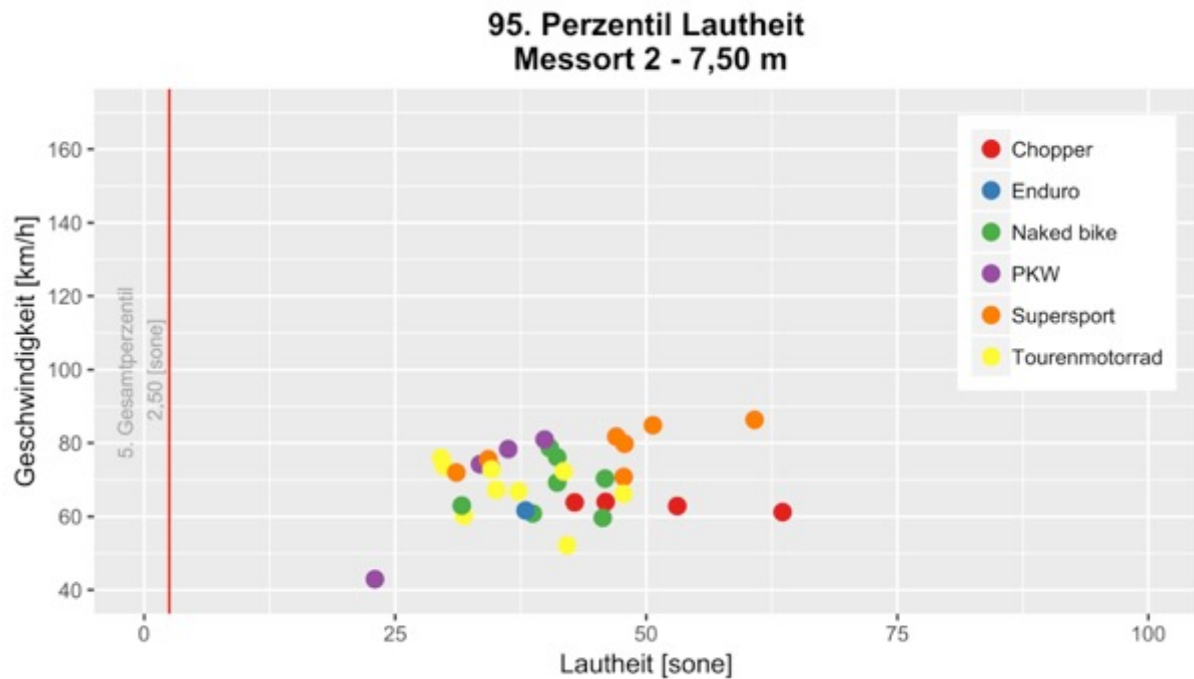


Abbildung 56: 95. Perzentil Lautheit Messort 2

Bei den Analysen der Messungen, welche in einem Messabstand von 25 m und 50 m durchgeführt wurden, besteht bei keinem der Vergleiche ein signifikanter Unterschied der unterschiedlichen Fahrzeugarten bezogen auf die Stärke der Lautheit (p-Wert liegt unter 0,05).

**Tabelle 61: Lautheit 95. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	51,4	9,2	49,5	10,5	0,02769
Enduro	1	62	38	NA	38	0	
Naked Bike	7	68,3	40,6	4,8	41,1	3,85	
PKW	5	69,8	33,4	6,33	34,6	2,81	
Supersport	7	78,9	45,6	10,1	47,8	8,61	
Tourenmotorrad	9	67,4	36,6	6,18	35,1	9,94	

**Tabelle 62: Lautheit Median Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	15,8	1,48	15,4	1,38	0,04451
Enduro	1	62	10,9	NA	10,9	0	
Naked Bike	7	68,3	15,7	3,85	15,2	1,79	
PKW	5	69,8	11,9	1,36	11,7	1,01	
Supersport	7	78,9	15,1	2,25	16,2	3,19	
Tourenmotorrad	9	67,4	13,4	2,14	13,3	1,65	



**Tabelle 63: Lautheit 5. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	9,36	1,77	8,79	1,69	0,1957
Enduro	1	62	5,38	NA	5,38	0	
Naked Bike	7	68,3	8,49	2,17	7,76	3,03	
PKW	5	69,8	7,09	0,588	7,01	0,338	
Supersport	7	78,9	8,46	1,93	8,77	2,61	
Tourenmotorrad	9	67,4	7,8	1,37	7,45	1,65	

#### 4.2.6.4 Rauigkeit Messort 2

Wie in der Tabelle 64 sowie in der Abbildung 57 zu sehen ist, besitzen die Chopper, trotz relativ geringen Geschwindigkeiten, die höchste Rauigkeit der Messung 2.

Die 5 PKWs besitzen im arithmetischen Mittel die zweitgeringsten Rauigkeitswerte, die niedrigsten weist die Enduro auf, wobei hier nur ein Referenzfahrzeug vorhanden ist, wodurch zu diesem Fahrzeugtyp nur deskriptive Aussagen gemacht werden können.

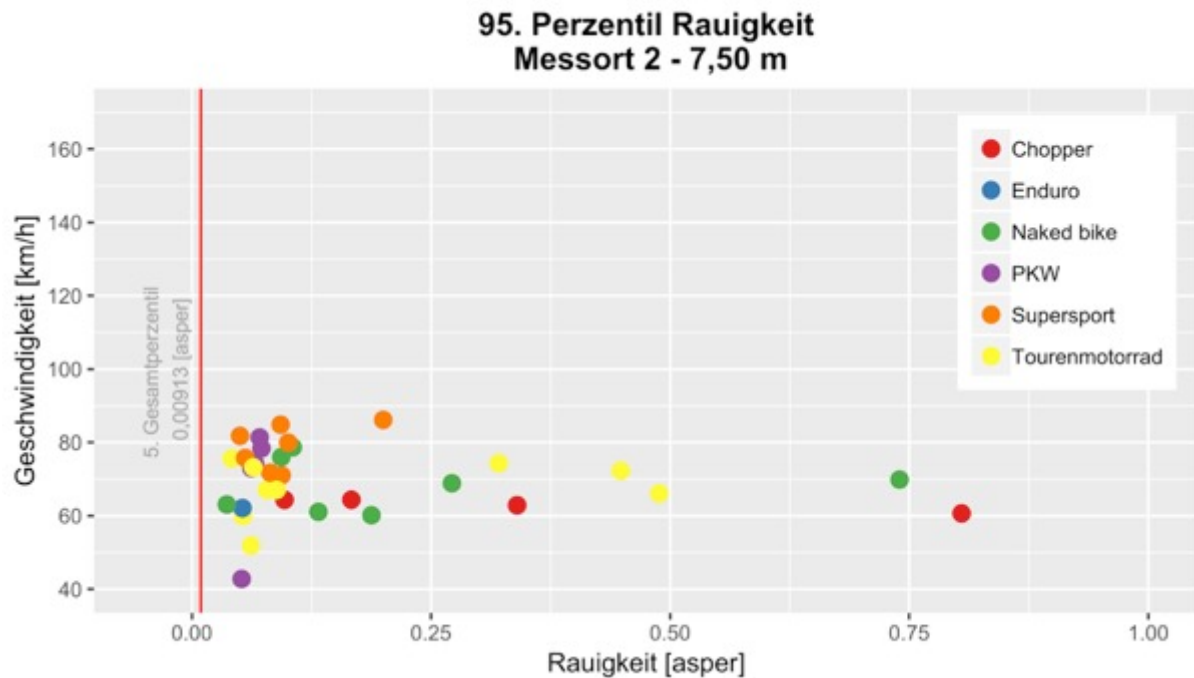


Abbildung 57: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 2

Die höchsten Werte wurden bei den Fahrzeuggruppen Chopper, Naked Bike und Tourenmotorrad gemessen. Die Geschwindigkeit spielt bei der Höhe der Rauigkeit laut Abbildung 57 keine sichtbare Rolle. Die Enduros sowie PKWs befinden sich im unteren Bereich der Rauigkeitswerte, wohingegen die Chopper sowie Naked Bikes durchschnittlich die höchsten Werte aufweisen. Der p-Wert liegt bei allen durchgeführten Messungen über 5%, somit besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen.

**Tabelle 64: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 2**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	0,352	0,319	0,253	0,307	0,0836
Enduro	1	62	0,0528	NA	0,0528	0	
Naked Bike	7	68,3	0,224	0,24	0,132	0,13	
PKW	5	69,8	0,0646	0,00825	0,0658	0,00881	
Supersport	7	78,9	0,0963	0,0496	0,0926	0,0284	
Tourenmotorrad	9	67,4	0,183	0,183	0,0784	0,259	

**Tabelle 65: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 2**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	0,12	0,0958	0,089	0,0996	0,1066
Enduro	1	62	0,0308	NA	0,0308	0	
Naked Bike	7	68,3	0,0743	0,0741	0,0488	0,0174	
PKW	5	69,8	0,0385	0,00418	0,0369	0,00366	
Supersport	7	78,9	0,0417	0,0158	0,0354	0,00776	
Tourenmotorrad	9	67,4	0,0585	0,0471	0,0375	0,0396	

**Tabelle 66: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 2**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	0,0255	0,00414	0,0242	0,00416	0,1546
Enduro	1	62	0,0142	NA	0,0142	0	
Naked Bike	7	68,3	0,0285	0,0141	0,0253	0,00687	
PKW	5	69,8	0,0248	0,00245	0,024	0,00205	
Supersport	7	78,9	0,021	0,00484	0,0203	0,00479	
Tourenmotorrad	9	67,4	0,0204	0,00561	0,0211	0,00653	

#### 4.2.6.5 Schärfe Messort 2

Bei Betrachtung der Tabelle 67 wird ersichtlich, dass die Chopper die geringsten Werte der Schärfe besitzen. Die höchsten mittleren Schärfewerte tragen neben der Enduro die PKWs. Die Mittelwerte der einzelnen Fahrzeugarten weisen dabei einen signifikanten Unterschied auf, wie in der Tabelle 67 sowie in Tabelle 69 zu sehen ist.

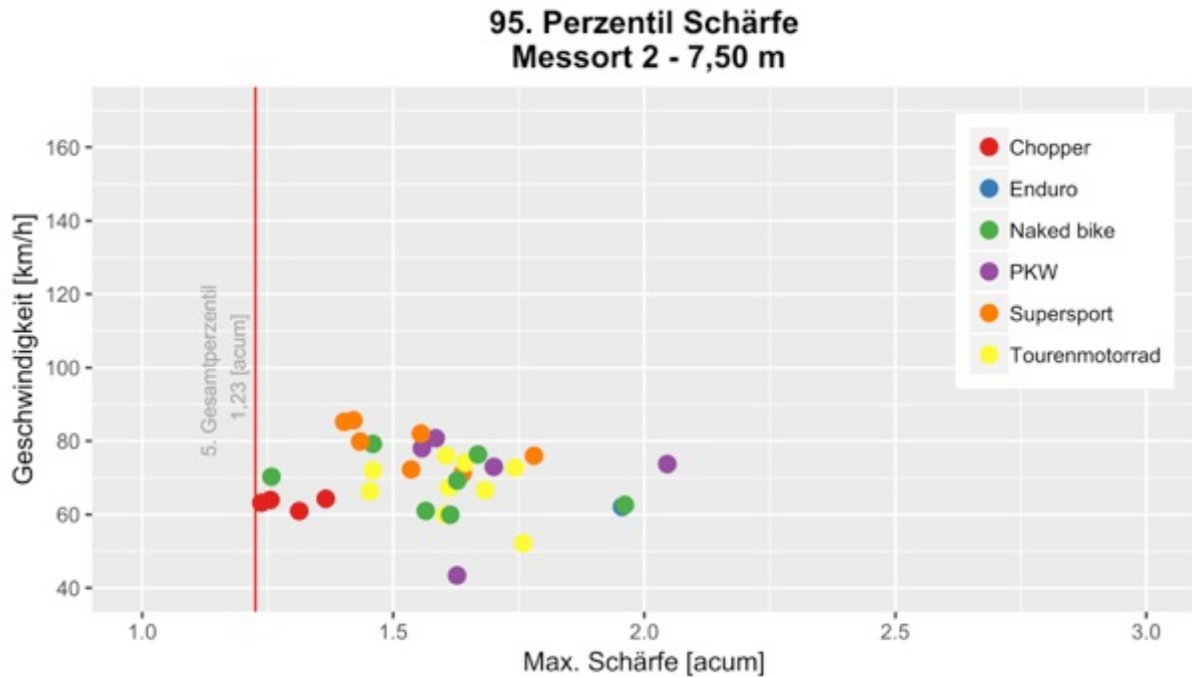


Abbildung 58: 95. Perzentil Schärfe Messort 2

Beim paarweisen Vergleich herrscht ein signifikanter Unterschied vor, und zwar zwischen Chopper und Supersport Motorräder als auch zwischen Chopper und Tourenmotorrad. Bei den Analysen der Schärfewerte mit den Messabständen von 25 m und 50 m herrschen keine Signifikanzen vor.

**Tabelle 67: Schärfe 95. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	1,29	0,0583	1,28	0,0753	0,0186
Enduro	1	62	1,96	NA	1,96	0	
Naked Bike	7	68,3	1,59	0,214	1,61	0,136	
PKW	5	69,8	1,7	0,199	1,63	0,116	
Supersport	7	78,9	1,54	0,137	1,54	0,169	
Tourenmotorrad	9	67,4	1,62	0,108	1,61	0,079	

**Tabelle 68: Schärfe Median Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	1,14	0,0436	1,15	0,0508	0,01636
Enduro	1	62	1,65	NA	1,65	0	
Naked Bike	7	68,3	1,35	0,165	1,31	0,06	
PKW	5	69,8	1,43	0,0349	1,43	0,034	
Supersport	7	78,9	1,35	0,108	1,34	0,145	
Tourenmotorrad	9	67,4	1,39	0,101	1,42	0,153	

**Tabelle 69: Schärfe 5. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	0,999	0,0486	1	0,0456	0,01072
Enduro	1	62	1,43	NA	1,43	0	
Naked Bike	7	68,3	1,21	0,136	1,2	0,0864	
PKW	5	69,8	1,29	0,0492	1,27	0,0481	
Supersport	7	78,9	1,2	0,119	1,21	0,189	
Tourenmotorrad	9	67,4	1,22	0,0685	1,24	0,0929	

#### 4.2.6.6 Schwankungsstärke Messort 2

In diesem Kapitel konnte bei keiner der Analysen ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen und der Höhe des gemittelten Medians, dem 95. sowie dem 5. Perzentil der Schwankungsstärke festgestellt werden (vgl. Tabelle 70 bis Tabelle 72).

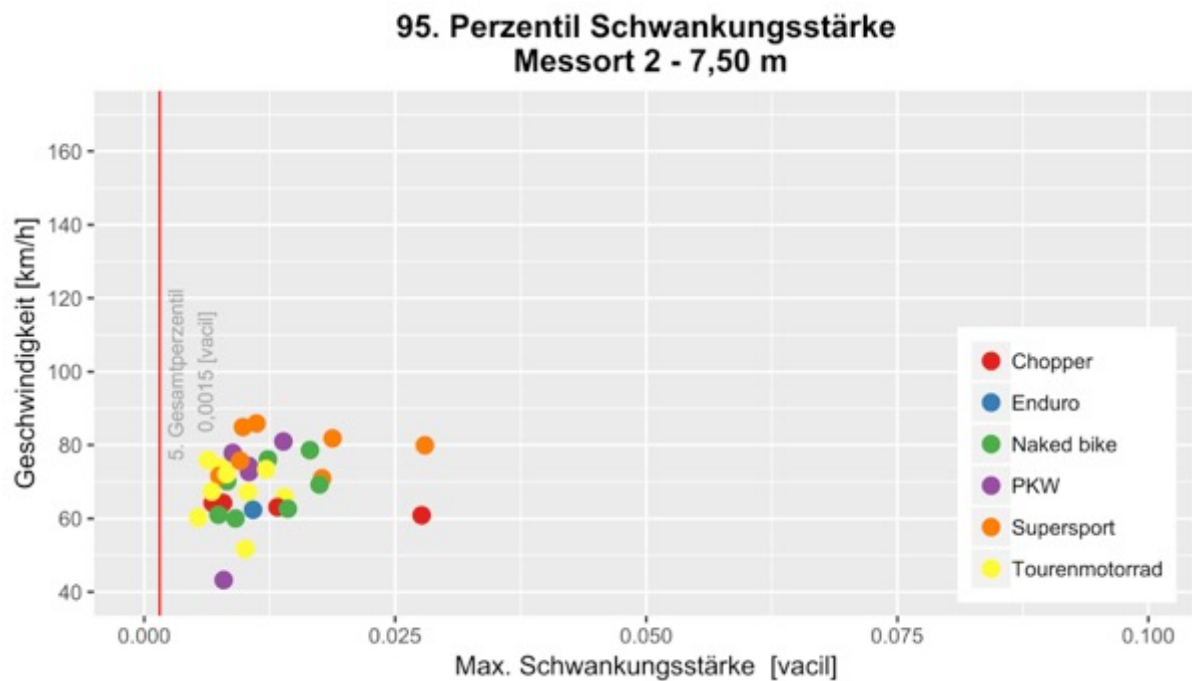


Abbildung 59: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 2

**Tabelle 70: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	0,0139	0,00958	0,0106	0,00927	0,4322
Enduro	1	62	0,0108	NA	0,0108	0	
Naked Bike	7	68,3	0,0122	0,00407	0,0123	0,00674	
PKW	5	69,8	0,0103	0,00226	0,0104	0,00164	
Supersport	7	78,9	0,0146	0,00726	0,0112	0,00854	
Tourenmotorrad	9	67,4	0,00899	0,00285	0,00821	0,00359	

**Tabelle 71: Schwankungsstärke Median Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	0,00464	0,000942	0,00465	0,00148	0,9077
Enduro	1	62	0,00428	NA	0,00428	0	
Naked Bike	7	68,3	0,00467	0,00123	0,00463	0,00133	
PKW	5	69,8	0,00477	0,00124	0,00472	0,000972	
Supersport	7	78,9	0,00509	0,00111	0,00467	0,000958	
Tourenmotorrad	9	67,4	0,0044	0,000833	0,0045	0,00137	

**Tabelle 72: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 2 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	63	0,00222	0,000522	0,00213	0,000423	0,4824
Enduro	1	62	0,00257	NA	0,00257	0	
Naked Bike	7	68,3	0,00263	0,000517	0,00255	0,000741	
PKW	5	69,8	0,00316	0,000822	0,00289	0,000518	
Supersport	7	78,9	0,0027	0,000582	0,00254	0,000872	
Tourenmotorrad	9	67,4	0,00256	0,000615	0,0025	0,000774	

#### 4.2.7 Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 3

Bei den Einzelmessungen des Messortes 3 wurden insgesamt 28 Motorräder und 23 PKWs ermittelt. Die Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen ist dabei unterschiedlich hoch, da aus jeder Gesamtmessung eine unterschiedliche Anzahl an störungsfreien Aufnahmen der Fahrzeuge gewonnen werden konnte. Eine genaue Auflistung der Fahrzeugtypen pro Messort befindet sich im Anhang [3]. Durch das hohe Verkehrsaufkommen konnte nur eine relativ geringe Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen aus den Gesamtmessungen herausgefiltert werden, wodurch die Aussagekraft der Analysen geschwächt wird. Bei den Analysen im Abstand von 25 m sowie 50 m wurden keine signifikanten Unterschiede der einzelnen Fahrzeugtypen festgestellt. Daher sind in diesem Kapitel nur

die Ergebnisse, welche mit einem Abstand von 7,50 m von der Fahrstreifenachse aus ermittelt wurden, in Tabellen dargestellt.

#### 4.2.7.1 SPL(A) Messort 3

Bei der Analyse des 95. Perzentils des A-bewerteten SPL an Messort 3 (mit einem Abstand von 7,50 m zur Fahrstreifenachse) herrscht kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten vor, genauso wenig wie beim Median.

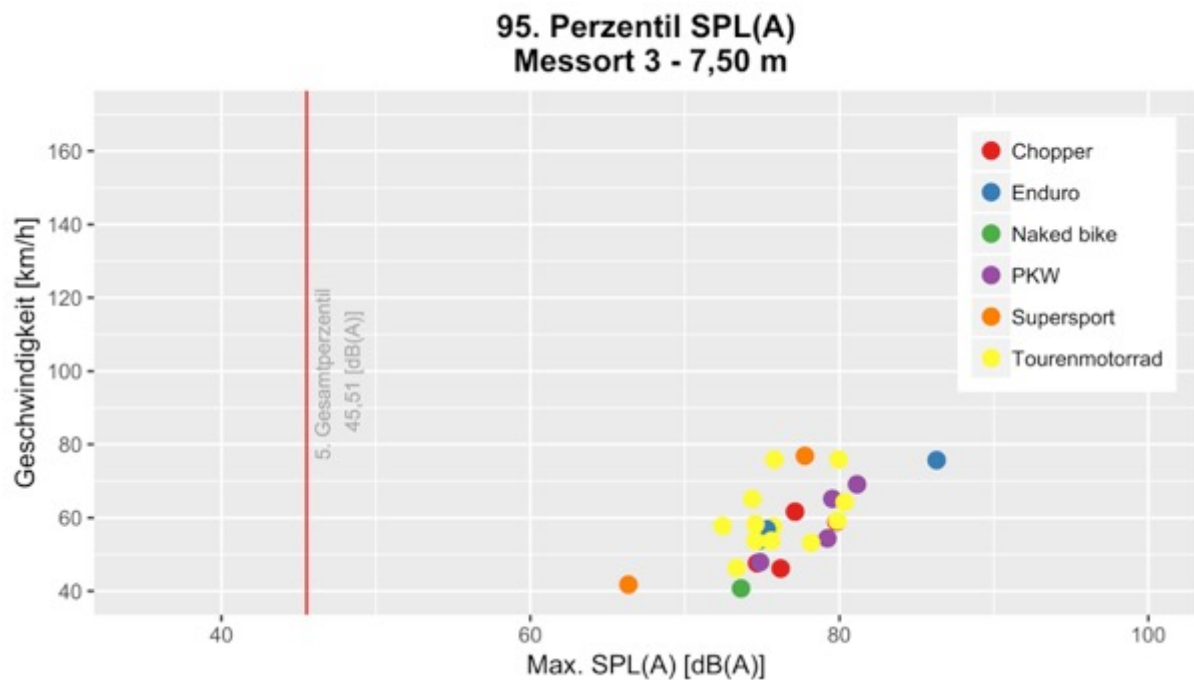


Abbildung 60: 95. Perzentil SPL(A) Messort 3

Da der p-Wert der Analyse vom 5. Perzentil, wie in Tabelle 75 dargestellt ist, unter 5% liegt, herrscht hier ein signifikanter Unterschied vor. Beim weiterführenden paarweisen Vergleich wurde jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten ermittelt. Bei den beiden Messungen in den Abständen 25 m und 50 m zur Fahrstreifenachse wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt.

**Tabelle 73: SPL(A) 95. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	77	2,16	76,7	1,98	0,3443
Enduro	2	66,5	80,8	7,78	80,8	5,5	
Naked Bike	2	47,5	74,2	0,84	74,2	0,594	
PKW	4	59	78,7	2,69	79,4	1,81	
Supersport	2	59,5	72,1	8,08	72,1	5,71	
Tourenmotorrad	13	59,8	76,1	2,62	75,6	3,6	

**Tabelle 74: SPL(A) Median Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	64,8	2,15	65	2,86	0,07004
Enduro	2	66,5	65,6	4,24	65,6	3	
Naked Bike	2	47,5	61,5	0,75	61,5	0,53	
PKW	4	59	67,6	2,78	67,8	2,88	
Supersport	2	59,5	63,2	9,33	63,2	6,59	
Tourenmotorrad	13	59,8	62	2,27	62,1	3,06	

**Tabelle 75: SPL(A) 5. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	54,4	2,48	54,4	3,79	0,04945
Enduro	2	66,5	50,8	2,21	50,8	1,56	
Naked Bike	2	47,5	50,4	0,477	50,4	0,337	
PKW	4	59	52,4	2,51	52,6	3,91	
Supersport	2	59,5	54	5,13	54	3,63	
Tourenmotorrad	13	59,8	49,6	2,97	48,6	1,52	

#### 4.2.7.2 SPL(C) Messort 3

Beim Vergleich aller gemessenen Einzelfahrzeuge von Messort 3 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten, mit Ausnahme der Analyse des 5. Perzentils in einem Abstand von 7,50 m zur Fahrstreifenachse (vgl. Tabelle 78).



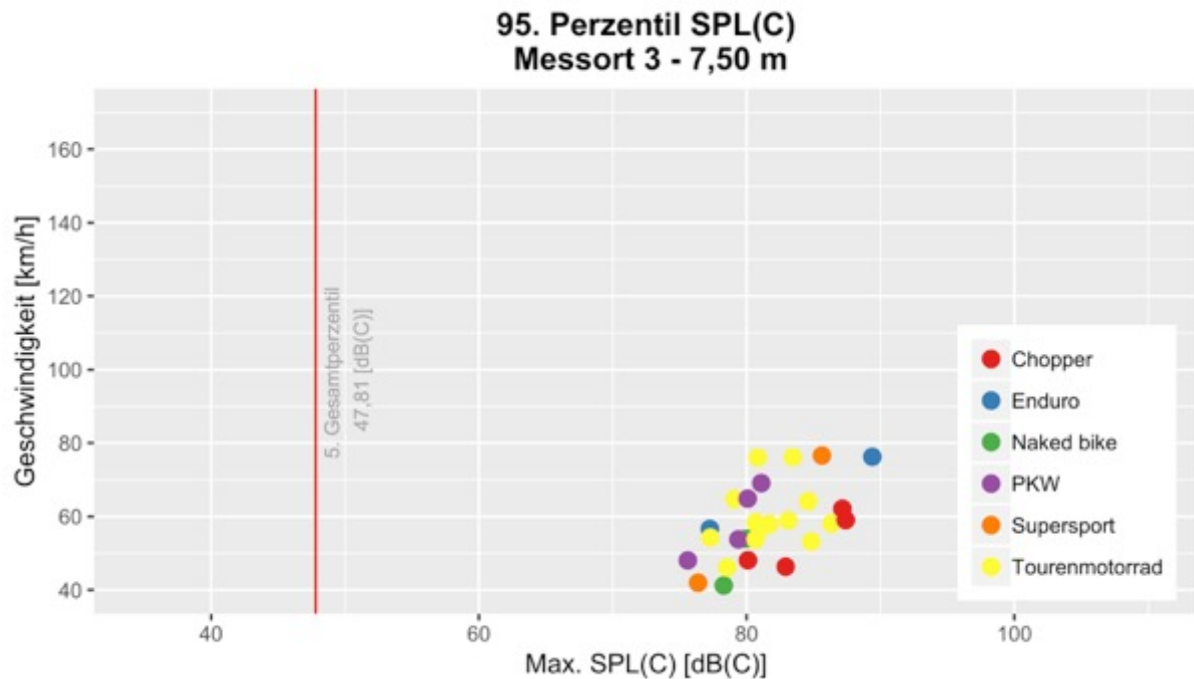


Abbildung 61: 95. Perzentil SPL(C) Messort 3

Die Chopper sowie die Supersport Motorräder besitzen beim Vergleich des 5. Perzentils die höchsten gemittelten Werte und die Enduros die geringsten. Beim paarweisen Vergleich wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

**Tabelle 76: SPL(C) 95. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	84,4	3,53	85	5,01	0,2993
Enduro	2	66,5	83,3	8,58	83,3	6,07	
Naked Bike	2	47,5	79,1	1,19	79,1	0,839	
PKW	4	59	79	2,4	79,7	1,89	
Supersport	2	59,5	81	6,54	81	4,63	
Tourenmotorrad	13	59,8	81,7	2,65	81,1	2,78	

**Tabelle 77: SPL(C) Median Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	69,5	3,39	69,5	5,71	0,1034
Enduro	2	66,5	64,8	0,269	64,8	0,19	
Naked Bike	2	47,5	66,1	1,65	66,1	1,17	
PKW	4	59	68,1	2,23	68,3	2,69	
Supersport	2	59,5	71,5	3,64	71,5	2,57	
Tourenmotorrad	13	59,8	67,5	2,48	68	3,58	

**Tabelle 78: SPL(C) 5. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	62,9	4,03	63,5	3,87	0,03543
Enduro	2	66,5	53,8	1,77	53,8	1,25	
Naked Bike	2	47,5	57	0,434	57	0,307	
PKW	4	59	54,9	1,36	55,1	1,58	
Supersport	2	59,5	62,9	2,6	62,9	1,84	
Tourenmotorrad	13	59,8	56,8	4,79	57,1	6,26	

### 4.2.7.3 Lautheit Messort 3

Der p-Wert liegt bei allen durchgeführten Analysen der ermittelten Lautheit an Messort 3 über 5%, wodurch kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten besteht. Wie in Abbildung 62 zu erkennen ist, besteht ein Zusammenhang zwischen steigender Geschwindigkeit und steigender Lautheit im 95. Perzentil.

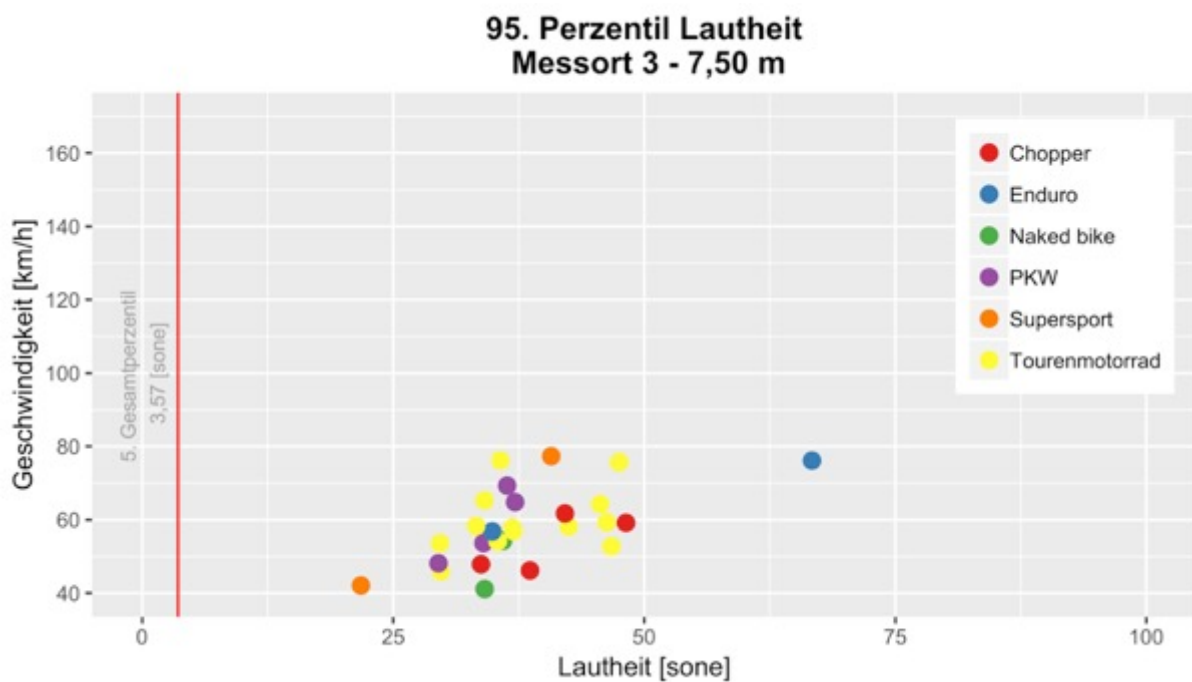


Abbildung 62: 95. Perzentil Lautheit Messort 3

**Tabelle 79: Lautheit 95. Perzentil Messort 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	40,7	6,07	40,4	6,22	0,6554
Enduro	2	66,5	50,8	22,5	50,8	15,9	
Naked Bike	2	47,5	35	1,28	35	0,907	
PKW	4	59	34,2	3,43	35,2	3,68	
Supersport	2	59,5	31,3	13,4	31,3	9,47	
Tourenmotorrad	13	59,8	38,5	6,45	36,9	11,5	

**Tabelle 80: Lautheit Median Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	16,3	3,62	16,1	4,52	0,8012
Enduro	2	66,5	17,8	4,73	17,8	3,34	
Naked Bike	2	47,5	14,6	0,948	14,6	0,67	
PKW	4	59	15,7	1,68	16	2,25	
Supersport	2	59,5	15,4	5,34	15,4	3,78	
Tourenmotorrad	13	59,8	14,2	3,33	14,3	4,29	

**Tabelle 81: Lautheit 5. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	8,67	0,835	8,64	0,87	0,0242
Enduro	2	66,5	7,14	1,39	7,14	0,981	
Naked Bike	2	47,5	6,75	0,161	6,75	0,114	
PKW	4	59	6,28	1,1	6,17	1,23	
Supersport	2	59,5	9,19	2,64	9,19	1,86	
Tourenmotorrad	13	59,8	6,03	1,18	6,06	1,33	

#### 4.2.7.4 Rauigkeit Messort 3

Mittels der Analyse der Fahrzeugarten in Bezug auf die Rauigkeit konnte bei keiner der Messungen ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugarten festgestellt werden. Dies wurde für das 95. und 5. Perzentil der Rauigkeit sowie für den Median überprüft.

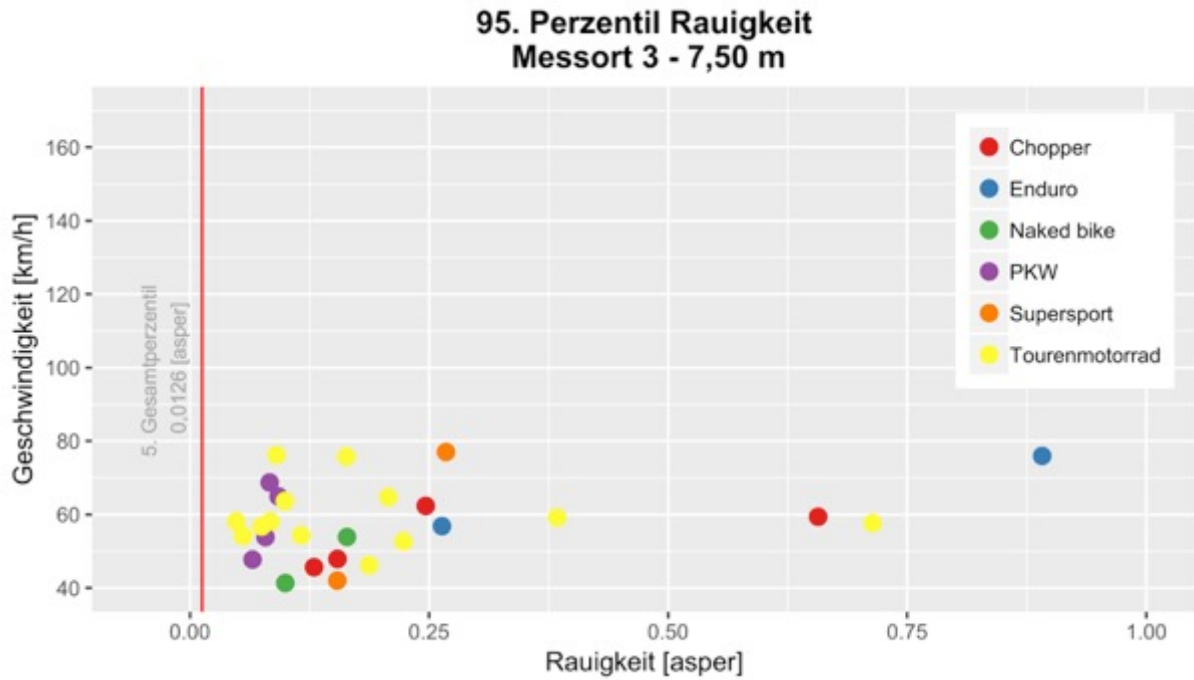


Abbildung 63: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 3

**Tabelle 82: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	0,297	0,245	0,2	0,201	0,07454
Enduro	2	66,5	0,577	0,444	0,577	0,314	
Naked Bike	2	47,5	0,132	0,0456	0,132	0,0323	
PKW	4	59	0,08	0,0113	0,0811	0,00999	
Supersport	2	59,5	0,211	0,0804	0,211	0,0569	
Tourenmotorrad	13	59,8	0,188	0,183	0,116	0,123	

**Tabelle 83: Rauigkeit Median Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	0,0875	0,0345	0,0762	0,0257	0,07151
Enduro	2	66,5	0,175	0,046	0,175	0,0325	
Naked Bike	2	47,5	0,0542	0,0304	0,0542	0,0215	
PKW	4	59	0,0489	0,00716	0,0491	0,00495	
Supersport	2	59,5	0,0559	0,0135	0,0559	0,00952	
Tourenmotorrad	13	59,8	0,0551	0,0354	0,0439	0,0211	

**Tabelle 84: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 3**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	0,0336	0,00642	0,0337	0,00449	0,1027
Enduro	2	66,5	0,0191	0,0021	0,0191	0,00149	
Naked Bike	2	47,5	0,0223	0,00611	0,0223	0,00432	
PKW	4	59	0,0243	0,00651	0,0241	0,00845	
Supersport	2	59,5	0,0256	0,0135	0,0256	0,00952	
Tourenmotorrad	13	59,8	0,0188	0,00854	0,0152	0,00588	

#### 4.2.7.5 Schärfe Messort 3

Bei Betrachtung der Schärfewerte an Messort 3, weisen laut Kruskal-Wallis Analyse die verschiedenen Fahrzeugtypen keine signifikanten Unterschiede zueinander auf (vgl. Tabelle 85 bis Tabelle 87). Die höchsten Maximalwerte wurden dabei bei den PKWs ermittelt. Die Supersport Motorräder wiesen sowohl im 95. und 5. Perzentil als auch im Median durchschnittlich die geringsten Werte auf.

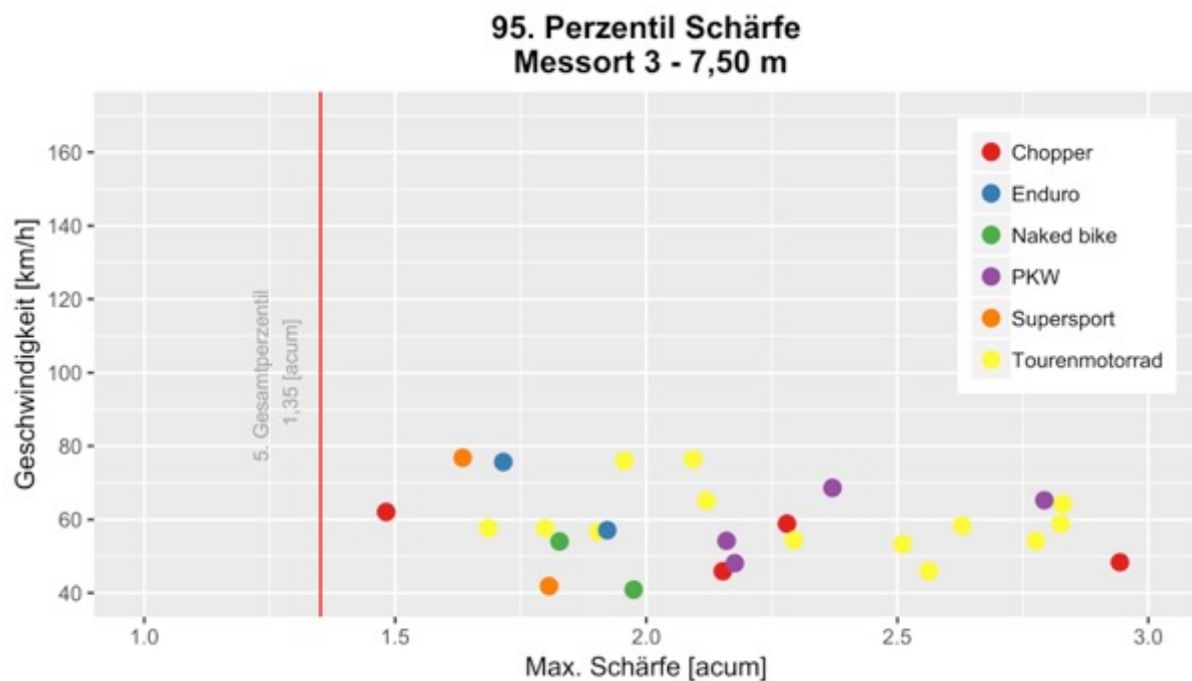


Abbildung 64: 95. Perzentil Schärfe Messort 3

**Tabelle 85: Schärfe 95. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	2,21	0,599	2,22	0,461	0,1689
Enduro	2	66,5	1,82	0,147	1,82	0,104	
Naked Bike	2	47,5	1,9	0,104	1,9	0,0737	
PKW	4	59	2,38	0,294	2,27	0,303	
Supersport	2	59,5	1,72	0,122	1,72	0,086	
Tourenmotorrad	13	59,8	2,31	0,406	2,29	0,674	

**Tabelle 86: Schärfe Median Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	1,73	0,383	1,71	0,315	0,6867
Enduro	2	66,5	1,53	0,136	1,53	0,0965	
Naked Bike	2	47,5	1,61	0,0262	1,61	0,0185	
PKW	4	59	1,57	0,121	1,56	0,153	
Supersport	2	59,5	1,39	0,177	1,39	0,125	
Tourenmotorrad	13	59,8	1,63	0,213	1,56	0,38	

**Tabelle 87: Schärfe 5. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	1,35	0,136	1,36	0,162	0,6707
Enduro	2	66,5	1,36	0,209	1,36	0,148	
Naked Bike	2	47,5	1,48	0,0183	1,48	0,0129	
PKW	4	59	1,4	0,0482	1,38	0,0466	
Supersport	2	59,5	1,22	0,232	1,22	0,164	
Tourenmotorrad	13	59,8	1,38	0,133	1,39	0,209	

#### 4.2.7.6 Schwankungsstärke Messort 3

Bei der Analyse der Schwankungsstärke ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Schwankungsstärken der unterschiedlichen Fahrzeugarten zu erkennen, sowohl bei einem Messabstand von 7,50 m als auch bei einem Abstand von 25 m und 50 m zur Fahrstreifenachse. Wie in Abbildung 65 zu erkennen ist, steigt die Schwankungsstärke der Fahrzeuge mit zunehmender Geschwindigkeit.

### 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 3 - 7,50 m

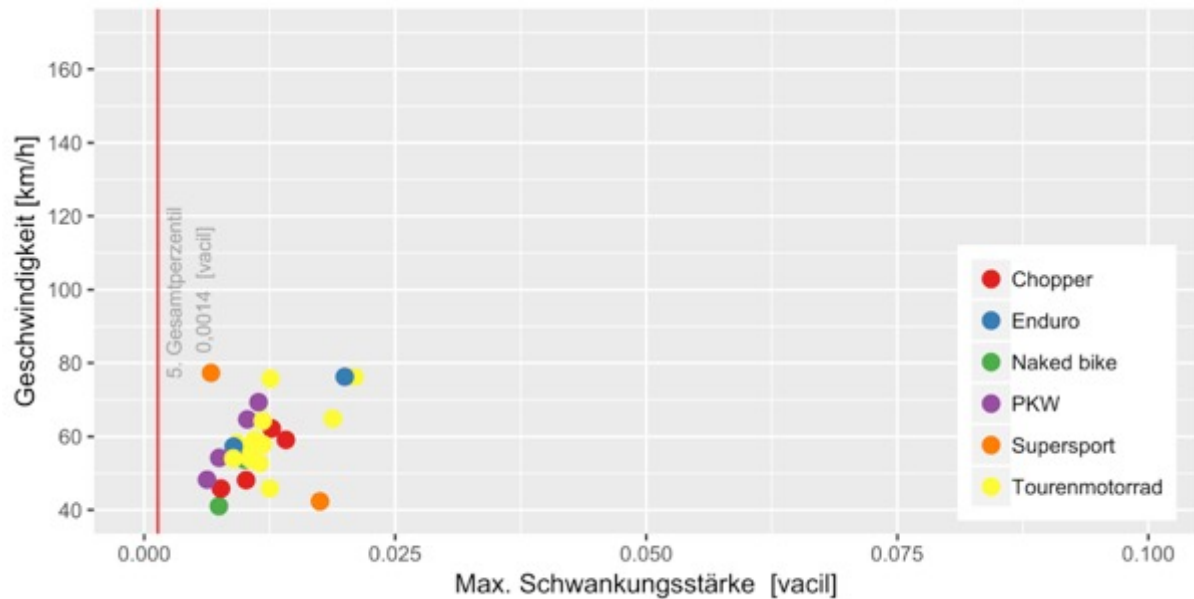


Abbildung 65: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 3

**Tabelle 88: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	0,0111	0,00286	0,0114	0,00352	0,312
Enduro	2	66,5	0,0144	0,00784	0,0144	0,00554	
Naked Bike	2	47,5	0,00871	0,0018	0,00871	0,00127	
PKW	4	59	0,00884	0,00238	0,00886	0,00338	
Supersport	2	59,5	0,0121	0,00768	0,0121	0,00543	
Tourenmotorrad	13	59,8	0,0124	0,00352	0,0115	0,00189	

**Tabelle 89: Schwankungsstärke Median Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	0,00524	0,00209	0,00451	0,00194	0,7056
Enduro	2	66,5	0,00559	0,00231	0,00559	0,00163	
Naked Bike	2	47,5	0,0042	0,000927	0,0042	0,000655	
PKW	4	59	0,00501	0,000944	0,00513	0,000647	
Supersport	2	59,5	0,00419	0,000587	0,00419	0,000415	
Tourenmotorrad	13	59,8	0,00462	0,000514	0,0045	0,000727	



**Tabelle 90: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 3 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	4	53,8	0,00222	0,000982	0,00227	0,00136	0,2244
Enduro	2	66,5	0,00236	0,000308	0,00236	0,000218	
Naked Bike	2	47,5	0,00274	0,000869	0,00274	0,000614	
PKW	4	59	0,00323	0,000867	0,00314	0,00124	
Supersport	2	59,5	0,00228	0,00024	0,00228	0,00017	
Tourenmotorrad	13	59,8	0,0022	0,000374	0,00201	0,000635	

#### 4.2.8 Kruskal-Wallis Analyse Einzelmessung Messort 4

Bei den Einzelmessungen an Messort 4 konnten 4 PKWs und 19 Motorräder ermittelt werden, wobei kein Motorrad der Fahrzeugart Enduro vorhanden ist. Die Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen ist dabei unterschiedlich hoch, da aus jeder Gesamtmessung eine unterschiedliche Anzahl an störungsfreien Aufnahmen der Fahrzeuge gewonnen werden konnte. Eine genaue Auflistung der Fahrzeugtypen pro Messort befindet sich im Anhang [3]. Durch das hohe Verkehrsaufkommen konnte nur eine relativ geringe Stichprobenanzahl der einzelnen Fahrzeugtypen aus den Gesamtmessungen herausgefiltert werden, wodurch die Aussagekraft der Analysen geschwächt wird. Bei den Analysen im Abstand von 25 m sowie 50 m wurden keine signifikanten Unterschiede der einzelnen Fahrzeugtypen festgestellt. Daher sind in diesem Kapitel nur die Ergebnisse, welche mit einem Abstand von 7,50 m von der Fahrstreifenachse aus ermittelt wurden, in Tabellen dargestellt.

##### 4.2.8.1 SPL(A) Messort 4

Bei Betrachtung aller gemessenen Einzelfahrzeuge des Messortes 4, haben die Chopper durchschnittlich die höchsten Werte aufzuweisen. Allerdings herrscht laut den Analysen (Tabelle 92 bis Tabelle 94) bei keiner der Vergleiche an Messort 4 ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen und dem gemittelten A-bewerteten Schalldruckpegel vor.

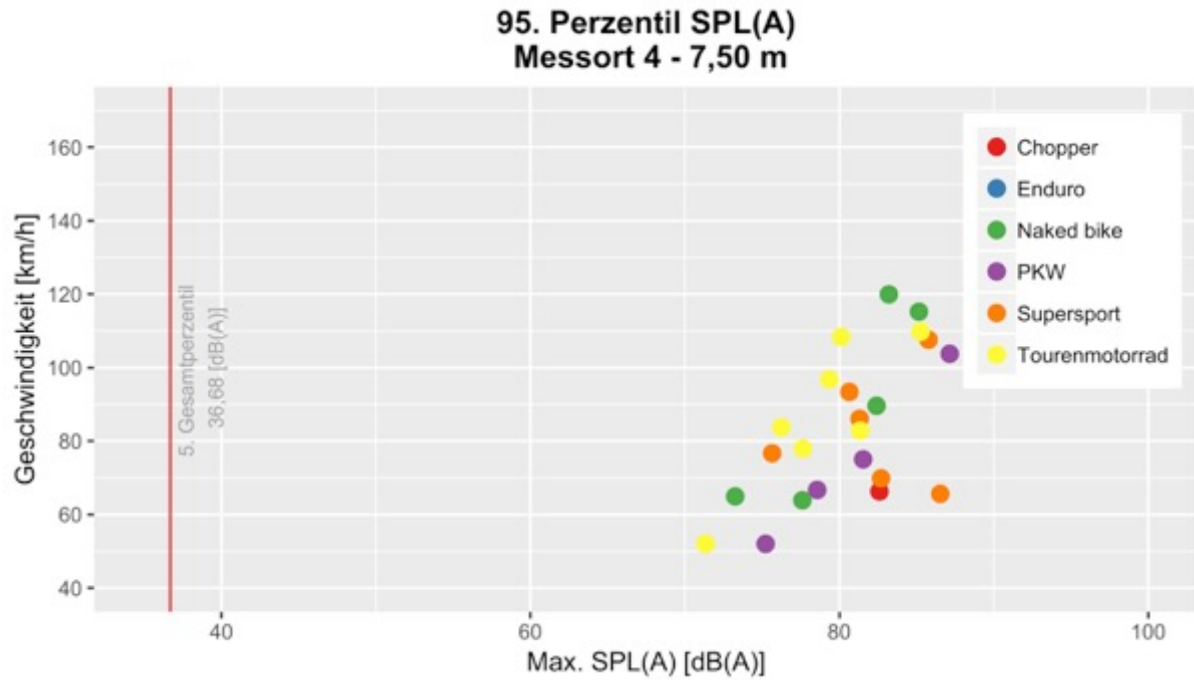


Abbildung 66: 95. Perzentil SPL(A) Messort 4

**Tabelle 91: SPL(A) 95. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	82,6	NA	82,6	0	0,6837
Naked Bike	5	90,8	80,3	4,83	82,4	5,59	
PKW	4	74,5	80,6	5,06	80	5,22	
Supersport	6	83,3	82,1	3,95	82	4,2	
Tourenmotorrad	7	87,4	78,8	4,35	79,4	3,79	

**Tabelle 92: SPL(A) Median Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	69,9	NA	69,9	0	0,5707
Naked Bike	5	90,8	65,7	3,8	65,7	4,99	
PKW	4	74,5	64	3,86	65	2,73	
Supersport	6	83,3	66,4	4,88	65,4	7,02	
Tourenmotorrad	7	87,4	62,9	5,33	61,6	6,77	

**Tabelle 93: SPL(A) 5. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	60,8	NA	60,8	0	0,2827
Naked Bike	5	90,8	50,0	3,54	50,3	6,84	
PKW	4	74,5	51,6	2,96	50,5	2,38	
Supersport	6	83,3	55,3	4,6	55,1	6,79	
Tourenmotorrad	7	87,4	53,5	5,26	55,3	6,53	

#### 4.2.8.2 SPL(C) Messort 4

Wie in Tabelle 94, Tabelle 95 sowie Tabelle 96 erkannt werden kann, weisen die Chopper an Messort 4 durchschnittlich die höchsten Werte auf. Allerdings ist keiner der Unterschiede zwischen den gemittelten SPL(C) der unterschiedlichen Fahrzeugarten signifikant, auch nicht bei den Messungen mit den Abständen 25 m und 50 m zur Fahrstreifenachse.

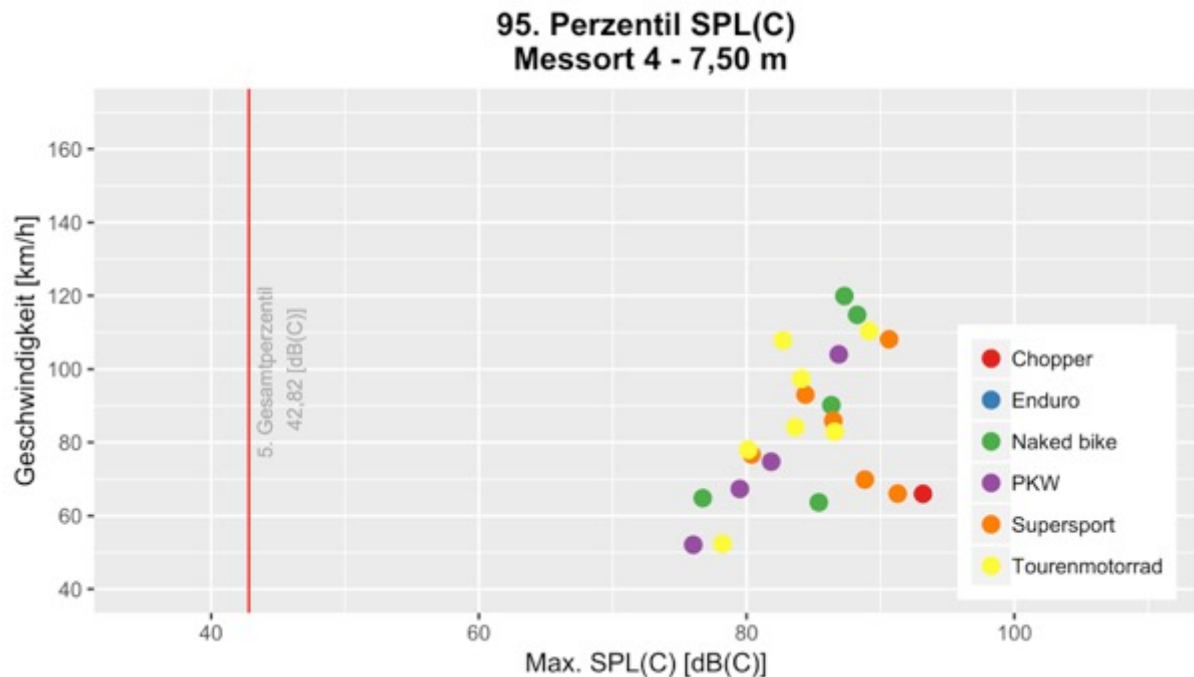


Abbildung 67: 95. Perzentil SPL(C) Messort 4

**Tabelle 94: SPL(C) 95. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	93,1	NA	93,1	0	0,1344
Naked Bike	5	90,8	84,8	4,65	86,3	1,97	
PKW	4	74,5	81,1	4,58	80,7	4,51	
Supersport	6	83,3	87	4,15	87,6	5,31	
Tourenmotorrad	7	87,4	83,5	3,69	83,6	3,91	

**Tabelle 95: SPL(C) Median Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	77,3	NA	77,3	0	0,2544
Naked Bike	5	90,8	68,9	3,83	69,3	4,85	
PKW	4	74,5	65,9	4,4	66,5	4,28	
Supersport	6	83,3	70,7	4,82	71,3	7,18	
Tourenmotorrad	7	87,4	68,1	2,96	67,9	3,82	

**Tabelle 96: SPL(C) 5. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	66,1	NA	66,1	0	0,08797
Naked Bike	5	90,8	55,3	3,92	54,1	4,77	
PKW	4	74,5	55,7	2,44	55,2	3,24	
Supersport	6	83,3	60,9	4,12	60,7	6,92	
Tourenmotorrad	7	87,4	58,7	4,34	61,5	7,19	

#### 4.2.8.3 Lautheit Messort 4

Die höchste gemittelte Lautheit besitzen, im 95. Perzentil (vgl. Tabelle 97) sowie im 5. Perzentil (vgl. Tabelle 99), die Chopper und die geringsten Werte die PKWs. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen bezogen auf die gemessene Lautheit, sowohl bei den Messungen im Abstand 7,50 m als auch bei denen in den Abständen von 25 m und 50 m.

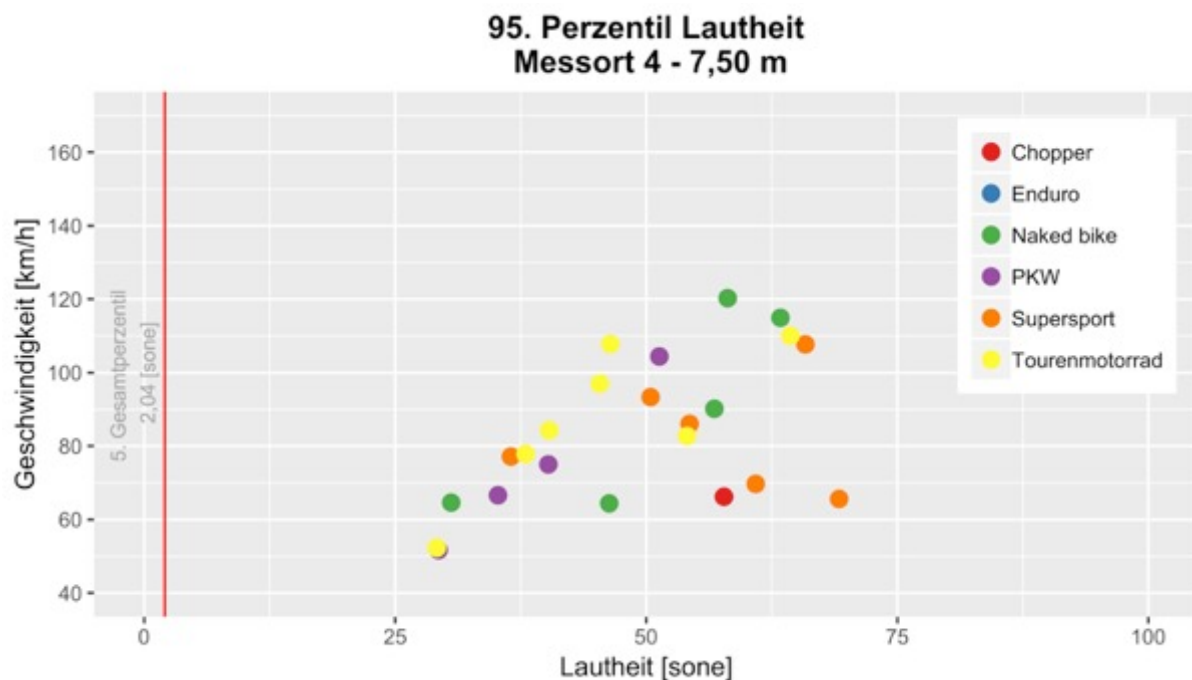


Abbildung 68: 95. Perzentil Lautheit Messort 4

**Tabelle 97: Lautheit 95. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	57,8	NA	57,8	0	0,09999
Naked Bike	5	90,8	51	13	56,7	11,7	
PKW	4	74,5	39	9,35	37,7	9,31	
Supersport	6	83,3	56,2	11,9	57,6	13,2	
Tourenmotorrad	7	87,4	45,4	11,4	45,4	11,1	

**Tabelle 98: Lautheit Median Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	23,7	NA	23,7	0	0,1458
Naked Bike	5	90,8	18,2	4,67	16,5	4,73	
PKW	4	74,5	12,5	2,32	12,8	2,72	
Supersport	6	83,3	18,9	5,61	18,7	7,24	
Tourenmotorrad	7	87,4	15,2	3,85	13,7	5,42	

**Tabelle 99: Lautheit 5. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	11,9	NA	11,9	0	0,06816
Naked Bike	5	90,8	6,75	1,53	6,6	2,64	
PKW	4	74,5	6,13	0,765	5,89	0,47	
Supersport	6	83,3	9,55	2,6	8,8	4,01	
Tourenmotorrad	7	87,4	8,12	2,19	9,12	3,68	

#### 4.2.8.4 Rauigkeit Messort 4

In der Analyse des 95. Perzentils der Rauigkeit (vgl. Abbildung 69 und Tabelle 101) sticht als erstes der Chopper heraus, da dieser, mit einem Abstand von mindestens 0,449 asper zu den Messwerten der restlichen Fahrzeugarten, den höchsten Rauigkeitswert aufweist. Die PKWs weisen in dieser Analyse, sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Geschwindigkeiten, vergleichsweise niedrige Rauigkeitswerte auf.

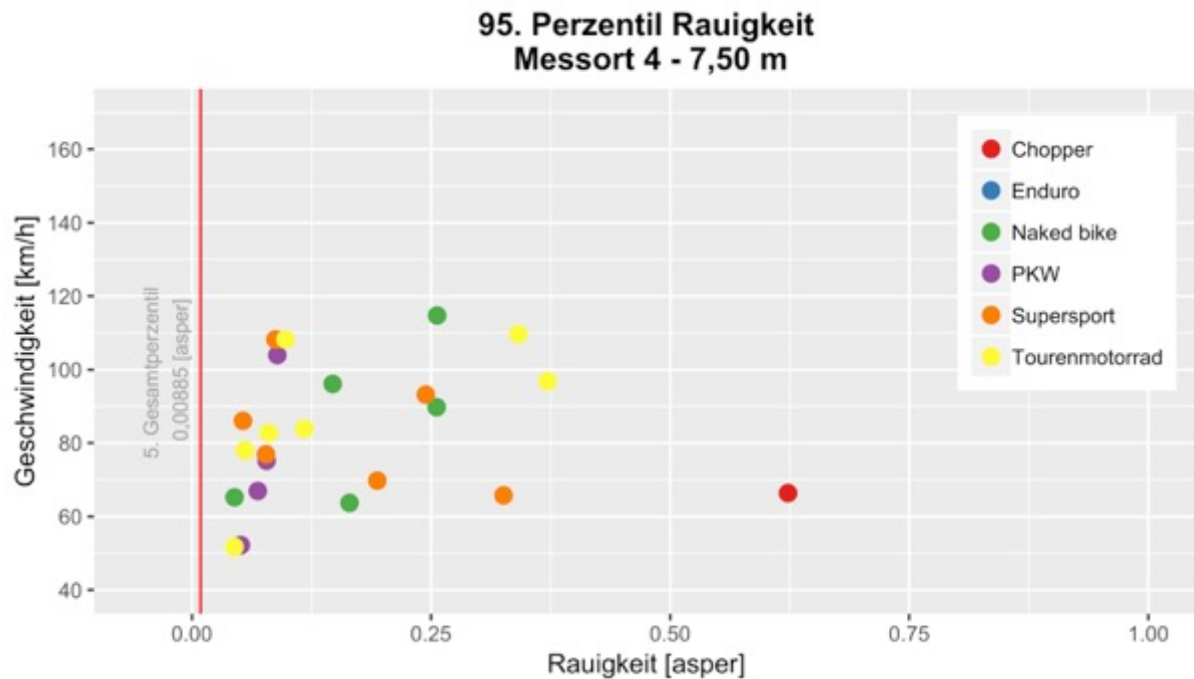


Abbildung 69: 95. Perzentil Rauigkeit Messort 4

Da der p-Wert in allen Analysen über 5% liegt, herrscht kein signifikanter Unterschied zwischen den Rauigkeitswerten der einzelnen Fahrzeugarten vor. Auch bei den restlichen Analysen der Rauigkeit an Messort 4 (in einem Abstand von 25 m und 50 m zur Fahrstreifenachse) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugarten ermittelt werden.

**Tabelle 100: Rauigkeit 95. Perzentil Messort 4**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	0,623	NA	0,623	0	0,2772
Naked Bike	5	90,8	0,174	0,0881	0,165	0,109	
PKW	4	74,5	0,0717	0,0161	0,0733	0,0165	
Supersport	6	83,3	0,164	0,109	0,14	0,152	
Tourenmotorrad	7	87,4	0,158	0,138	0,0975	0,162	

**Tabelle 101: Rauigkeit Median Messort 4**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	0,25	NA	0,25	0	0,4378
Naked Bike	5	90,8	0,0763	0,0529	0,0502	0,0988	
PKW	4	74,5	0,0418	0,00924	0,0424	0,00986	
Supersport	6	83,3	0,0788	0,0581	0,0551	0,0503	
Tourenmotorrad	7	87,4	0,0742	0,057	0,051	0,0649	

**Tabelle 102: Rauigkeit 5. Perzentil Messort 4**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	0,0332	NA	0,0332	0	0,8178
Naked Bike	5	90,8	0,0378	0,0277	0,0252	0,0151	
PKW	4	74,5	0,0239	0,00526	0,0231	0,00476	
Supersport	6	83,3	0,0427	0,0335	0,0263	0,0294	
Tourenmotorrad	7	87,4	0,0335	0,016	0,0297	0,0188	

**4.2.8.5 Schärfe Messort 4**

Bei der Messung der Schärfe an Messort 4 ist in Tabelle 103 bis Tabelle 105 zu erkennen, dass die Chopper in allen Analysen im Mittel die geringsten Werte aufweisen. Der Unterschied der einzelnen Fahrzeugarten ist, laut Kruskal-Wallis Analyse, allerdings nicht signifikant, auch nicht bei den Messungen mit den Abständen 25 m und 50 m zur Fahrstreifenachse.

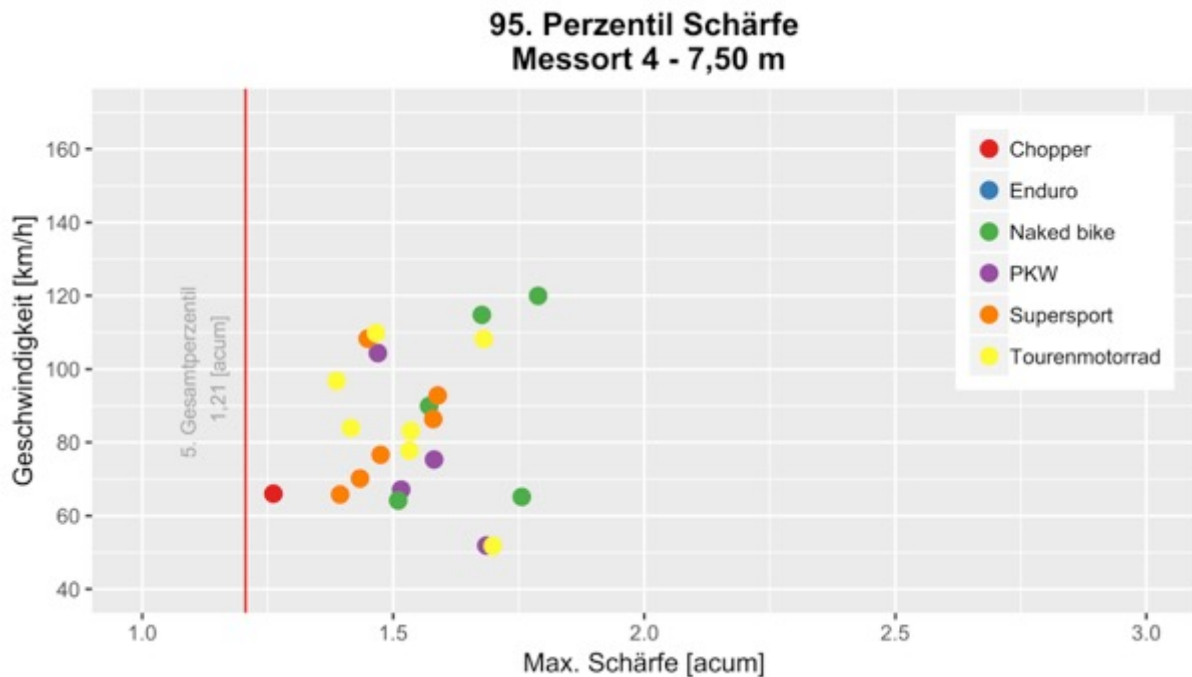


Abbildung 70: 95. Perzentil Schärfe Messort 4

**Tabelle 103: Schärfe 95. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	1,26	NA	1,26	0	0,1245
Naked Bike	5	90,8	1,66	0,119	1,68	0,184	
PKW	4	74,5	1,56	0,0937	1,55	0,103	
Supersport	6	83,3	1,49	0,0798	1,46	0,116	
Tourenmotorrad	7	87,4	1,53	0,121	1,53	0,167	



**Tabelle 104: Schärfe Median Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	1,14	NA	1,14	0	0,08312
Naked Bike	5	90,8	1,37	0,122	1,34	0,056	
PKW	4	74,5	1,43	0,073	1,4	0,0642	
Supersport	6	83,3	1,30	0,051	1,3	0,057	
Tourenmotorrad	7	87,4	1,34	0,111	1,35	0,141	

**Tabelle 105: Schärfe 5. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	1,06	NA	1,06	0	0,1057
Naked Bike	5	90,8	1,25	0,115	1,25	0,0855	
PKW	4	74,5	1,33	0,0819	1,31	0,0734	
Supersport	6	83,3	1,19	0,0412	1,19	0,0634	
Tourenmotorrad	7	87,4	1,23	0,114	1,24	0,177	

#### 4.2.8.6 Schwankungsstärke Messort 4

Bei den Analysen der Schwankungsstärke an Messort 4 konnte bei keinem Vergleich ein signifikanter Unterschied der einzelnen Fahrzeugarten festgestellt werden, mit Ausnahme der Analyse des 5. Perzentils der Einzelmessungen, welche in einem Abstand von 7,50 m zur Fahrstreifenachse aufgenommen wurden. Beim weiterführenden paarweisen Vergleich der Ergebnisse waren die Unterschiede allerdings nicht signifikant. Wie in Abbildung 71 zu erkennen ist, steigt die maximale Schwankungsstärke mit steigender Geschwindigkeit an.

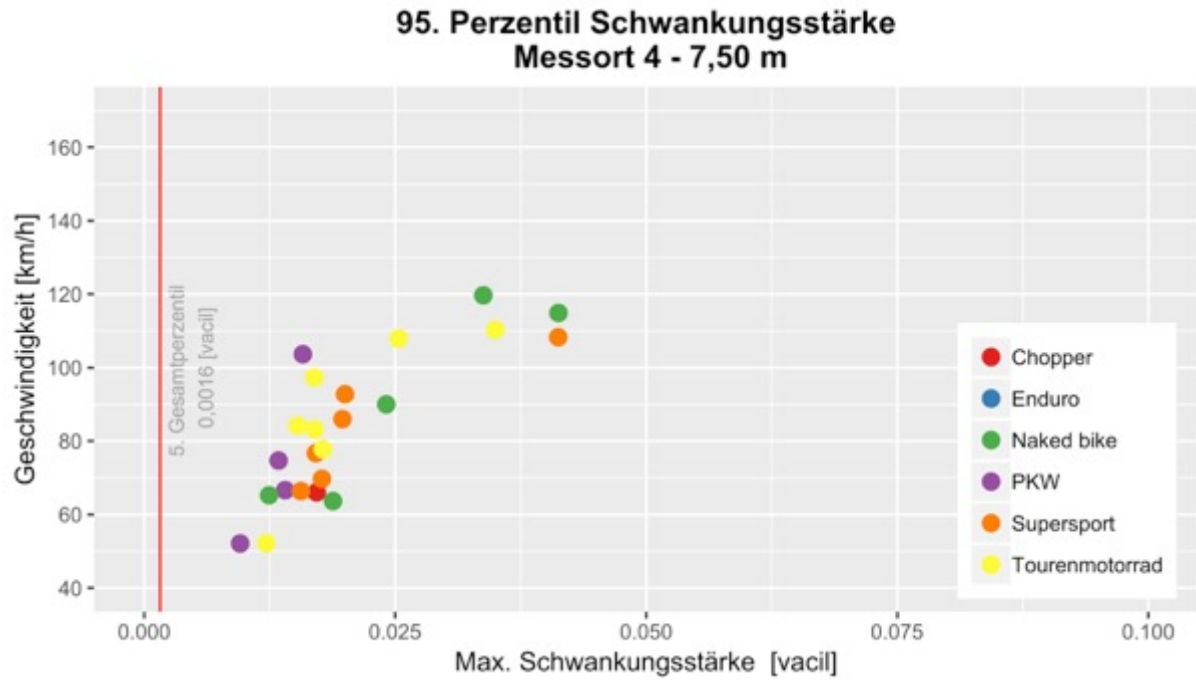


Abbildung 71: 95. Perzentil Schwankungsstärke Messort 4

**Tabelle 106: Schwankungsstärke 95. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	0,0172	NA	0,0172	0	0,1257
Naked Bike	5	90,8	0,0261	0,0115	0,0241	0,015	
PKW	4	74,5	0,0132	0,00263	0,0137	0,00205	
Supersport	6	83,3	0,0219	0,00962	0,0187	0,00268	
Tourenmotorrad	7	87,4	0,0199	0,00774	0,017	0,00547	

**Tabelle 107: Schwankungsstärke Median Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	∅ km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	0,00877	NA	0,00877	0	0,395
Naked Bike	5	90,8	0,00552	0,00149	0,0048	0,00212	
PKW	4	74,5	0,00581	0,0029	0,0047	0,0021	
Supersport	6	83,3	0,0052	0,00214	0,00482	0,00199	
Tourenmotorrad	7	87,4	0,00435	0,000675	0,0046	0,000708	

**Tabelle 108: Schwankungsstärke 5. Perzentil Messort 4 7,50 m**

Fahrzeugart	Anzahl	Ø km/h	Arithmetischer Mittelwert	sd	Median	IQR	p-Wert
Chopper	1	66	0,00278	NA	0,00278	0	0,03058
Naked Bike	5	90,8	0,00209	0,000462	0,0022	0,000507	
PKW	4	74,5	0,00354	0,00123	0,00307	0,000935	
Supersport	6	83,3	0,00268	0,000495	0,0028	0,000675	
Tourenmotorrad	7	87,4	0,00204	0,000541	0,00194	0,000262	

#### 4.2.9 Analyse von Einzelfahrzeugen mit ähnlichen Geschwindigkeiten

Nach den Vergleichen der einzelnen Fahrzeugtypen an den vier Messorten stellte sich die Tendenz heraus, dass Fahrzeuge mit ähnlichen Geschwindigkeiten, teils ähnliche akustische und psychoakustische Werte aufweisen. Um dies zu überprüfen, werden einige Fahrzeuge mit ähnlichen Geschwindigkeiten aus allen vier Messorten herausgefiltert. Die maximale Geschwindigkeitsdifferenz soll dabei, zwischen den zu vergleichenden Fahrzeugen, nicht mehr als 5 km/h betragen. Daraufaufgehend werden die Fahrzeuge mittels der Kruskal-Wallis Analyse miteinander verglichen. Es werden unterschiedliche Fahrzeugtypen von unterschiedlichen Messorten herangezogen. Im weiteren Verlauf werden die unterschiedlichen Motorradtypen in der Gruppe „Motorrad“ zusammengefasst, um sie direkt mit den PKWs zu vergleichen. In den folgenden Kapiteln sind die Ergebnisse dieser Analysen zusammengefasst.

##### 4.2.9.1 Analyse aller Fahrzeugtypen

Hier werden unterschiedliche Fahrzeuge von allen vier Messorten der Einzelmessungen, welche ähnliche Geschwindigkeiten aufwiesen, miteinander verglichen und mittels Kruskal-Wallis Analyse auf signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Typen überprüft. In Tabelle 109 wird dargestellt, welche Fahrzeugarten bei den jeweiligen Analysen miteinander verglichen werden.

**Tabelle 109: Anzahl der analysierten Fahrzeuge**

Analyse Nr.	Geschwindigkeit	Anzahl Fahrzeuge					
		Chopper	Enduro	Naked Bike	Supersport	Tourenm.	PKW
1	57-62	3	2	2	0	6	1
2	60-65	5	1	5	0	3	2
3	65-70	2	0	3	2	4	3
4	72-77	0	1	2	4	6	4

Aus den Ergebnissen von Tabelle 110 und Tabelle 111 lassen alle p-Werte, welche unter 0,05 liegen, auf signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen schließen. Es wurden nur die Werte, welche in einer Distanz von 7,50 m aufgenommen wurden, analysiert, da bei den größeren Messabständen bei allen Analysen ca. die Hälfte der Fahrzeuge wegfallen würde und die Aussagekraft der Analyse damit eingeschränkt wäre. Dies resultiert daraus, da der Messzeitraum der größeren Distanzen ca. um die Hälfte kürzer ist, als beim Messabstand von 7,50 m und somit eine geringere Anzahl an Einzelfahrzeugen herausgefiltert werden konnte. Beim Vergleich vom 95. Perzentil liegen

vor allem beim SPL(C), SPL(A) und bei der Schärfe signifikante Unterschiede vor. Beim 5. Perzentil herrschen nur bei Analyse Nr. 1 signifikante Unterschiede der Fahrzeugarten in Bezug auf Lautheit, Rauigkeit und SPL(A) vor. Diese Signifikanz spiegelt sich allerdings nicht in den paarweisen Wilcoxon Vergleichen wider.

**Tabelle 110: Kruskal-Wallis Analyse Nr. 1, alle Fahrzeugtypen**

p-Wert 95, Perzentil							
Nr.	Geschwindigkeit	Lautheit	Schärfe	Rauigkeit	Schwankungsst.	LA	LC
1	57-62	0,1999	0,3687	0,3699	0,05853	0,1808	0,03448
2	60-65	0,3327	0,02622	0,1662	0,9897	0,2605	0,03781
3	65-70	0,08849	0,354	0,475	0,4488	0,04325	0,1153
4	72-77	0,5945	0,6646	0,3801	0,5208	0,05638	0,5011

**Tabelle 111: Kruskal-Wallis Analyse Nr. 2, alle Fahrzeugtypen**

p-Wert 5, Perzentil							
Nr,	Geschwindigkeit	Lautheit	Schärfe	Rauigkeit	Schwankungsst.	LA	LC
1	57-62	0,03749	0,2311	0,03286	0,3158	0,04662	0,1324
2	60-65	0,05481	0,1429	0,328	0,8264	0,2021	0,1478
3	65-70	0,7156	0,7559	0,2535	0,1288	0,4984	0,8646
4	72-77	0,496	0,498	0,2797	0,6036	0,1836	0,4919

#### 4.2.9.2 Analyse PKW vs. Motorräder

Nach Gegenüberstellung der einzelnen Motorradtypen und PKWs, werden hier in weiterer Folge die Motorräder zu einer Gruppe zusammengefasst, ohne Unterscheidung der einzelnen Motorradtypen. Den Motorrädern werden PKWs, welche eine ähnliche Geschwindigkeit aufweisen, gegenübergestellt und mittels Kruskal-Wallis Analyse auf signifikante Unterschiede getestet. In den folgenden Tabellen (Tabelle 112 und Tabelle 113) sind alle p-Werte der Analysen sowie die Geschwindigkeitsbereiche, in denen sich die zu vergleichenden Fahrzeuge bewegen, aufgelistet. In der ersten Analyse werden 3 PKWs mit 11 Motorrädern verglichen, in der zweiten 4 PKWs mit 7 Motorrädern und in der dritten Analyse werden 2 PKWs mit 4 Motorrädern verglichen. Es werden nur die Werte, welche in einer Distanz von 7,50 m aufgenommen wurden, analysiert, da bei den größeren Messabständen bei allen Analysen ca. die Hälfte der Fahrzeuge wegfallen würde und die Aussagekraft der Analyse damit stark eingeschränkt wäre. Dies resultiert daraus, dass der Messzeitraum der größeren Distanzen ca. um die Hälfte kürzer ist, als beim Messabstand von 7,50 m und somit eine geringere Anzahl an Einzelfahrzeugen herausgefiltert werden konnte.

Durch die Ergebnisse der Analysen kann erkannt werden, dass beim 95. Perzentil der Rauigkeit und beim 5. Perzentil des SPL(C) sowie der Lautheit in der zweiten Analyse, signifikante Unterschiede zwischen den beiden Testgruppen vorliegen.

**Tabelle 112: Kruskal-Wallis Analyse Nr. 3, PKW vs. Motorrad**

p-Wert 95, Perzentil							
Nr.	Geschwindigkeit	Lautheit	Schärfe	Rauigkeit	Schwankungsst.	SPL(A)	SPL(C)
1	65-70	0,9379	0,1021	0,1021	0,3115	0,3115	0,1021
2	70-75	0,4497	0,05878	0,03764	0,5708	0,05878	0,8501
3	104-109	1	0,6434	0,6434	0,3545	0,3545	1

**Tabelle 113: Kruskal-Wallis Analyse Nr.4, PKW vs. Motorrad**

p-Wert 5, Perzentil							
Nr.	Geschwindigkeit	Lautheit	Schärfe	Rauigkeit	Schwankungsst.	SPL(A)	SPL(C)
1	65-70	0,9379	0,8153	0,8153	0,07337	0,5858	0,3918
2	70-75	0,02334	0,08897	0,5708	0,7055	0,2568	0,02334
3	104-109	0,6434	0,3545	0,3545	1	1	0,3545

#### 4.2.10 Paarweiser Vergleich Messort 1

Da die statistischen Analysen der Einzelmessungen aus den vorhergehenden Kapiteln zwar teilweise signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen akustischen und psychoakustischen Werten (5. Perzentil, Median, 95. Perzentil) der Fahrzeugtypen, allerdings keine Aufschlüsse über etwaige typische Verhaltensmuster und Lärmcharakteristika der einzelnen Fahrzeuge geben, werden in weiterer Folge ergänzend die unterschiedlichen Motorradtypen mit jeweils einem PKW, welcher eine ähnliche Geschwindigkeit aufweist (max. Geschwindigkeitsdifferenz 5 km/h), mittels grafischen Darstellungen miteinander verglichen. Dabei werden neben den schon zuvor untersuchten akustischen und psychoakustischen Kenngrößen auch die Frequenzspektren bezüglich des unbewerteten Schalldruckpegels SPL dargestellt und analysiert. Es wird jeweils ein Motorrad einem PKW grafisch gegenübergestellt, da die PKWs untereinander, wie sich in den vorherigen Analysen herausstellte, meist ähnliche Charakteristika aufweisen und somit durch einen Vergleich etwaige Unterschiede gut dargestellt werden können. Zusätzlich werden auch etwaige Unterschiede und Auffälligkeiten zwischen den einzelnen Motorradtypen betrachtet, allerdings ohne separate grafische Vergleiche. Es werden Überprüfungen der Einzelmessungen in den Abständen 7,50 m, 25 m und 50 m durchgeführt. Dabei wird bei den Einzelmessungen bei den beiden größeren Messdistanzen eine geringere Anzahl als bei den Messungen in einer Distanz von 7,50 m analysiert. Dies resultiert daraus, da bei allen Einzelfahrzeugen Aufnahmen in 7,50 m, aber nicht bei allen eine Aufnahme in 25 m bzw. 50 m stattfand. Durch diese verringerte Anzahl an Einzelmessungen in den größeren Abständen sind nur bedingt Aussagen dazu möglich. An Messort 1 werden die Fahrzeuge, welche in Tabelle 114 aufgelistet sind, miteinander verglichen.

**Tabelle 114: Paarweiser Vergleich Messort 1**

Vergleich Nr.	PKW Nr.	Geschwindigkeit [km/h]	Motorrad Nr.	Motorradtyp	Geschwindigkeit [km/h]
1	7	73	2	Chopper	68
2	16	87	12	Enduro	93
3	16	87	23	Tourenmotorrad	88
4	17	105	14	Naked Bike	109
5	17	105	9	Supersport	107

#### 4.2.10.1 A-bewerteter Schalldruckpegel

Beim A-bewerteten Schalldruckpegel weist nur die Enduro (Abbildung 73) einen deutlich höheren Wert als der PKW auf. Chopper und PKW (Abbildung 72) besitzen ähnliche Spitzen- und Minimalwerte, genauso wie Naked Bike und PKW (Abbildung 74), allerdings weist das Naked Bike vor allem im hinteren Bereich höhere Werte auf. Der SPL(A) der Superport übersteigt im Anfangs- und Endbereich die des PKWs (Abbildung 75), der PKW besitzt allerdings die höhere Spitze. Tourenmotorrad und PKW (Abbildung 76) weisen ein sehr ähnliches Bild auf, wobei der Maximalwert vom PKW den des Motorrades etwas übertrifft. Im Vergleich zu den PKWs verringern die Motorräder ihren SPL(A) mit steigender Distanz (25 m und 50 m) weniger stark.

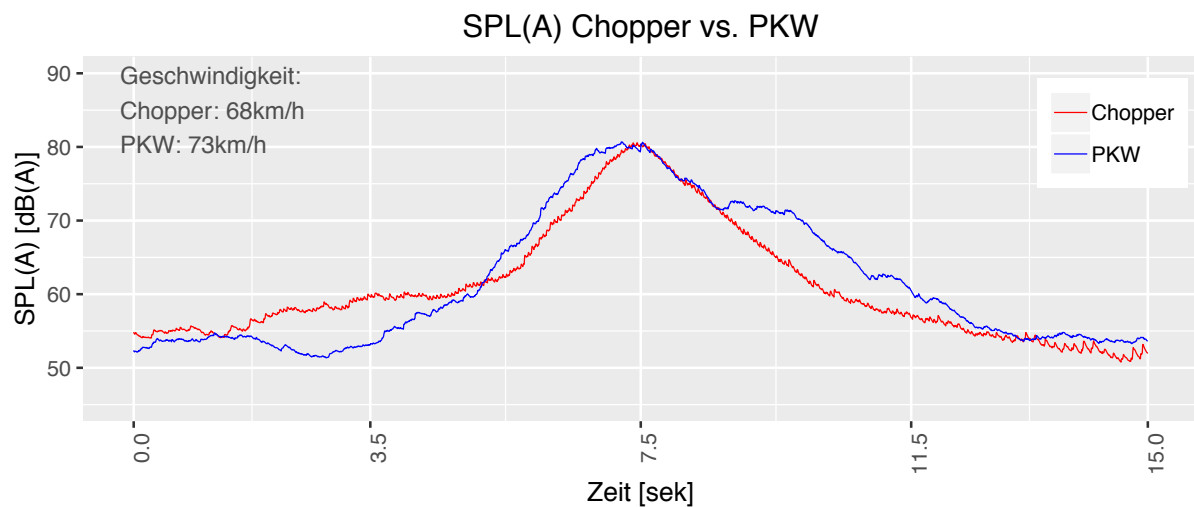


Abbildung 72: SPL(A) Messort 1 Chopper vs. PKW

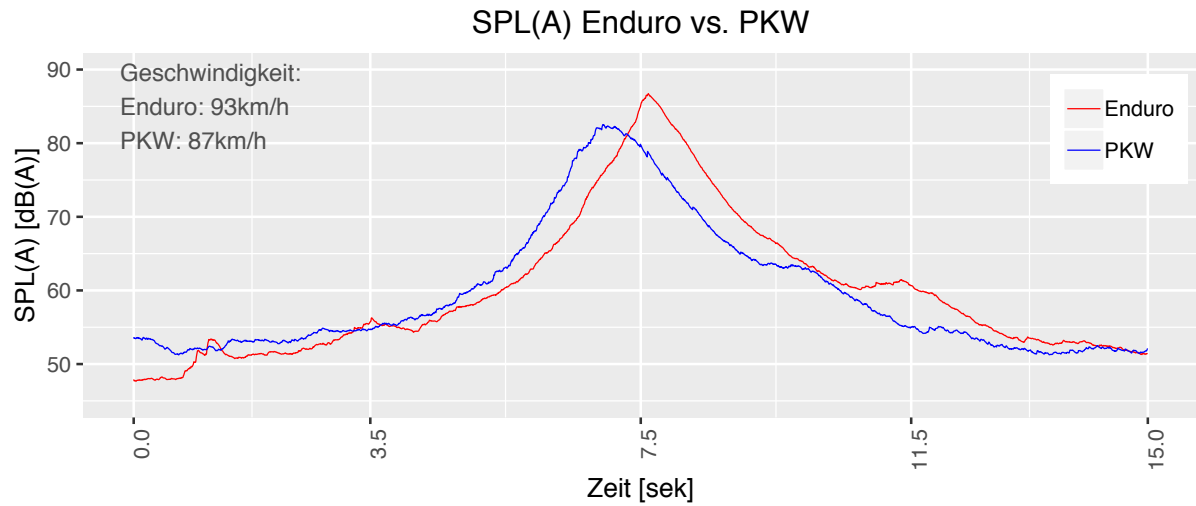


Abbildung 73: SPL(A) Messort 1 Enduro vs. PKW

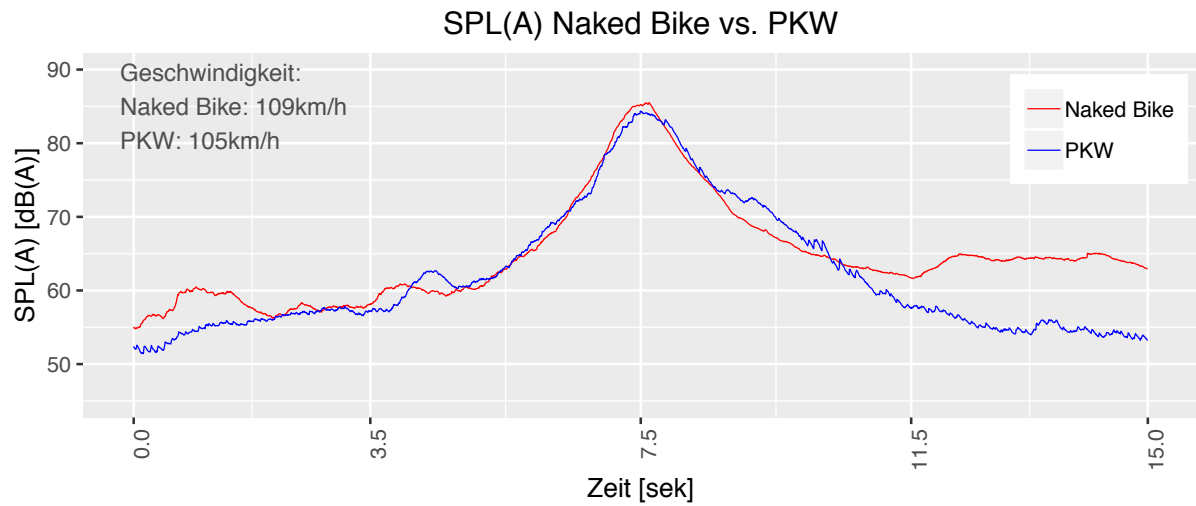


Abbildung 74: SPL(A) Messort 1 Naked Bike vs. PKW

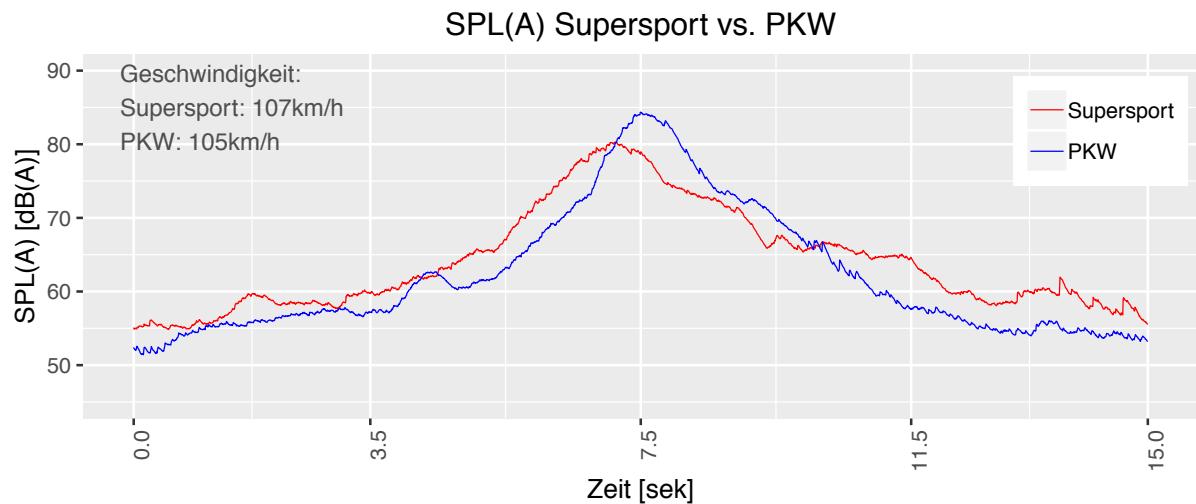


Abbildung 75: SPL(A) Messort 1 Supersport vs. PKW



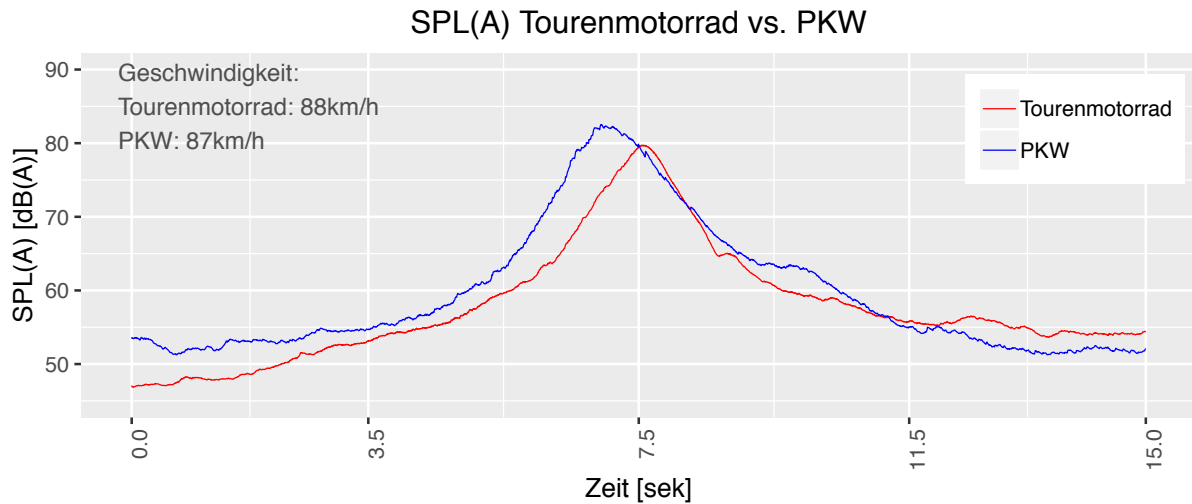


Abbildung 76: SPL(A) Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.10.2 C-bewerteter Schalldruckpegel

Der Chopper übersteigt die Werte des PKWs im Vergleich (Abbildung 77), wobei beim Chopper bei genauerer Betrachtung ein durchgehendes Muster von abwechselnden Spitzen und Tiefen zu erkennen ist. Beim Vergleich Enduro vs. PKW (Abbildung 78) weist der PKW ein sehr ähnliches, mit zahlreichen Ausschlägen versehenes, Muster wie die Enduro auf, allerdings liegen die Werte des PKWs in einem deutlich niedrigeren Bereich. Beim Vergleich vom selben PKW mit einem Tourenmotorrad (Abbildung 81), besitzt das Tourenmotorrad beinahe über den gesamten Messabschnitt einen deutlich stärkeren SPL(C). Zu Beginn der Messung in Abbildung 79 weist das Naked Bike nur leicht höhere Werte als der PKW auf, gegen Ende verläuft die Kurve des PKWs aber deutlich steiler nach unten als die des Motorrads, womit die Differenz der beiden C-bewerteten Schalldruckpegel der Fahrzeuge zunimmt. Supersport und PKW (Abbildung 80) weisen ein relativ ähnliches Muster und auch ähnliche Werte auf. Im Vergleich zu den PKWs verringern die Motorräder ihren SPL(C) mit steigender Distanz (25 m und 50 m) weniger stark.

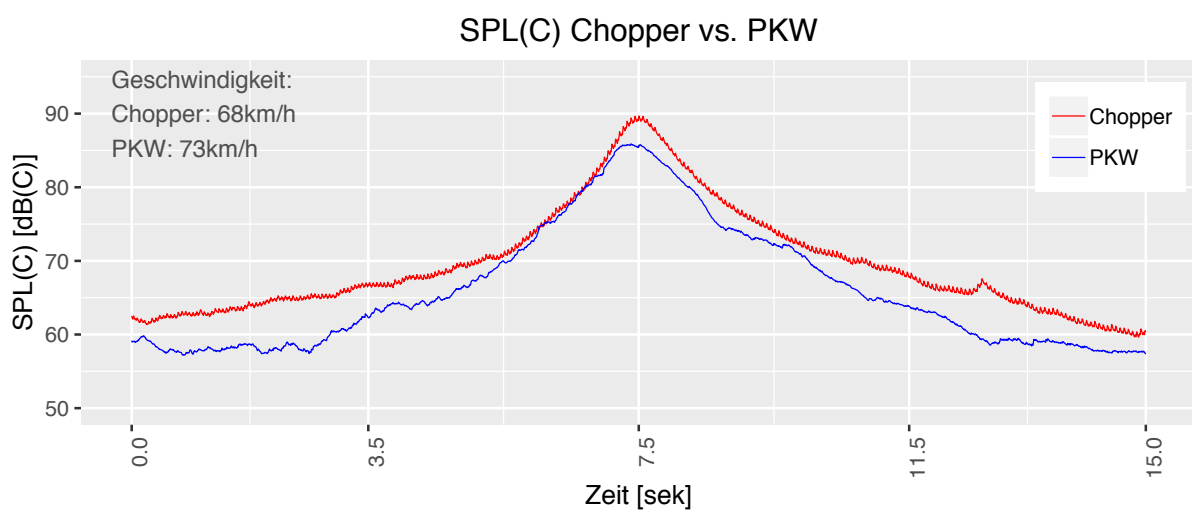


Abbildung 77: SPL(C) Messort 1 Chopper vs. PKW

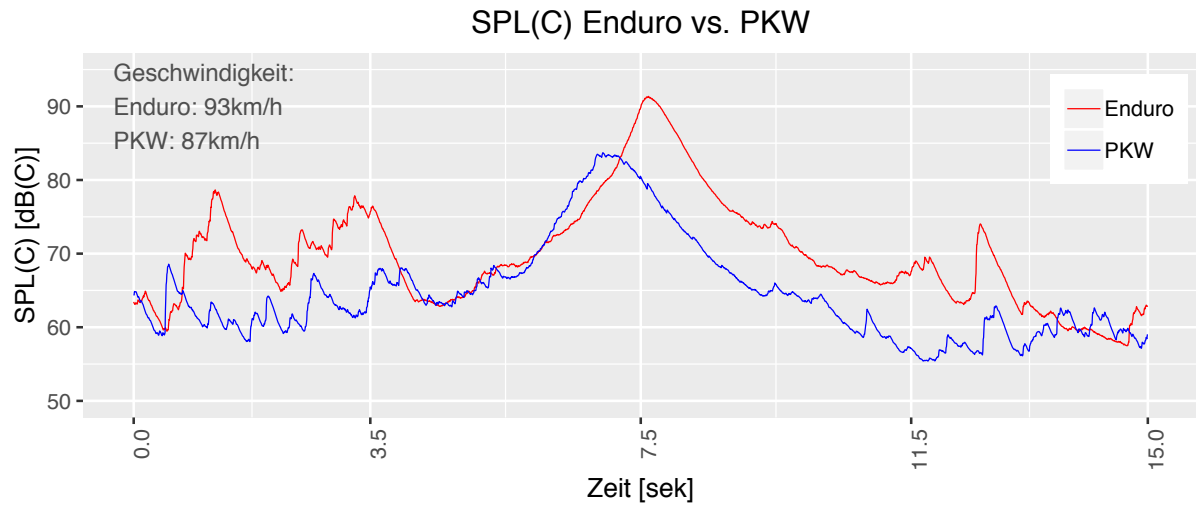


Abbildung 78: SPL(C) Messort 1 Enduro vs. PKW

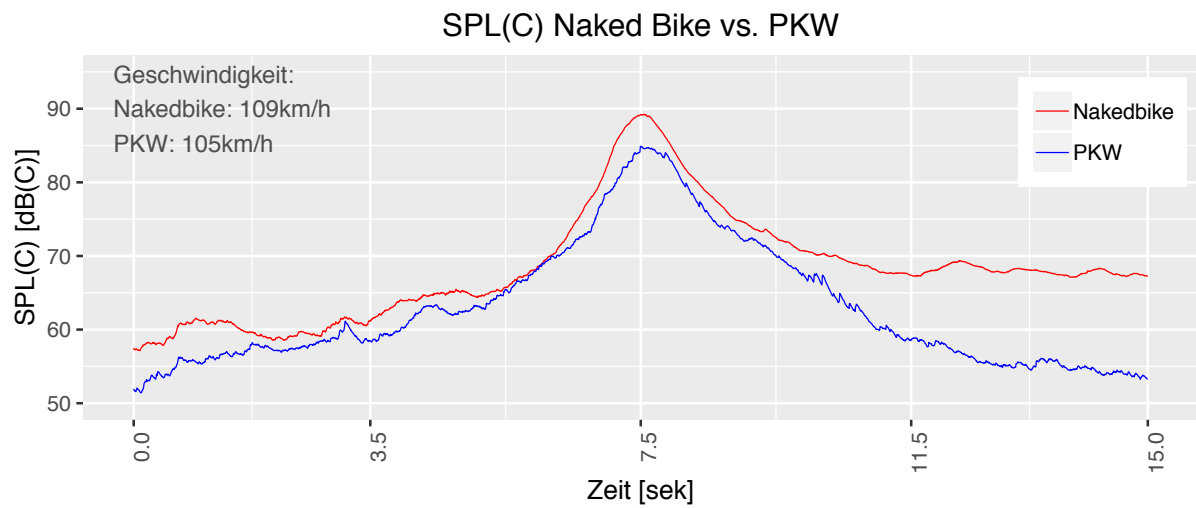


Abbildung 79: SPL(C) Messort 1 Naked Bike vs. PKW

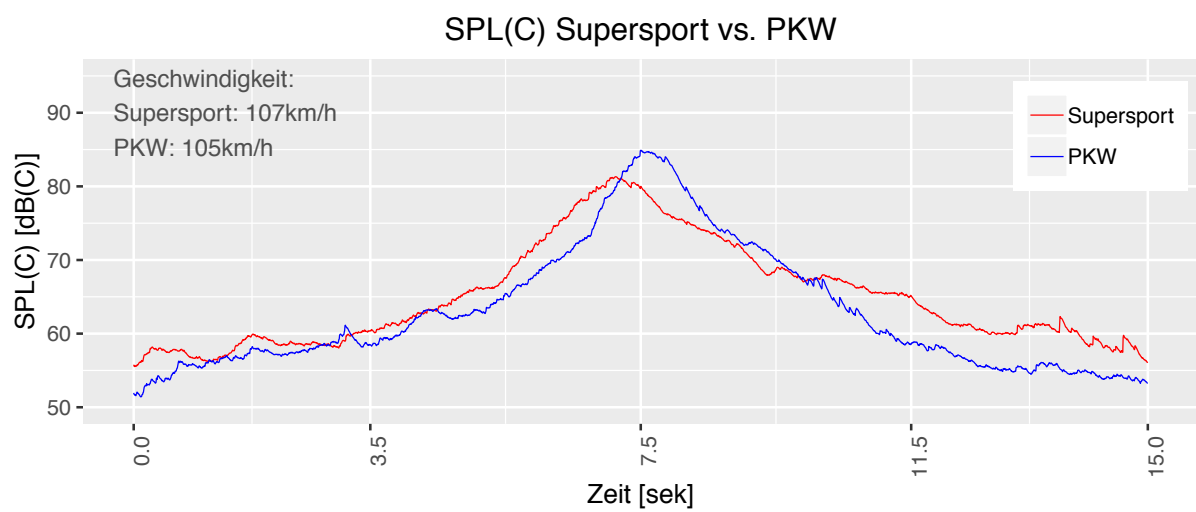


Abbildung 80: SPL(C) Messort 1 Supersport vs. PKW

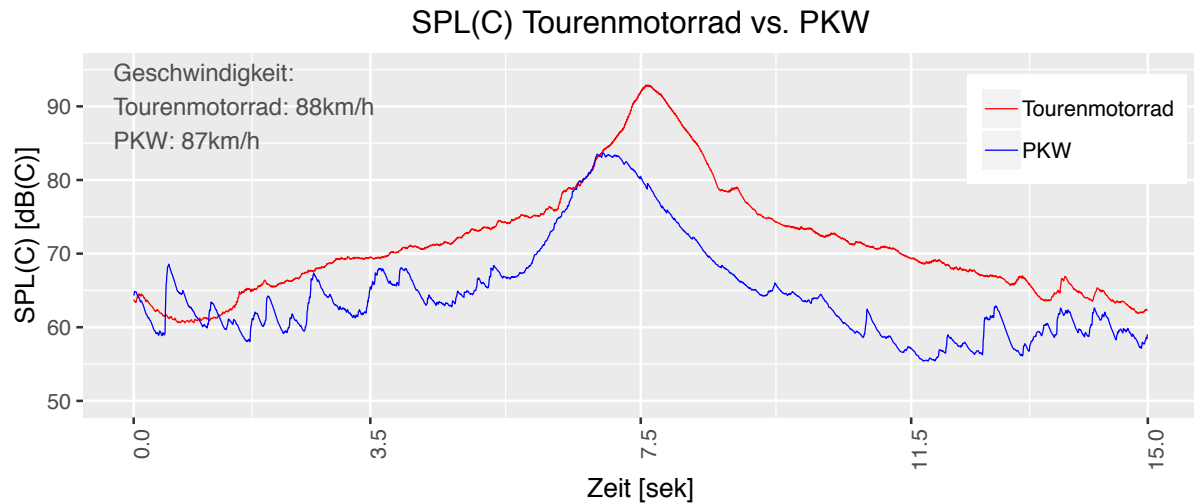


Abbildung 81: SPL(C) Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.10.3 Lautheit

Wird die Gegenüberstellungen der Lautheit von Motorrädern und PKWs betrachtet (Abbildung 82 bis Abbildung 86), übersteigt die Lautheit der Motorräder die der PKWs in den meisten betrachteten Fällen deutlich. Lediglich beim Vergleich Supersport vs. PKW (Abbildung 85) weist das Motorrad geringere Werte auf als der zu vergleichende PKW. Die Spitzenwerte der PKWs liegen dabei in allen Geschwindigkeitsbereichen in etwa demselben Lautheitsbereich. Die Lautheit der Enduro der Abbildung 82 besitzt einen beinahe doppelt so hohen Spitzenwert wie der PKW, was bedeutet, dass sie als doppelt so laut empfunden wird. Das Verhalten der Motorräder bzw. der PKWs, in den Abständen 25 m und 50 m, ist von der Art des Kurvenverlaufs sehr ähnlich, durch den vergrößerten Abstand weisen alle Fahrzeuge verringerte Werte auf. Dabei ist zu beobachten, dass die Motorräder bei steigender Distanz größtenteils eine kleinere Verringerung der Messwerte als die PKWs aufweisen.

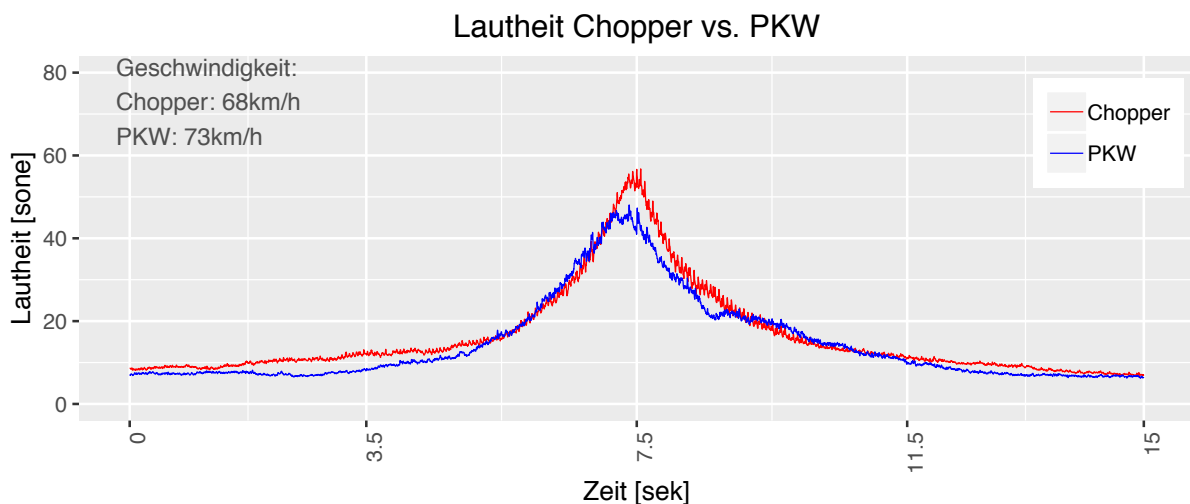


Abbildung 82: Lautheit Messort 1 Chopper vs. PKW

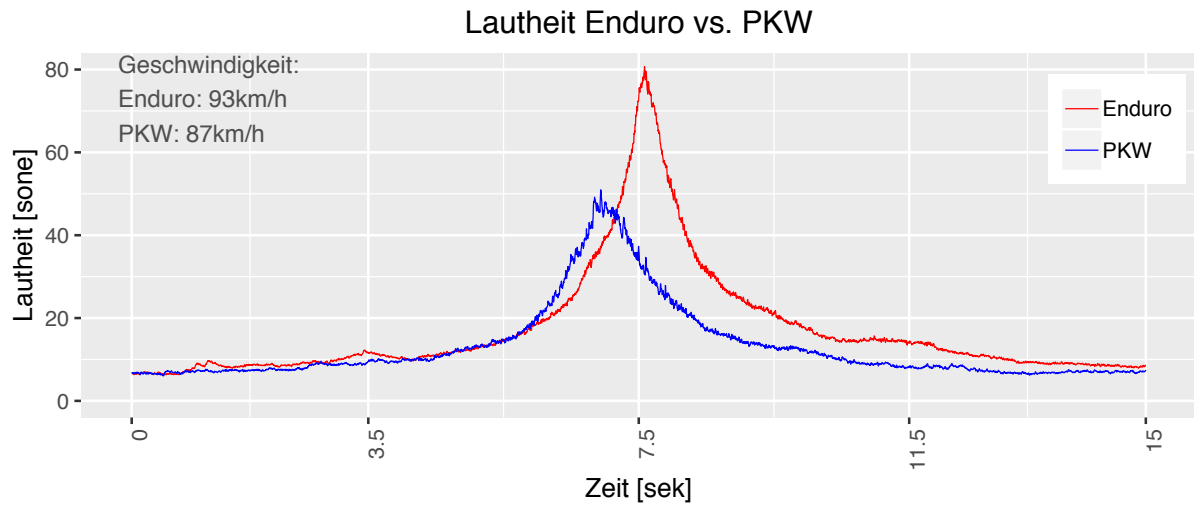


Abbildung 83: Lautheit Messort 1 Enduro vs. PKW

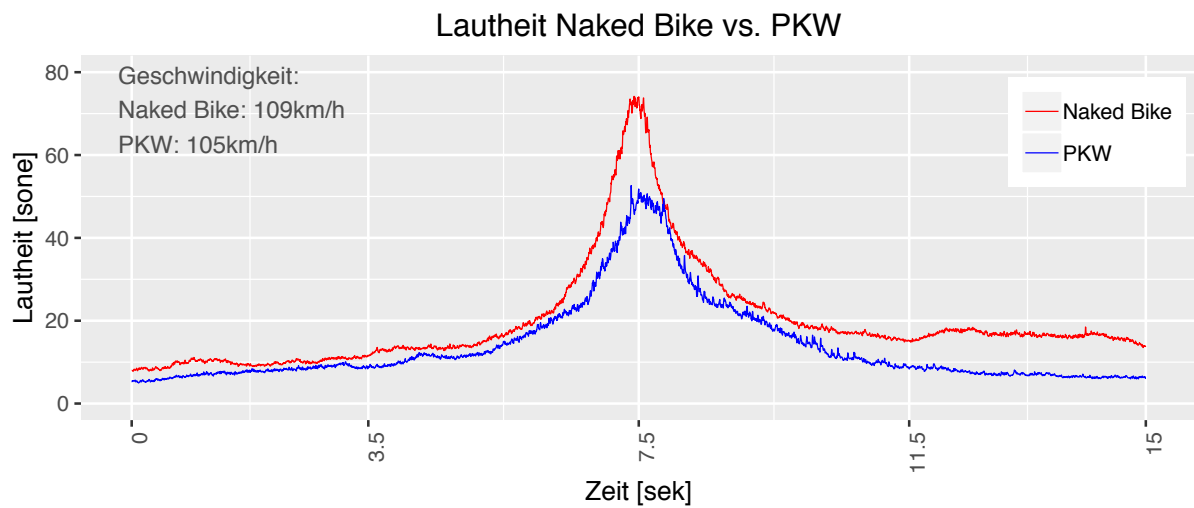


Abbildung 84: Lautheit Messort 1 Naked Bike vs. PKW

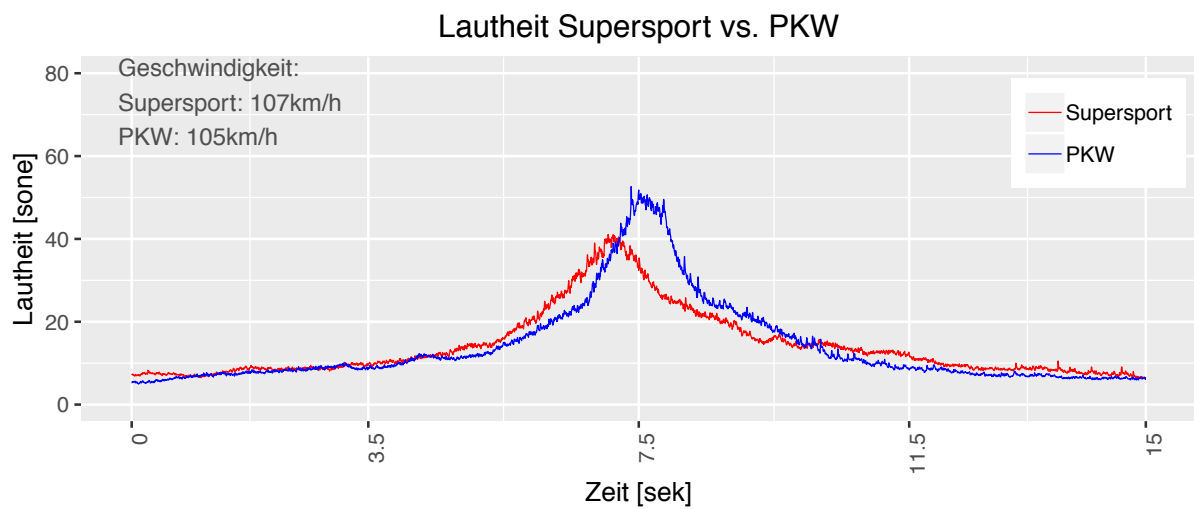


Abbildung 85: Lautheit Messort 1 Supersport vs. PKW

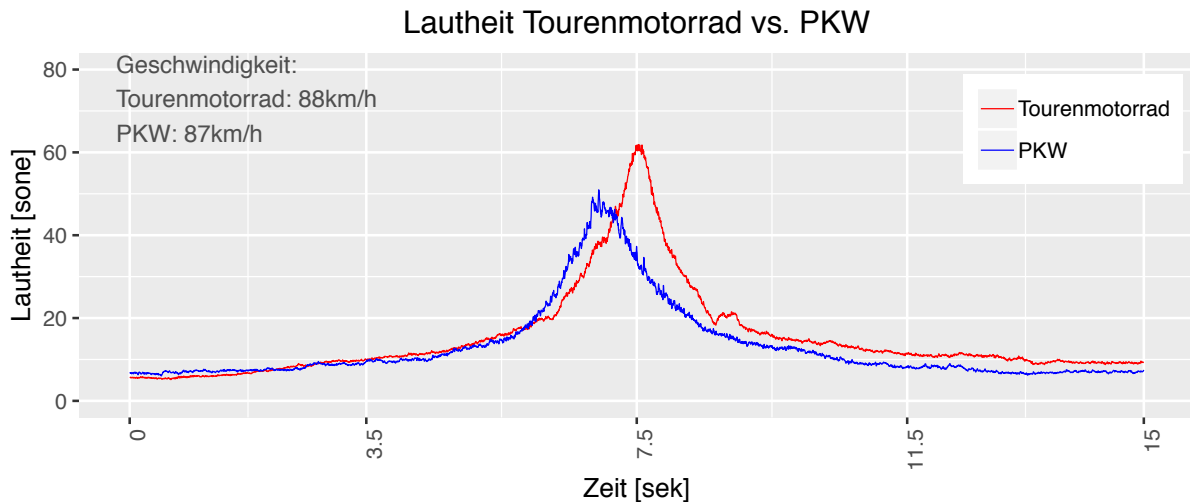


Abbildung 86: Lautheit Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.10.4 Rauigkeit

Bei Betrachtung der Vergleichsgrafiken der Rauigkeit (Abbildung 87 bis Abbildung 91) wird ersichtlich, dass vor allem der Chopper und das Tourenmotorrad relativ hohe Spitzenwerte aufweisen. Im Anfangs- und Endbereich der 15-sekündigen Vorbeifahrt befinden sich so gut wie alle der Fahrzeuge in ähnlichen Rauigkeitsbereichen. Dies ändert sich bei Chopper, Enduro und Tourenmotorrad mit Näherung zum unmittelbaren Passieren des Messstandortes und die Werte steigen deutlich über den maximalen Messwert der PKWs an. Wie in Abbildung 89 zu sehen ist, übersteigt die Rauigkeit des Naked Bikes die der PKWs im hinteren Bereich der Vorbeifahrt, bei ca. der Hälfte weist das Naked Bike hingegen geringere Werte auf. Beim Bild von Supersport vs. PKW (vgl. Abbildung 90) lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fahrzeugen feststellen. Das Verhalten der Motorräder bzw. der PKWs in den Abständen 25 m und 50 m ist vom Kurvenverlauf sehr ähnlich wie im Abstand von 7,50 m, durch den vergrößerten Abstand weisen die Fahrzeuge aber verringerte Werte auf. Dabei ist zu beobachten, dass die PKWs bei steigender Distanz größtenteils eine kleinere Verringerung der Messwerte als die PKWs aufweisen.

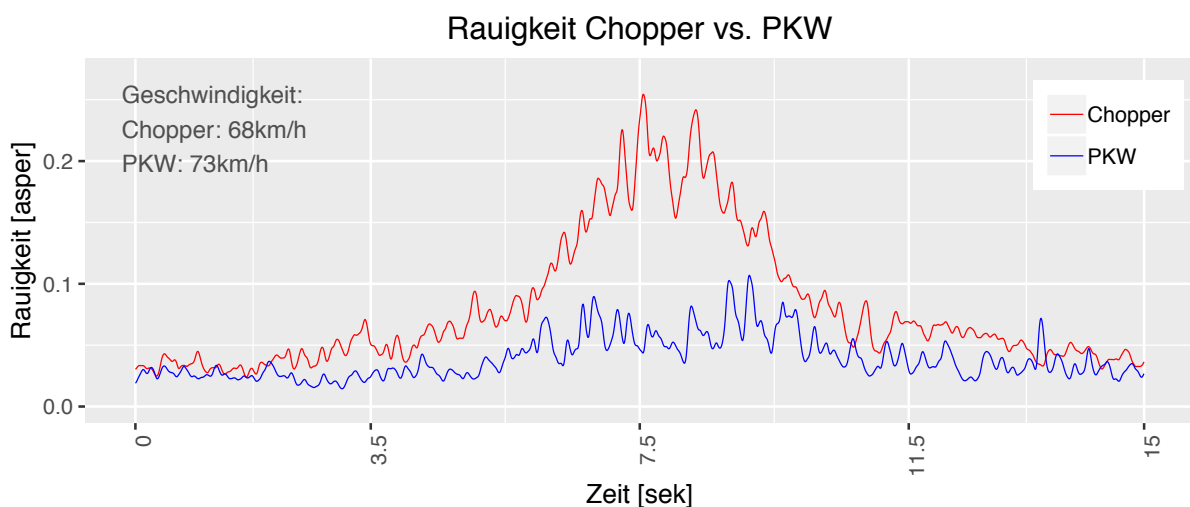


Abbildung 87: Rauigkeit Messort 1 Chopper vs. PKW

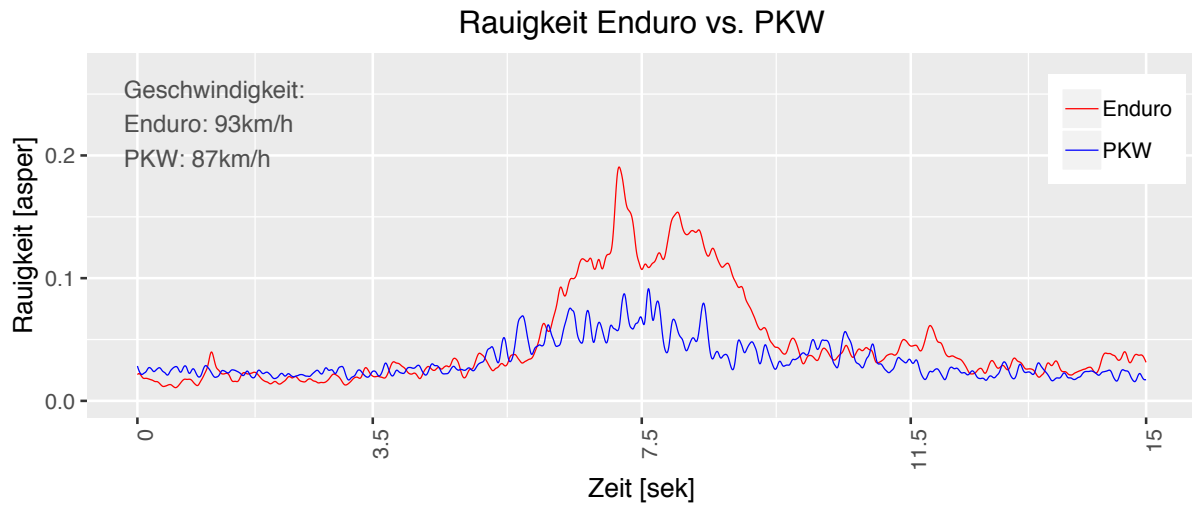


Abbildung 88: Rauigkeit Messort 1 Enduro vs. PKW

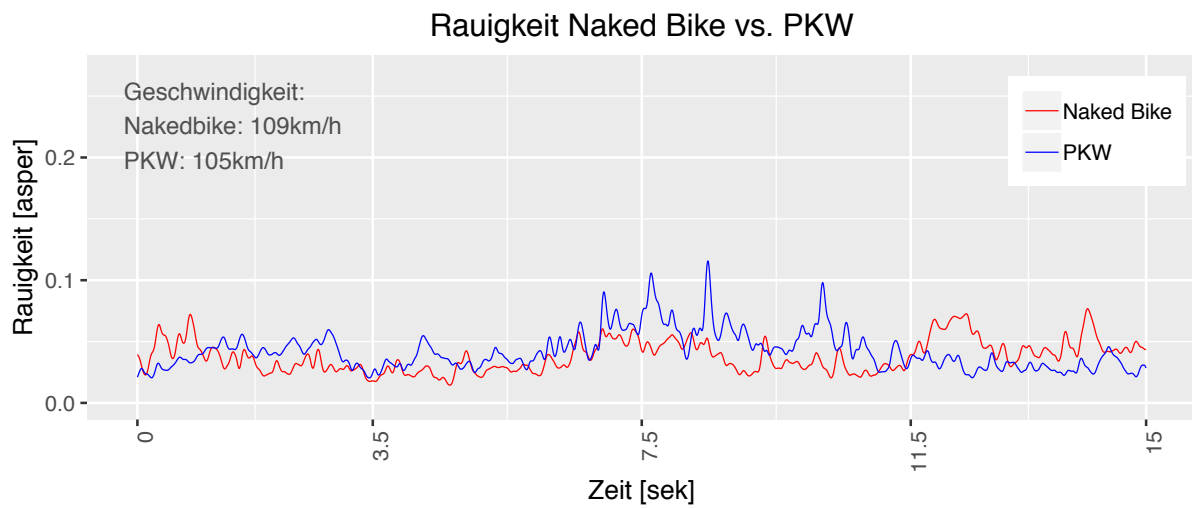


Abbildung 89: Rauigkeit Naked Bike vs. PKW

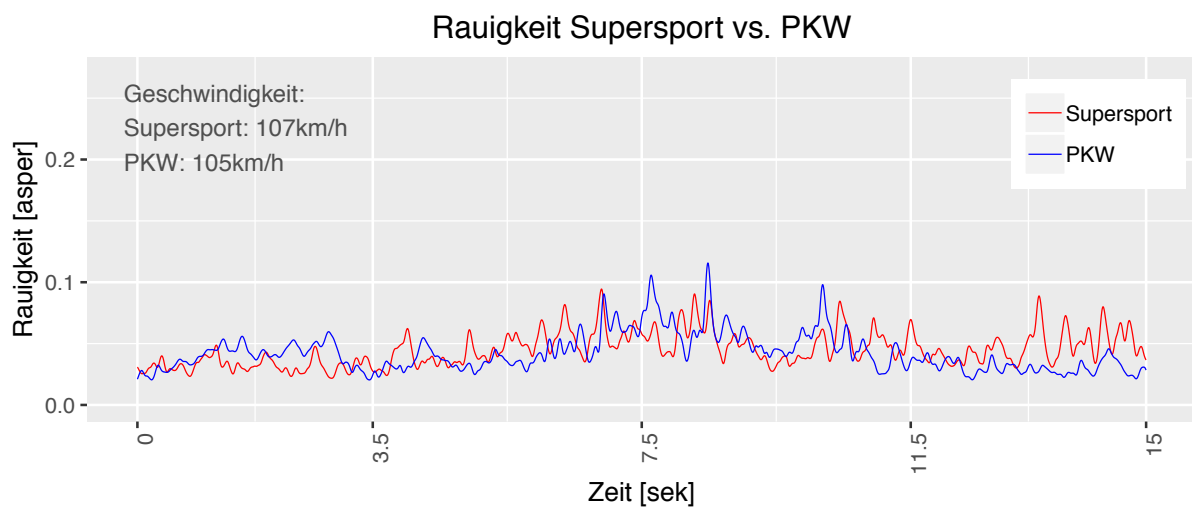


Abbildung 90: Rauigkeit Supersport vs. PKW

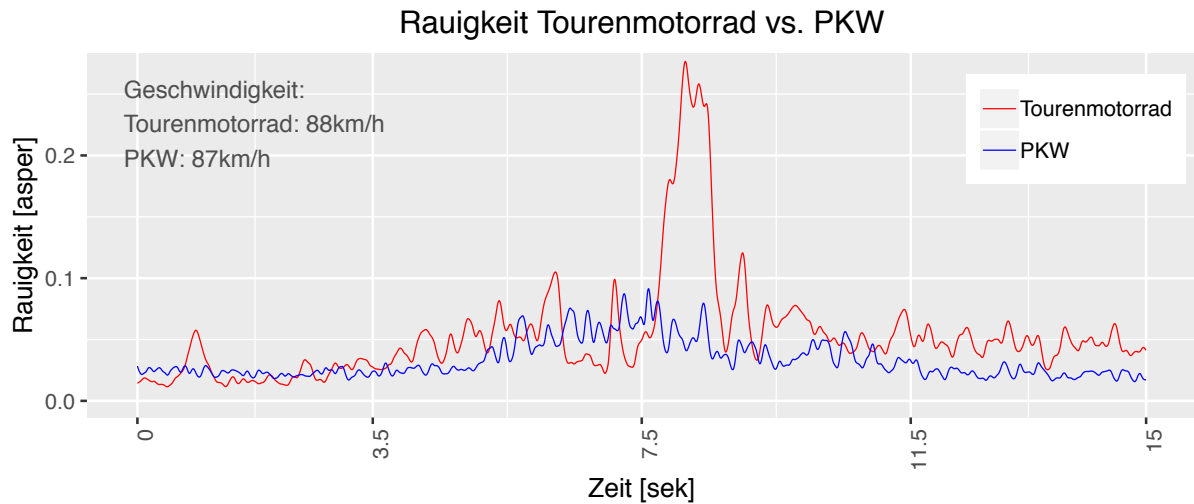


Abbildung 91: Rauigkeit Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.10.5 Schärfe

Bei der Schärfe ist vor allem beim Chopper aus Abbildung 92 ein sich wiederholendes Muster von Spitzen und Tiefen zu erkennen, welches auch für das menschliche Ohr in der typischen Geräuschcharakteristik von Choppern wiedererkennbar ist. Die Intensität der Schärfe liegt bei den PKWs im Vergleich zu Enduro (Abbildung 93), Naked Bike (Abbildung 94) und Supersport (Abbildung 95), in den Randbereichen des Messausschnitts über den Schärfewerten der Motorräder, verläuft aber bei ca. der Hälfte der Vorbeifahrt nach unten, wo PKWs und Motorräder dann sehr ähnliche Schärfewerte aufweisen. Außer beim Vergleich von Chopper vs. PKW (Abbildung 92) überschreitet der PKW in allen Vergleichen die ermittelten Werte der jeweiligen Motorräder. Die Schärfe erhöht sich bei den meisten Fahrzeugen mit steigendem Abstand (bei 25 m und 50 m).

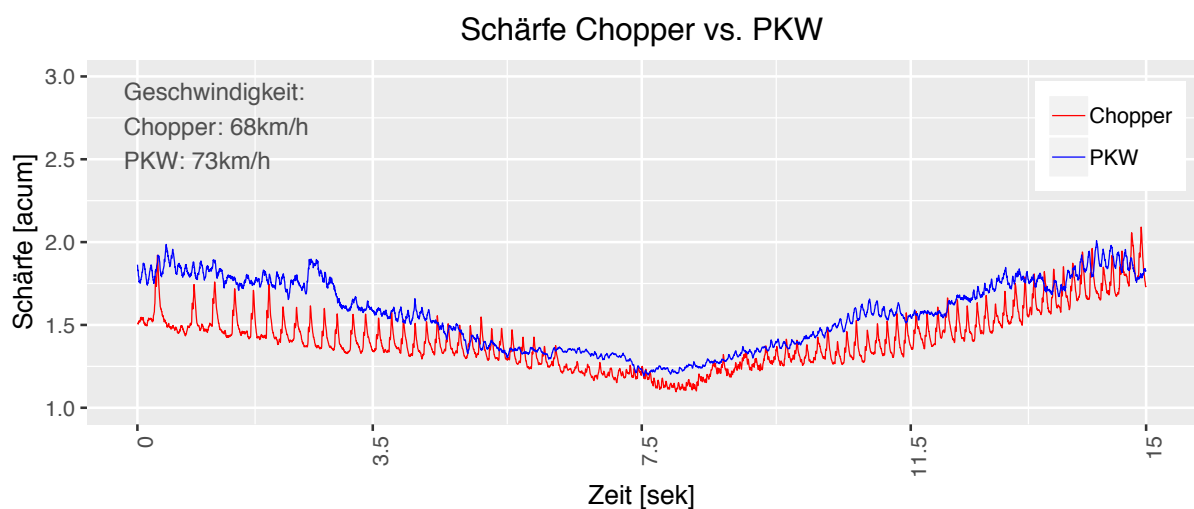


Abbildung 92: Schärfe Messort 1 Chopper vs. PKW

### Schärfe Enduro vs. PKW

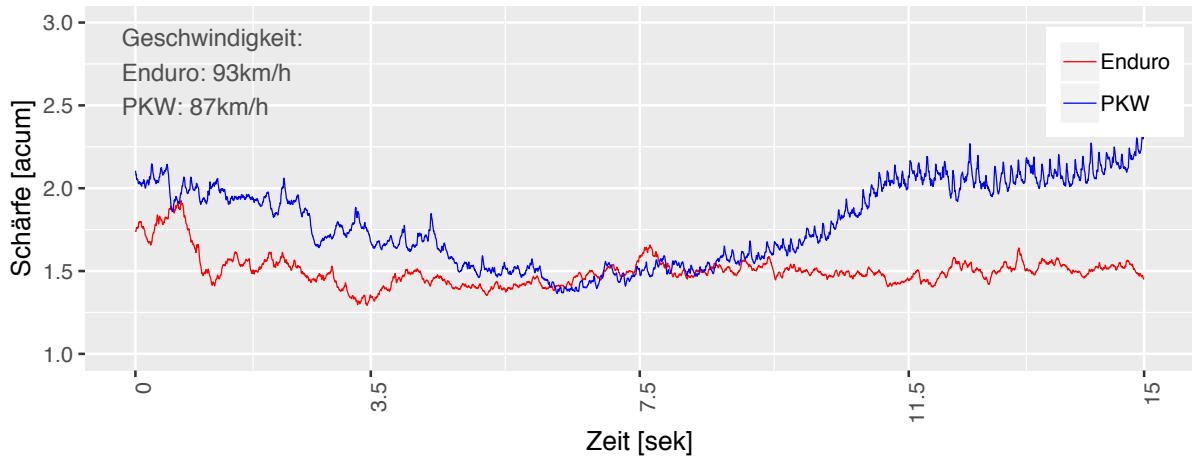


Abbildung 93: Schärfe Messort 1 Enduro vs. PKW

### Schärfe Naked Bike vs. PKW

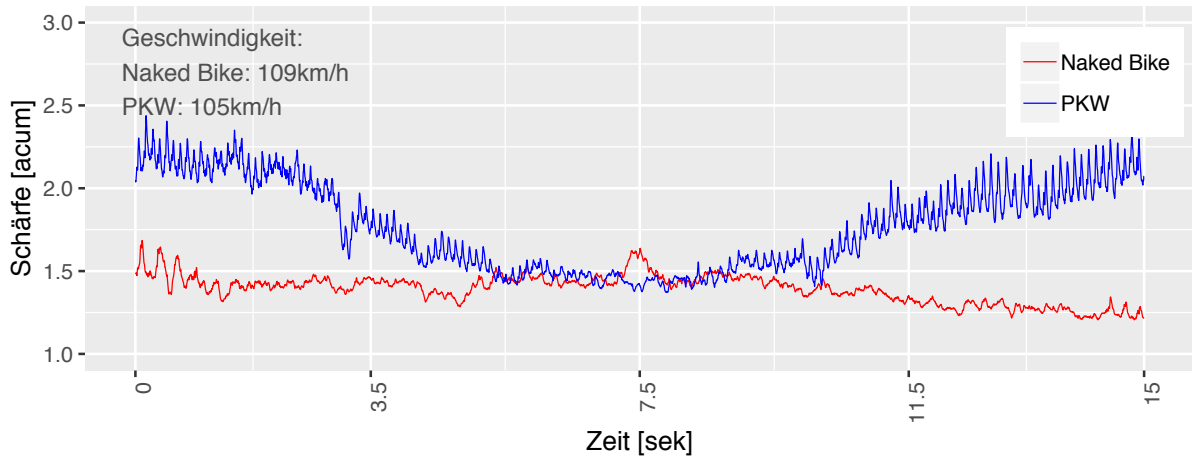


Abbildung 94: Schärfe Messort 1 Naked Bike vs. PKW

### Schärfe Supersport vs. PKW

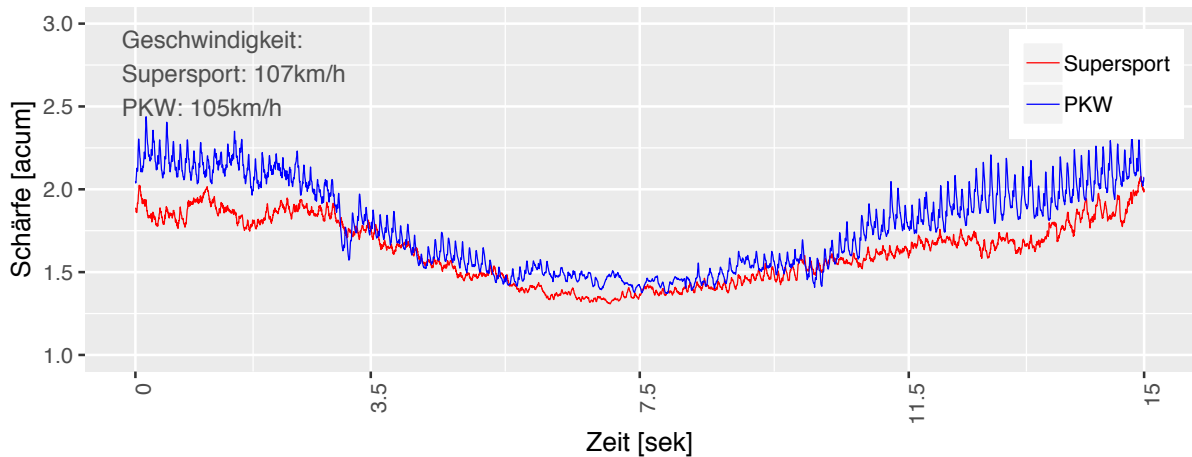


Abbildung 95: Schärfe Messort 1 Supersport vs. PKW



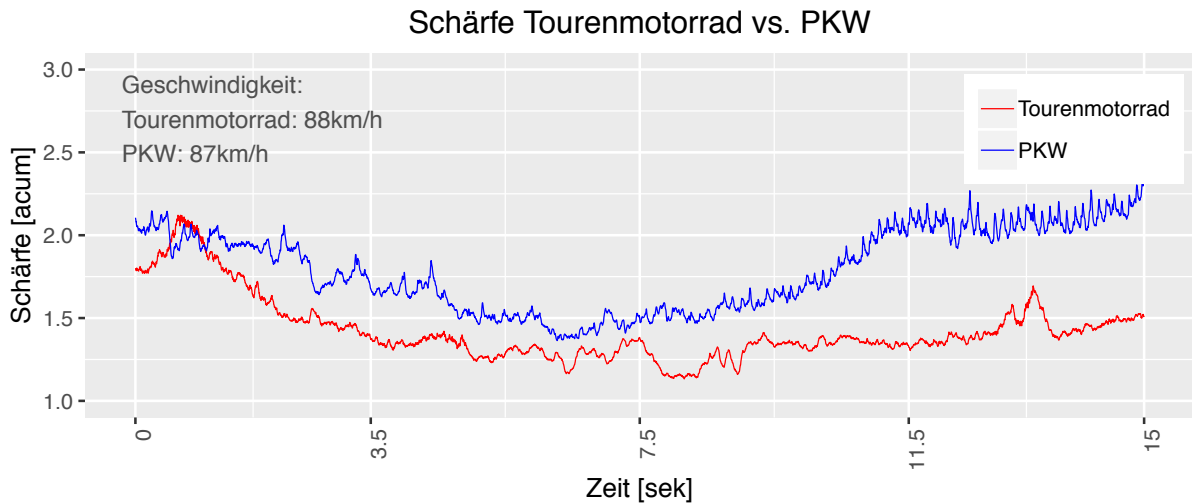


Abbildung 96: Schärfe Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.10.6 Schwankungsstärke

Beim Vergleich von PKW zu Enduro (Abbildung 98) bzw. PKW zu Naked Bike (Abbildung 99), weisen die PKWs deutlich geringere Spitzen bei der Schwankungsstärke auf als die Motorräder. Chopper (Abbildung 97), Supersport (Abbildung 100) und die verglichenen PKWs verhalten sich recht ähnlich, das Tourenmotorrad (Abbildung 101) weist zu Anfang und am Ende geringere Werte als der PKW auf, der Höchstwert fällt aber höher aus. Bei allen Fahrzeugen befindet sich die Spitze der Schwankungsstärke kurz nach der direkten Vorbeifahrt am Messpunkt, welcher bei 7,5 Sekunden liegt. Bei der Schwankungsstärke verändern sich PKWs sowie Motorräder mit steigender Distanz in ähnlicher Weise.

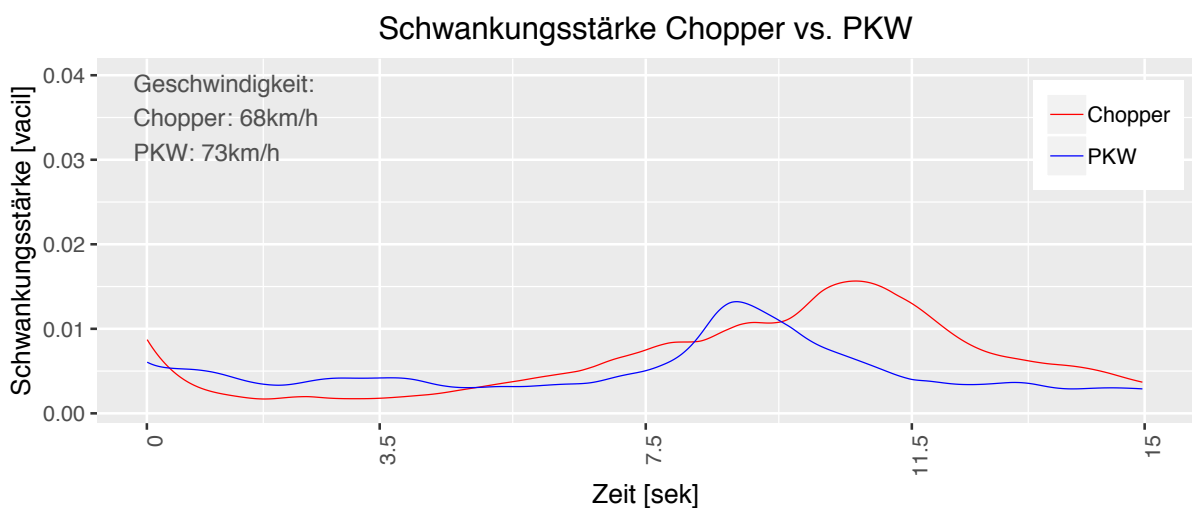


Abbildung 97: Schwankungsstärke Messort 1 Chopper vs. PKW

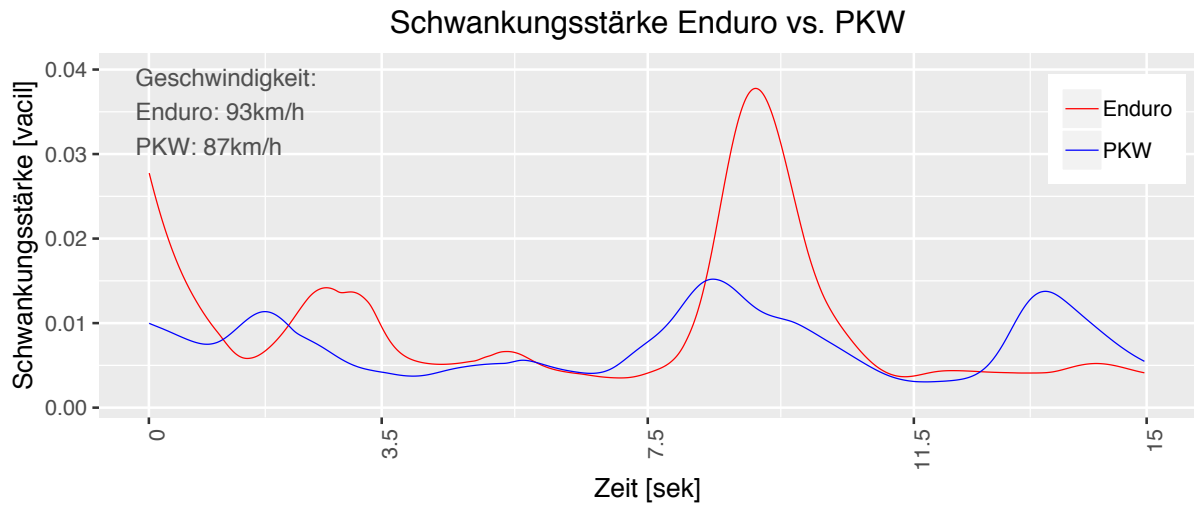


Abbildung 98: Schwankungsstärke Messort 1 Enduro vs. PKW

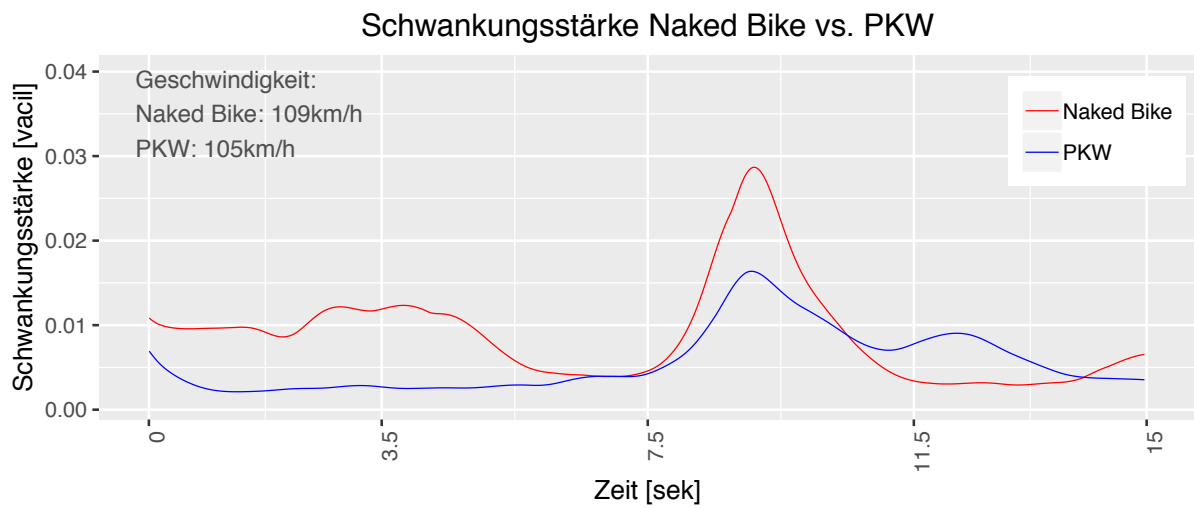


Abbildung 99: Schwankungsstärke Messort 1 Naked Bike vs. PKW

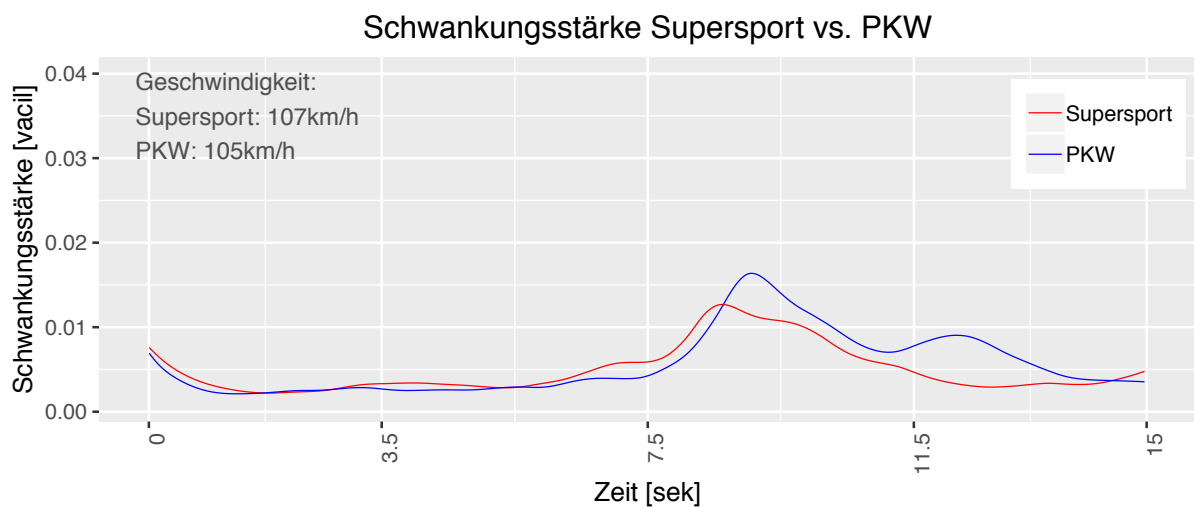


Abbildung 100: Schwankungsstärke Messort 1 Supersport vs. PKW

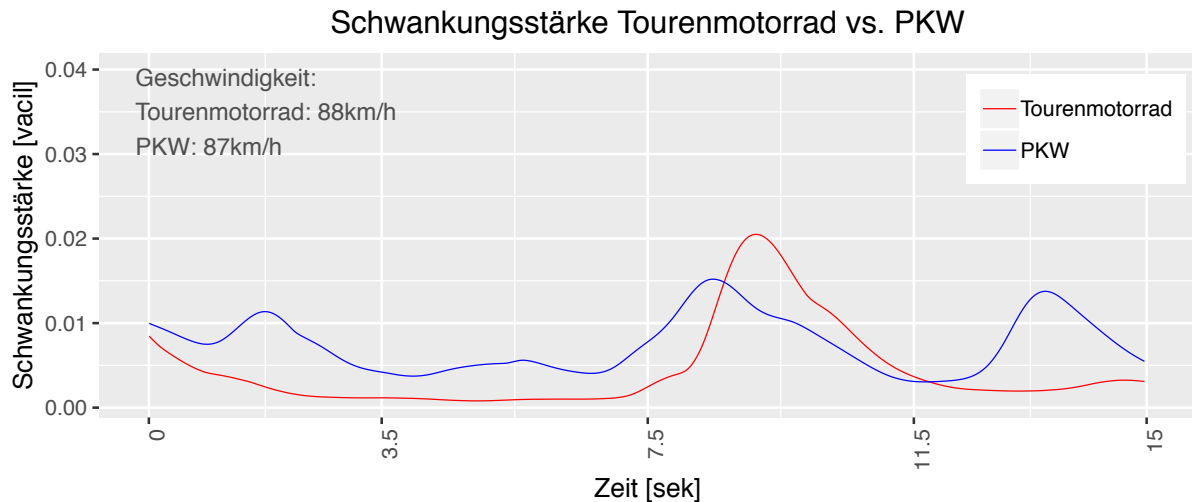


Abbildung 101: Schwankungsstärke Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.10.7 Frequenzspektrum

Um den Zusammenhang zwischen der Höhe des Schalldruckpegels und der zugehörigen Frequenz der unterschiedlichen Fahrzeugtypen zu ermitteln, werden in den folgenden Abbildungen die unterschiedlichen Frequenzspektren miteinander verglichen.

In Abbildung 102 übersteigt der SPL des PKWs den des Choppers im Bereich von ca. 50-100 Hz und danach wieder bei ca. 800-1.600 Hz. Die Enduro (Abbildung 103) übertrifft den PKW im tieffrequenten bis mittleren Bereich, bis auf eine kurze Ausnahme bei ca. 80 Hz, immer. Im Bereich von 800-1.600 Hz wechseln sich beide ab, sind sich aber sehr ähnlich, bis im hochfrequenten Bereich von 1.600-12.500 Hz die Enduro über den PKW steigt und im obersten Bereich von 12.500-25.000 Hz wieder vom PKW abgelöst wird. Beim Vergleich Naked Bike vs. PKW in Abbildung 104 liegt der PKW sowohl im tief- und im hochfrequenten Bereich als auch im Bereich von 800-1.600 Hz über dem Schalldruckpegel des Motorrads. Wie in der Abbildung 105 zu erkennen ist, besitzt der PKW im Großteil des Spektrums einen höheren Schalldruckpegel als das Supersport Motorrad. Das Supersport Motorrad übersteigt den Wert des PKWs nur kurzzeitig im Bereich von 100 Hz und 12.500 Hz. Im letzten Vergleich dieses Messortes (Abbildung 106) befindet sich der Schalldruckpegel des PKWs nur im niedrigfrequenten Bereich (12,5-25 Hz) und im mittleren Frequenzbereich (400-2.000 Hz) über dem SPL des Tourenmotorrades. Im hochfrequenten Bereich verhalten sich beide in etwa gleich.

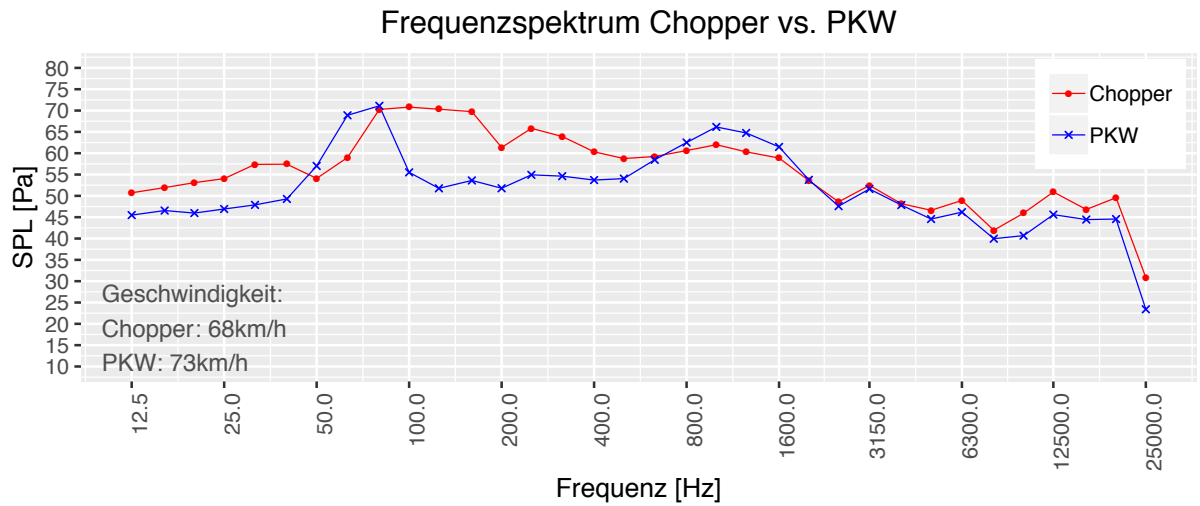


Abbildung 102: Frequenzspektrum Messort 1 Chopper vs. PKW

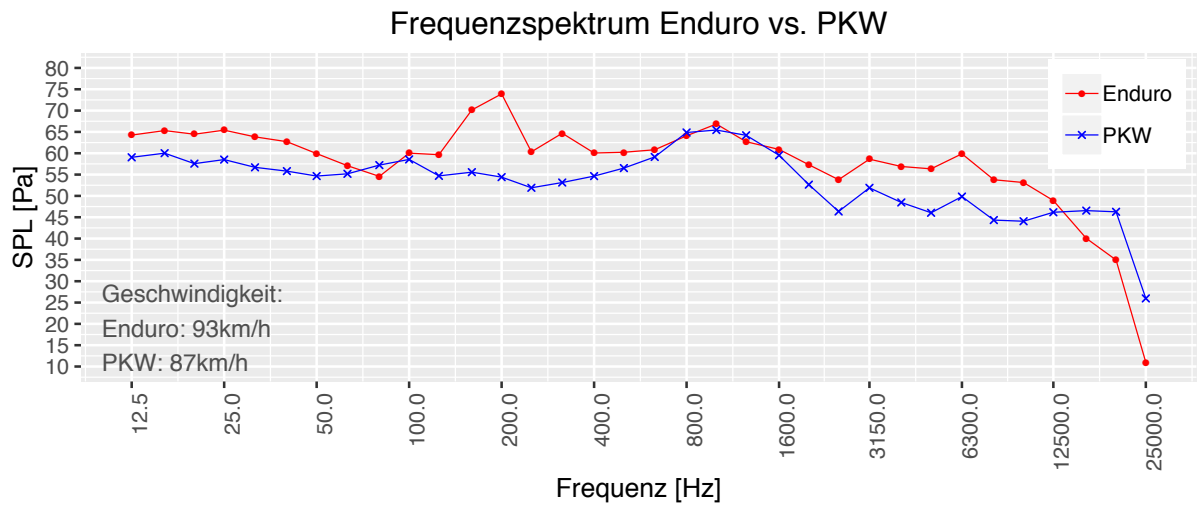


Abbildung 103: Frequenzspektrum Messort 1 Enduro vs. PKW

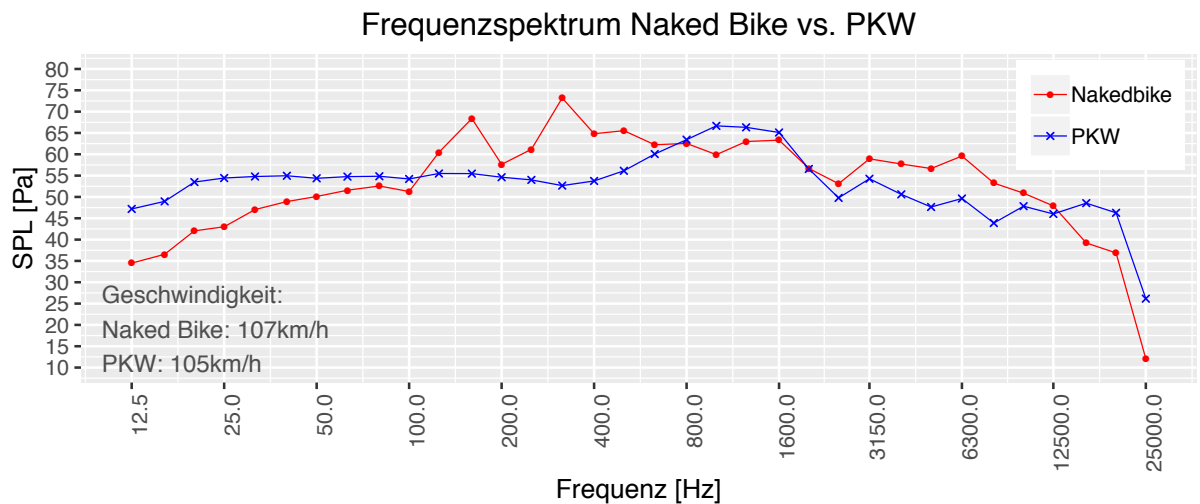


Abbildung 104: Frequenzspektrum Messort 1 Naked Bike vs. PKW

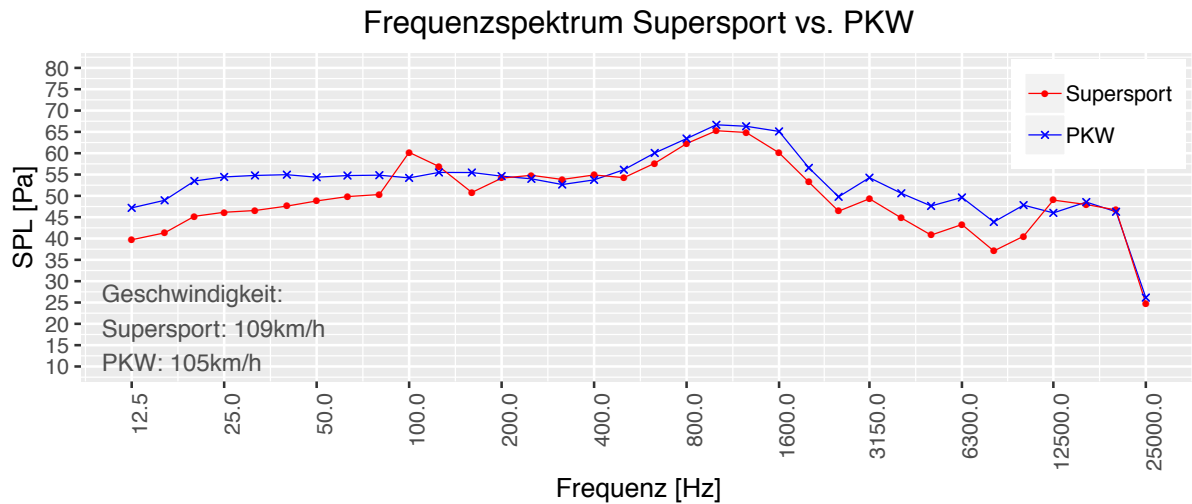


Abbildung 105: Frequenzspektrum Messort 1 Supersport vs. PKW

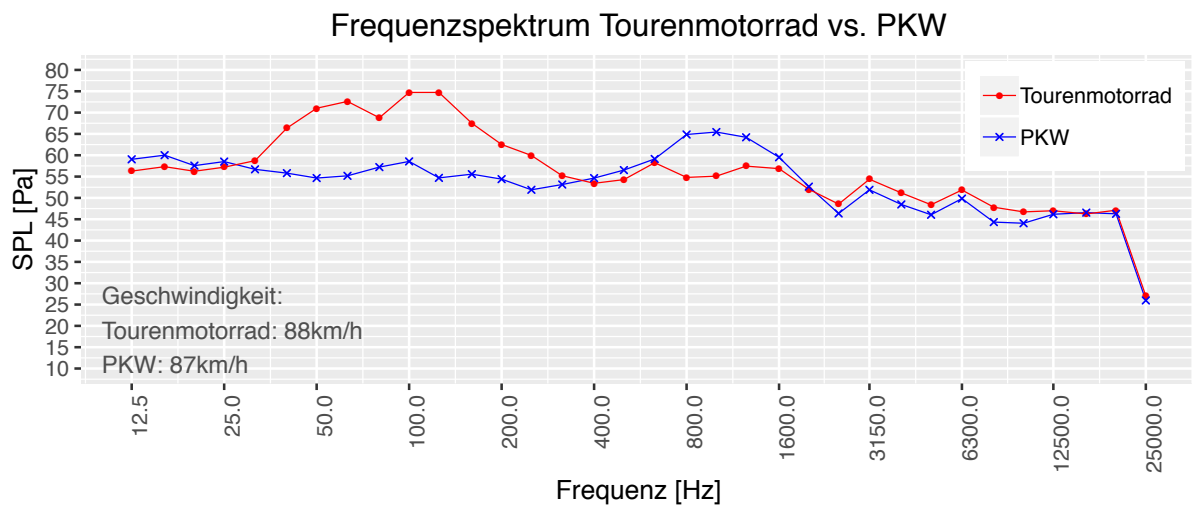


Abbildung 106: Frequenzspektrum Messort 1 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.11 Paarweiser Vergleich Messort 2

Bei den Vergleichen des zweiten Messortes können nur 3 der 5 Motorradtypen mit PKWs einer ähnlichen Geschwindigkeit verglichen werden, da innerhalb der erhobenen Messdaten nicht zu allen Motorradtypen ein vergleichbarer PKW, welcher eine ähnliche Geschwindigkeit wie das Motorrad aufweist, vorhanden ist. Weiters werden hier nur Vergleiche in einem Abstand von 7,50 m durchgeführt, da nur ein einzelnes zu vergleichendes Fahrzeugpaar in größerer Distanz (50 m) vorhanden ist.

Es werden folgende Fahrzeuge zum Vergleich herangezogen:

Tabelle 115: Paarweiser Vergleich Messort 2

Vergleich Nr.	PKW Nr.	Geschwindigkeit [km/h]	Motorrad Nr.	Motorradtyp	Geschwindigkeit [km/h]
1	29	73	54	Tourenmotorrad	73
2	29	73	51	Supersport	72
3	45	74	44	Naked Bike	76

#### 4.2.11.1 A-bewerteter Schalldruckpegel

In Abbildung 107 ist zu sehen, dass das Naked Bike vor allem zu Beginn und am Ende der Messung einen höheren SPL(A) als der PKW besitzt, im mittleren Bereich verhalten sich beide Fahrzeuge sehr ähnlich. Beim Vergleich von Supersport vs. PKW (Abbildung 108) bemerkt man, dass auch dieses Motorrad im Anfangs- als auch im Endbereich leicht höhere Werte als der PKW aufweist, wobei der Maximalwert vom PKW den des Motorrades deutlich übersteigt. Tourenmotorrad und PKW weisen, wie in Abbildung 109 zu sehen, ein recht ähnliches Muster auf, wobei das Tourenmotorrad zu Beginn einen höheren SPL(A) aufweist und danach der PKW bis zum Ende des Messzeitraums höhere Werte besitzt.

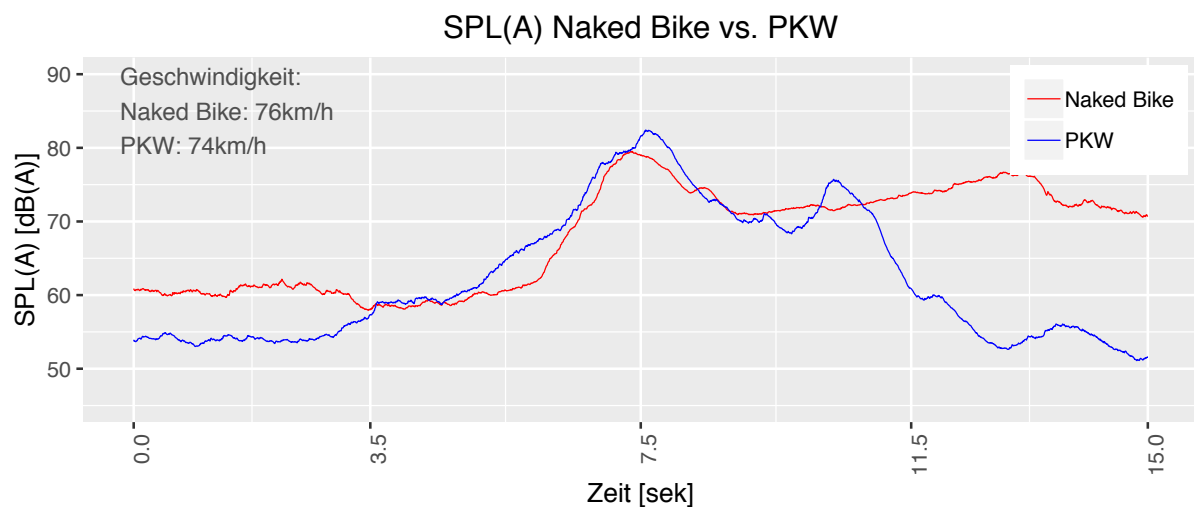


Abbildung 107: SPL(A) Messort 2 Naked Bike vs. PKW

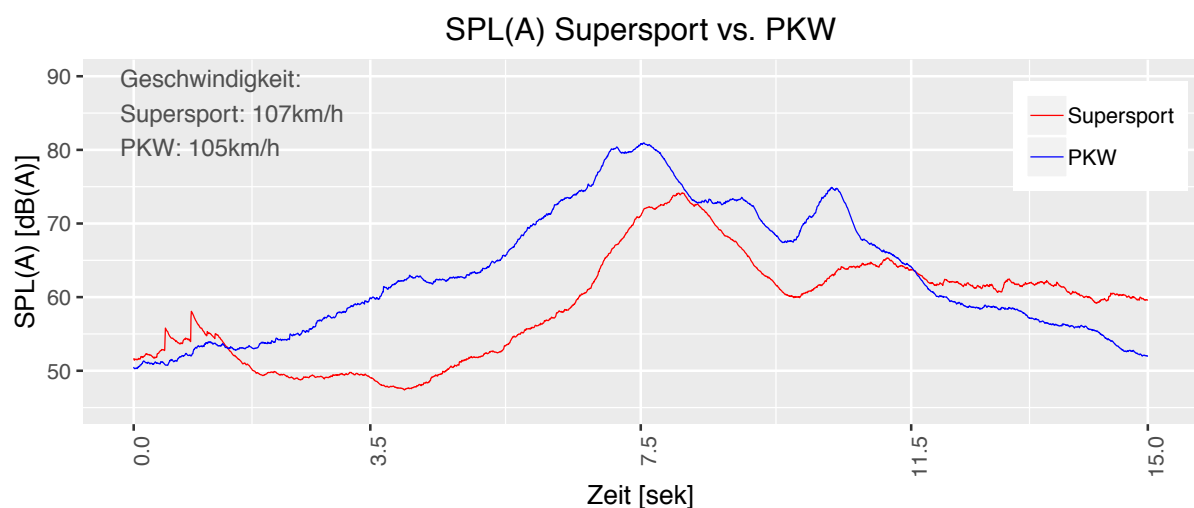


Abbildung 108: SPL(A) Messort 2 Supersport vs. PKW

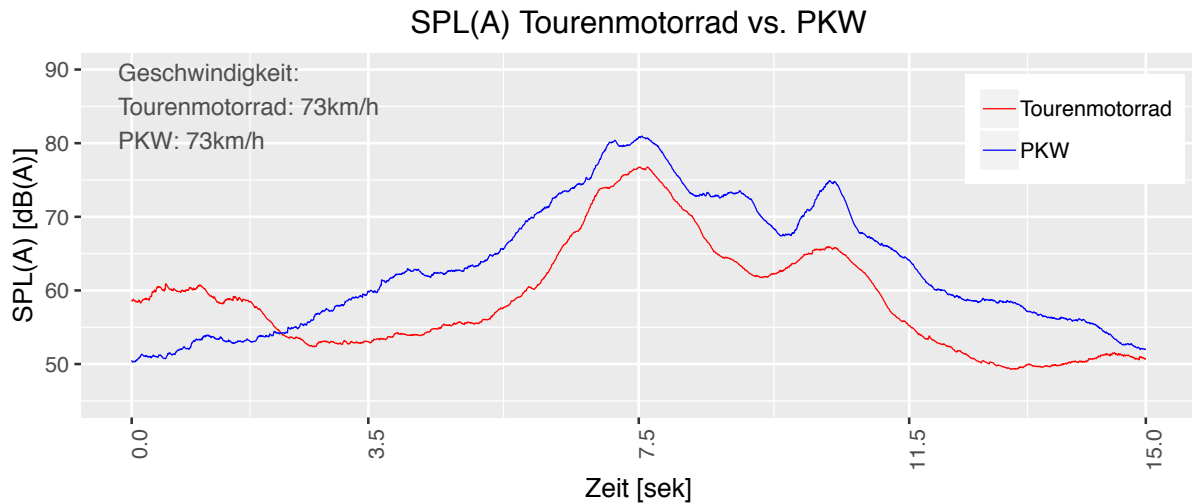


Abbildung 109: SPL(A) Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.11.2 C-bewerteter Schalldruckpegel

Beim Vergleich von Naked Bike vs. PKW (Abbildung 110) übersteigt das Motorrad die Werte des PKWs beinahe über den gesamten Messzeitraum. Im mittleren Bereich der Messzeit verlaufen die beiden Graphen in etwa gleich und am Ende des Messausschnitts steigert sich die Differenz der beiden Kurven. Obwohl der PKW den größeren Maximalwert besitzt, übertrifft der SPL(C) des Motorrads den des PKWs vor allem im Endbereich. Wie in der Abbildung 111 zu sehen ist, besitzt der PKW zwar den höchsten SPL(C) in diesem Vergleich, allerdings übersteigt hier das Supersport Motorrad im Anfangs- und Endbereich die Werte des PKWs. Bei einem Vergleich von Tourenmotorrad und PKW (Abbildung 112) erkennt man, dass das Tourenmotorrad einen sehr unruhigen SPL(C)-Verlauf aufweist. Auch dieses Motorrad besitzt vor allem im Anfangs- und Endbereich erhöhte Werte im Vergleich zum PKW, obwohl der Maximalwert dem PKW zugeschrieben wird.

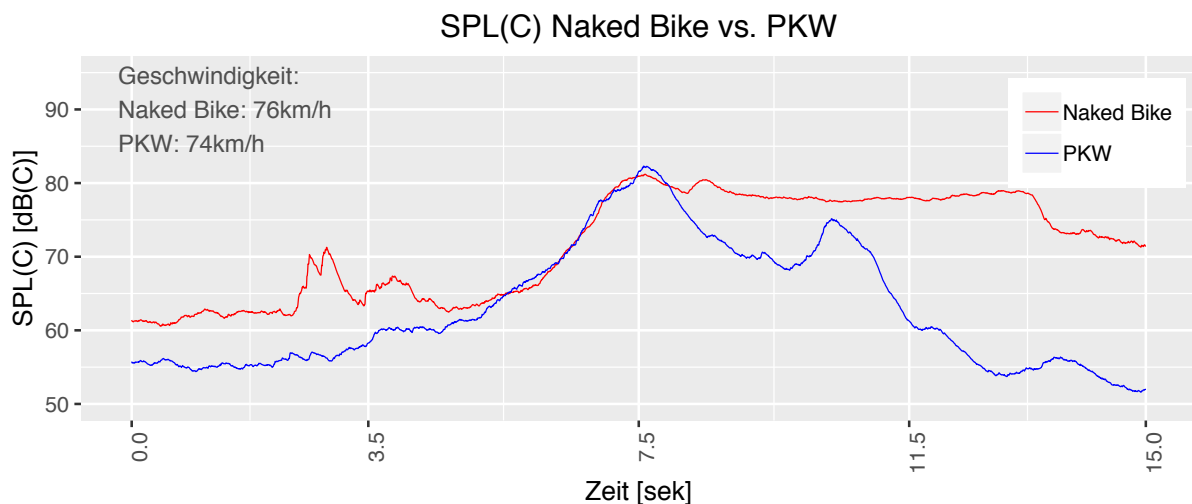


Abbildung 110: SPL(C) Messort 2 Naked Bike vs. PKW

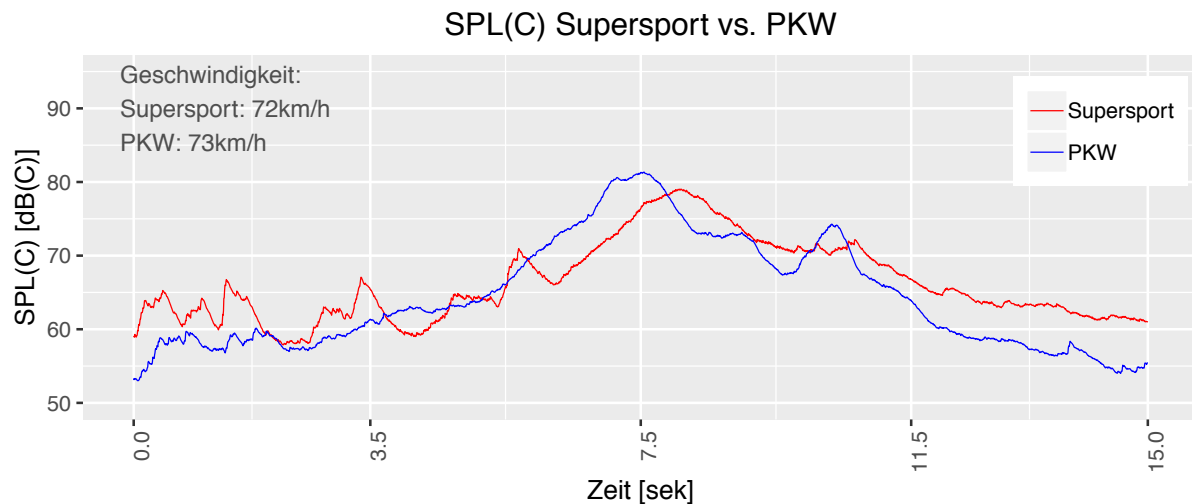


Abbildung 111: SPL(C) Messort 2 Supersport vs. PKW

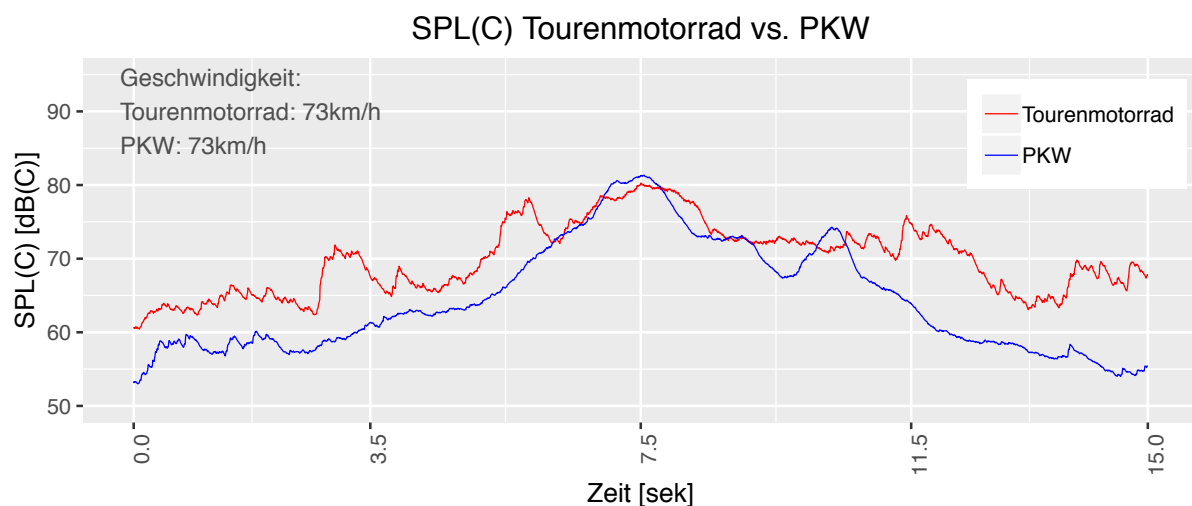


Abbildung 112: SPL(C) Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.11.3 Lautheit

Wie in Abbildung 106 zu erkennen ist, sind die Lautheiten von PKW und Naked Bike zu Beginn relativ ähnlich, kurz vor der Hälfte der Zeitmessung steigt der Wert des Naked Bikes jedoch an und verläuft flacher als die Kurve des PKWs. PKW und Supersport haben einen sehr ähnlichen Verlauf (Abbildung 114), mit dem Unterschied, dass die Lautheit des Supersport Motorrades erst kurz nach der Hälfte des betrachteten Zeitraums seinen Höhepunkt erreicht und der PKW schon bei ungefähr bei 7,5 Sekunden. Die maximale Lautheit des PKWs übersteigt zudem die des Motorrades um ca. 5 Sone. Beim Vergleich von Tourenmotorrad vs. PKW (Abbildung 115) sind keine auffälligen Differenzen vorhanden.



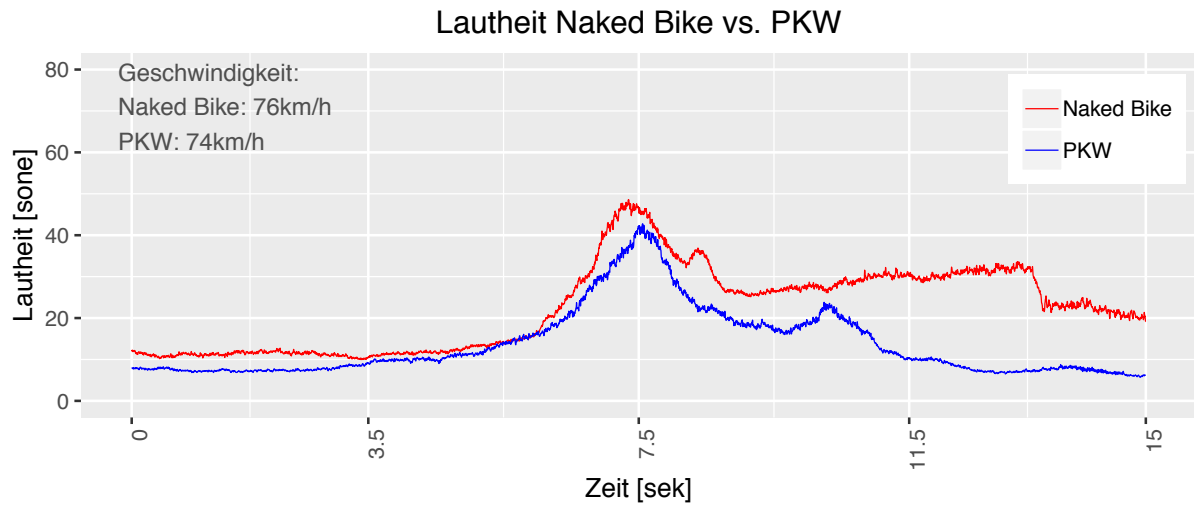


Abbildung 113: Lautheit Messort 2 Naked Bike vs. PKW

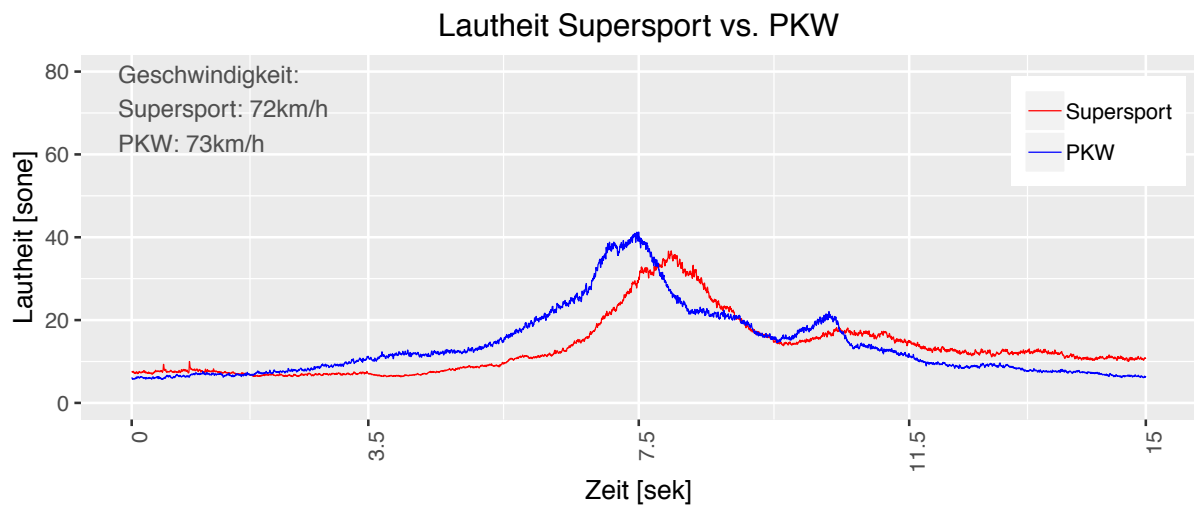


Abbildung 114: Lautheit Messort 2 Supersport vs. PKW

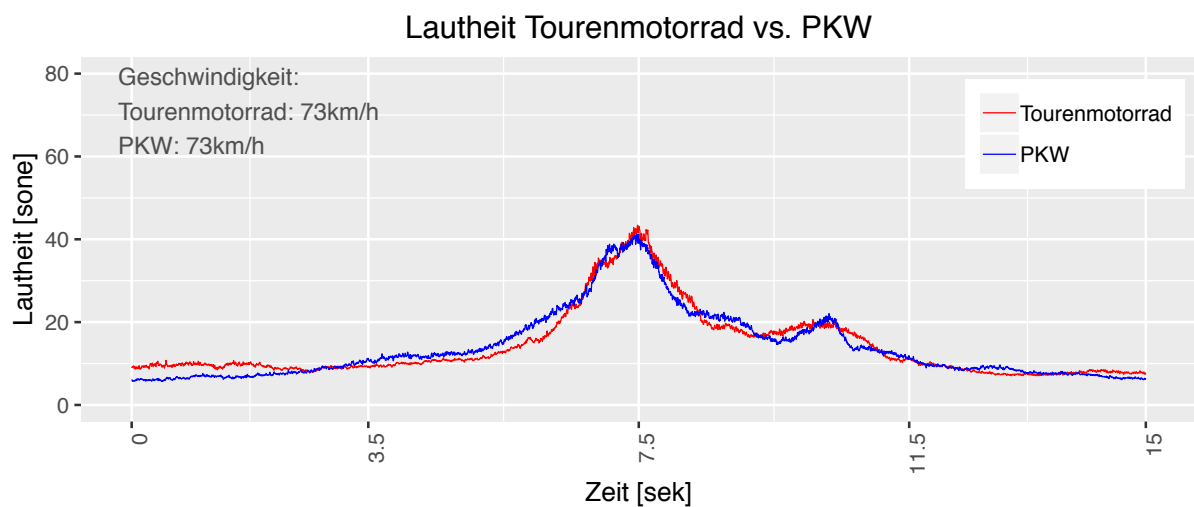


Abbildung 115: Lautheit Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.11.4 Rauigkeit

In den Vergleichen von Abbildung 116 und Abbildung 117 übersteigen die Werte der Motorräder vor allem in den hinteren Bereichen der Vorbeifahrt die Werte der PKWs am stärksten. Beim Vergleich von Tourenmotorrad vs. PKW (Abbildung 118) gibt es hinsichtlich der Rauigkeit keine bemerkenswerten Unterschiede, lediglich zu Beginn sind die Werte des Tourenmotorrades etwas erhöht.

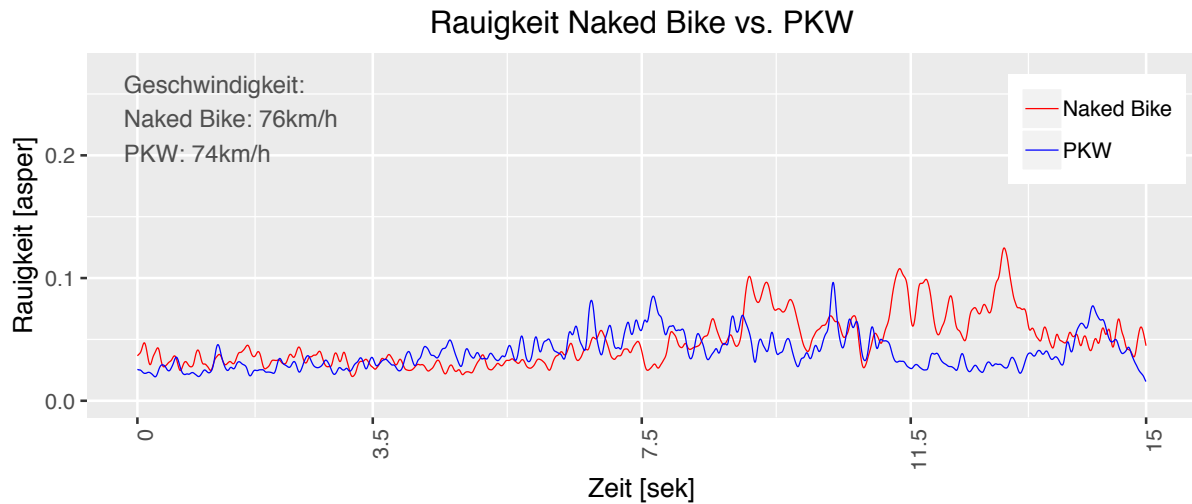


Abbildung 116: Rauigkeit Messort 2 Naked Bike vs. PKW

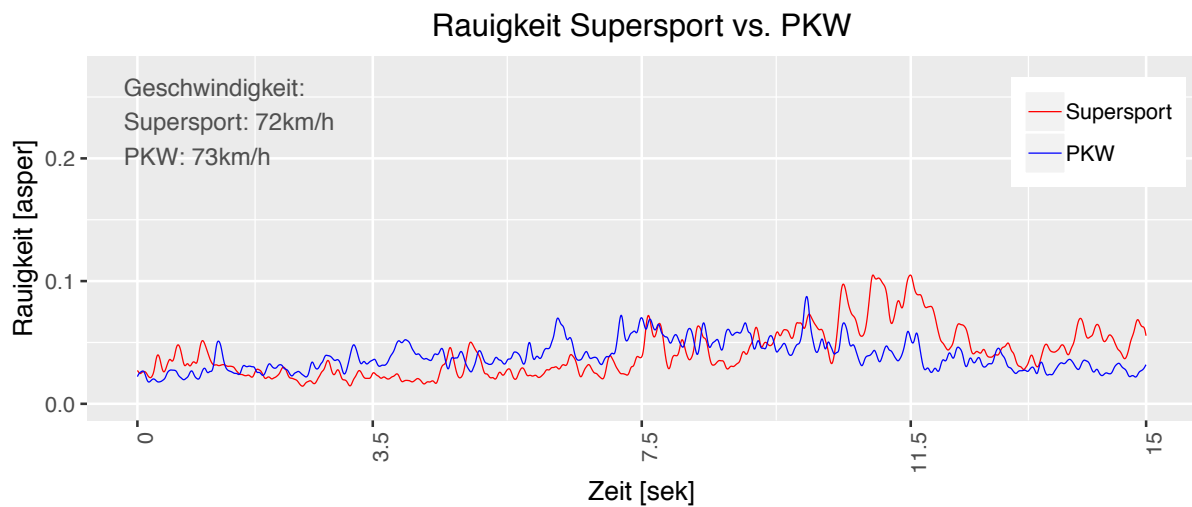


Abbildung 117: Rauigkeit Messort 2 Supersport vs. PKW

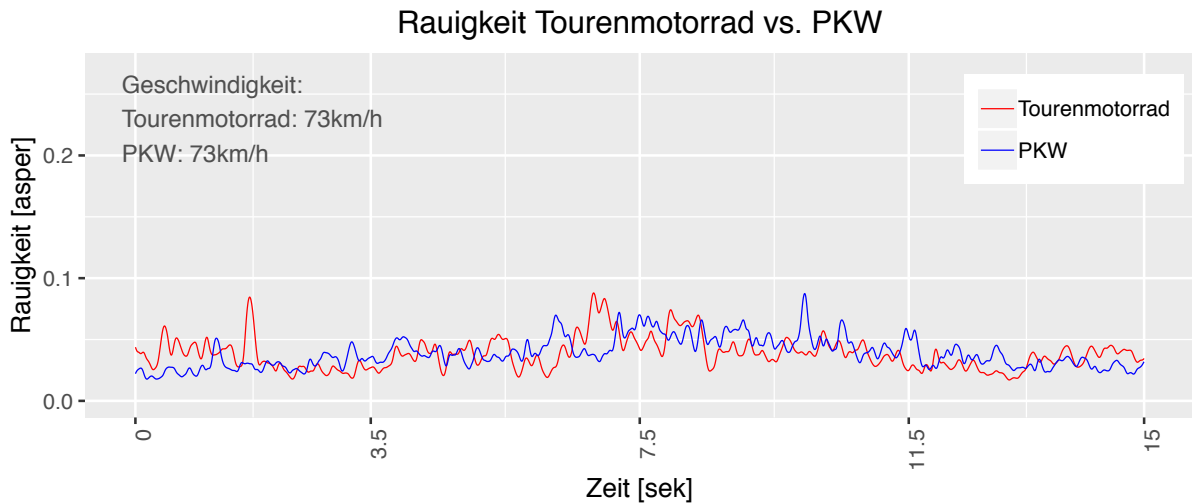


Abbildung 118: Rauigkeit Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.11.5 Schärfe

Bei allen Vergleichen in Abbildung 119 bis Abbildung 121 übersteigt die Schärfe des PKWs vor allem zu Beginn und am Ende des Messausschnitts die Schärfe des jeweiligen Motorrades. Im Bereich von ca. 2 Sekunden nach Beginn der Vorbeifahrt nähern sich die Werte aller Motorräder dem des PKWs an bzw. übersteigen ihn sogar, bevor sie wieder unter die Schärfe der PKWs sinken um kurz vor der direkten Vorbeifahrt bei 7,5 Sekunden wieder über den Wert der PKWs zu steigen.

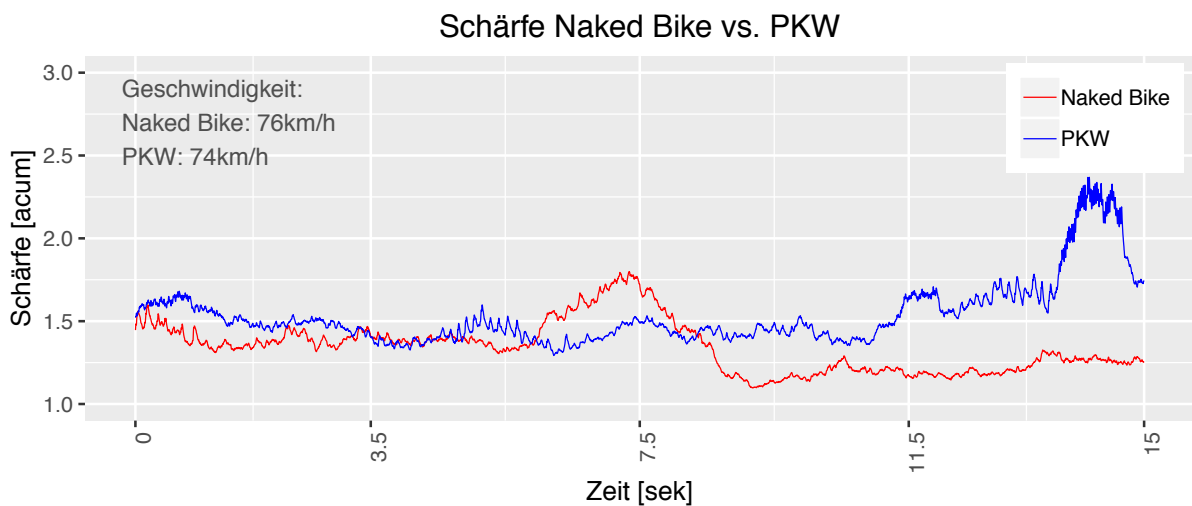


Abbildung 119: Schärfe Messort 2 Naked Bike vs. PKW

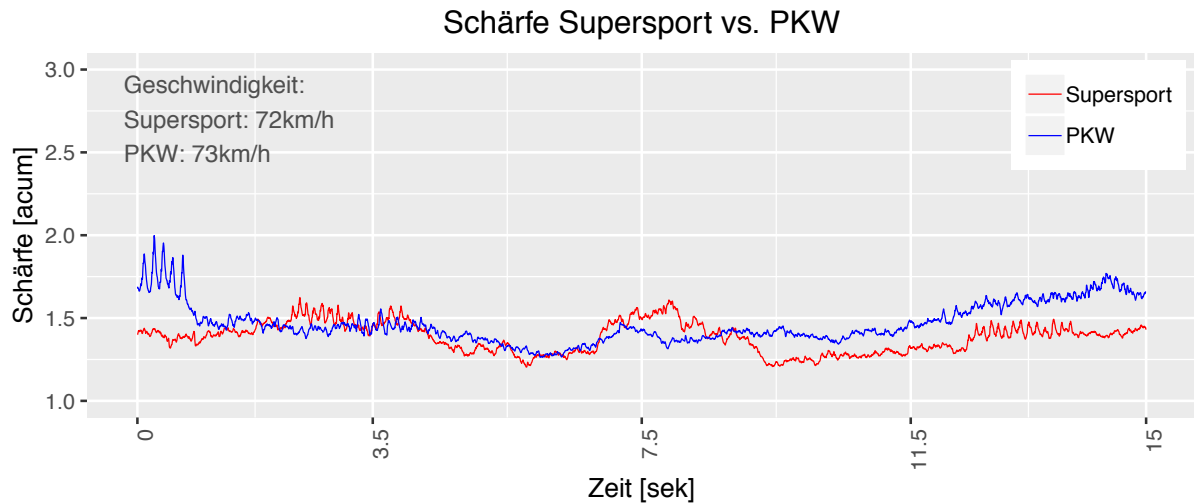


Abbildung 120: Schärfe Messort 2 Supersport vs. PKW

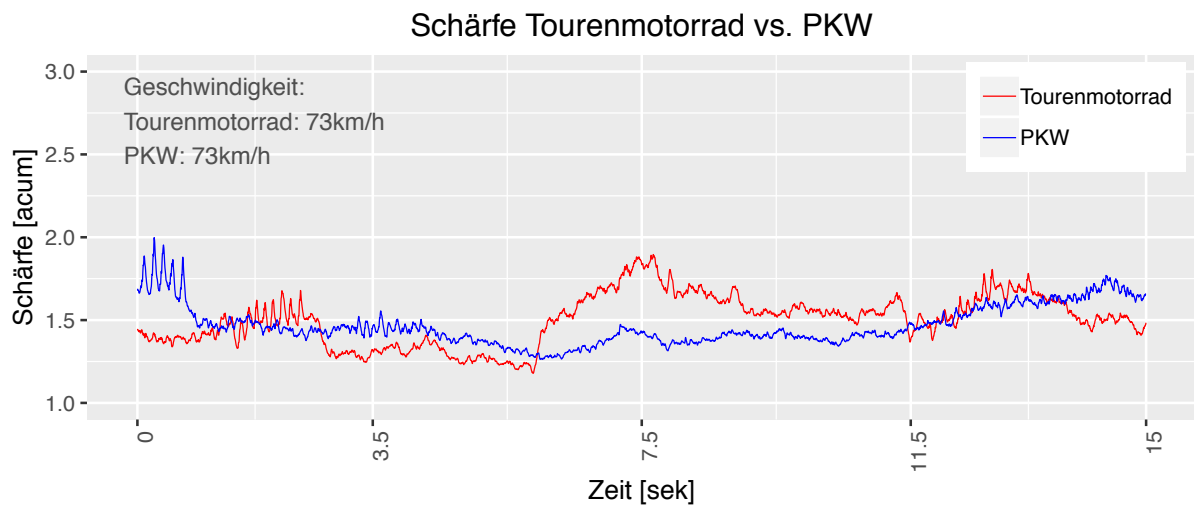


Abbildung 121: Schärfe Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.11.6 Schwankungsstärke

Die überprüften PKWs verhalten sich in den Grafiken ähnlich, sowie auch die Motorräder. Lediglich das Naked Bike aus Abbildung 122 weist gegen Ende der Messung eine sehr hohe Steigerung der Schwankungsstärke auf und das Tourenmotorrad der Abbildung 124 besitzt beinahe über den gesamten Zeitraum eine etwas höher liegende Kurve als der PKW.

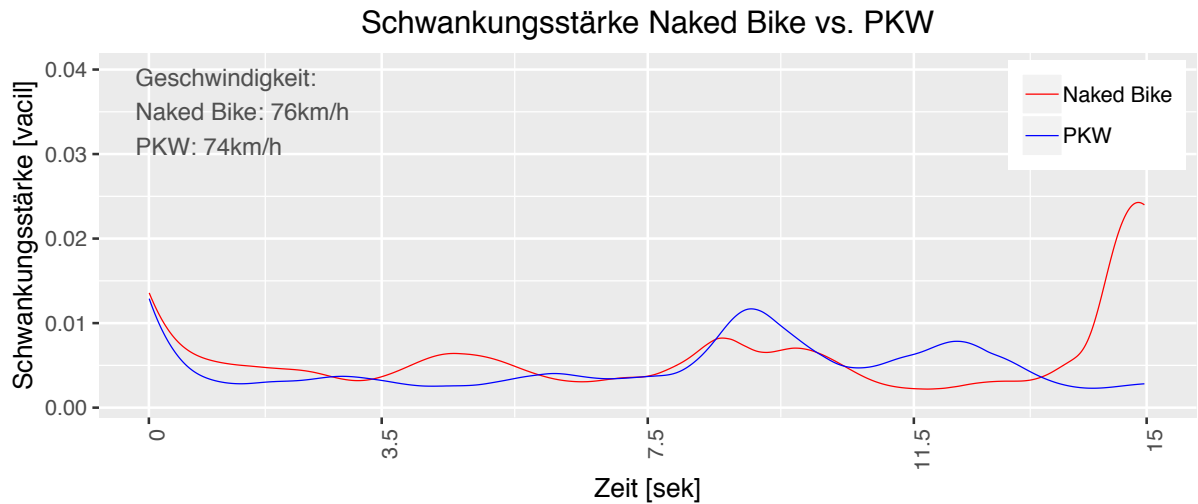


Abbildung 122: Schwankungsstärke Messort 2 Naked Bike vs. PKW

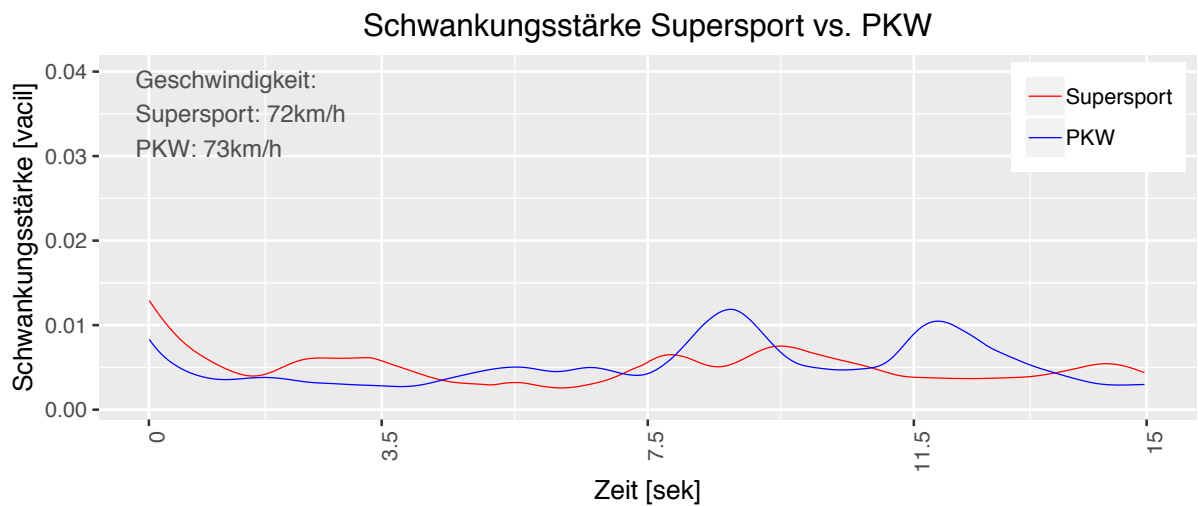


Abbildung 123: Schwankungsstärke Messort 2 Supersport vs. PKW

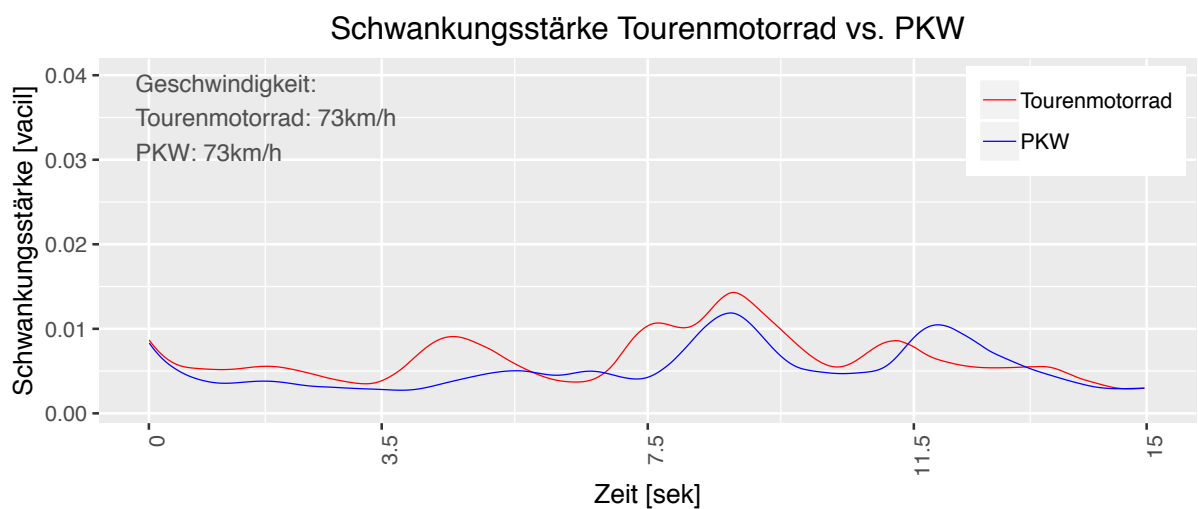


Abbildung 124: Schwankungsstärke Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW

### 4.2.11.7 Frequenzspektrum

Im ersten Vergleich übersteigt der SPL des PKWs den des Supersport Motorrads (vgl. Abbildung 125), vor allem im Bereich von ca. 700-3.150 Hz. Beim direkten Vergleich von Tourenmotorrad vs. PKW (Abbildung 126), weist der PKW, ungefähr im selben Bereich wie im Vergleich zuvor, einen höheren Wert als das Motorrad auf. Im letzten Frequenzvergleich von Messort 2 (Abbildung 127) liegt der SPL des PKWs nur geringfügig, im Bereich von ca. 100 Hz und im Bereich von 800 bis ca. 2.000 Hz, über dem Schalldruckpegel des Motorrads.

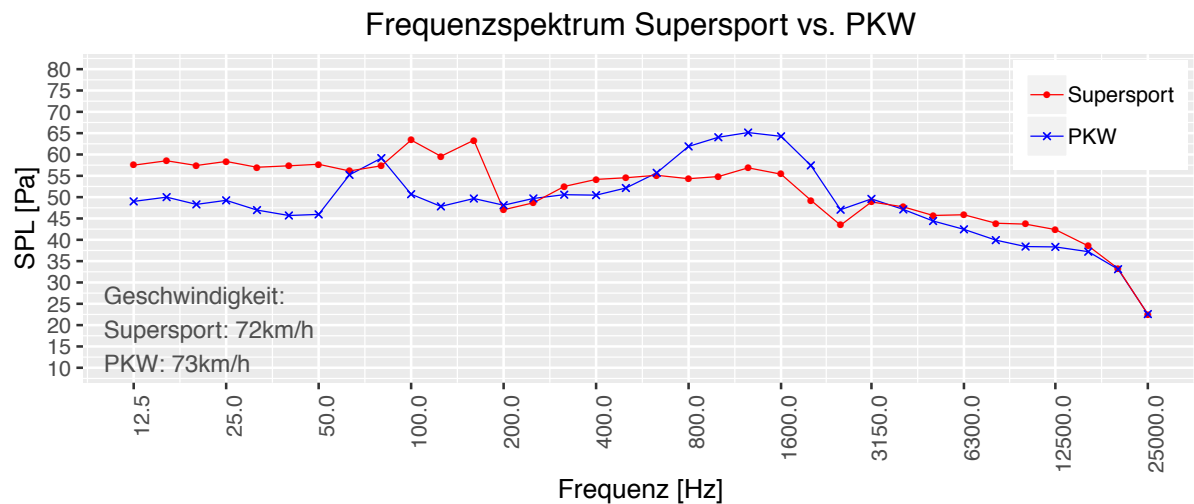


Abbildung 125: Frequenzspektrum Messort 2 Supersport vs. PKW

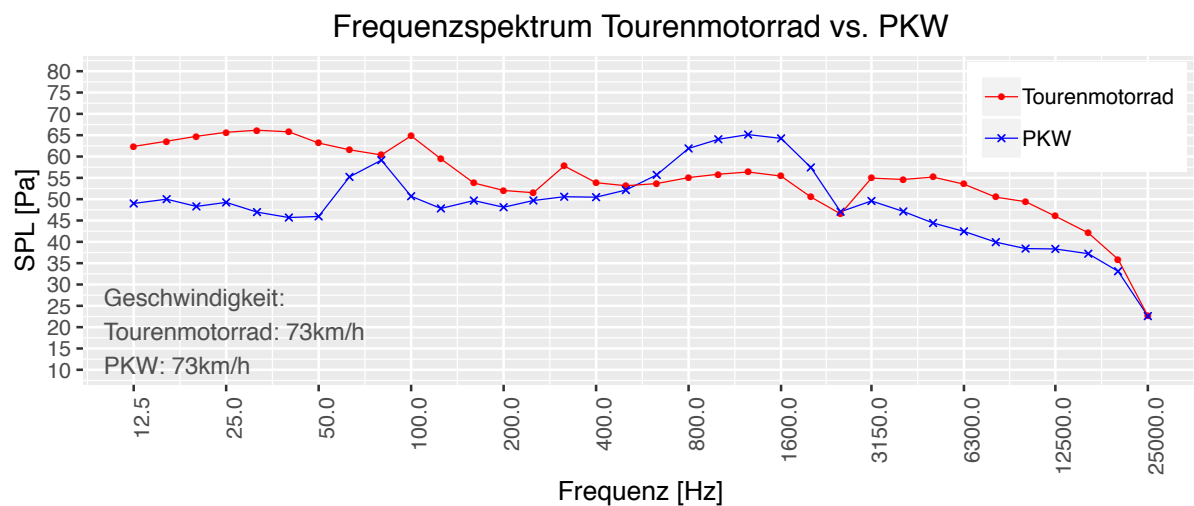


Abbildung 126: Frequenzspektrum Messort 2 Tourenmotorrad vs. PKW

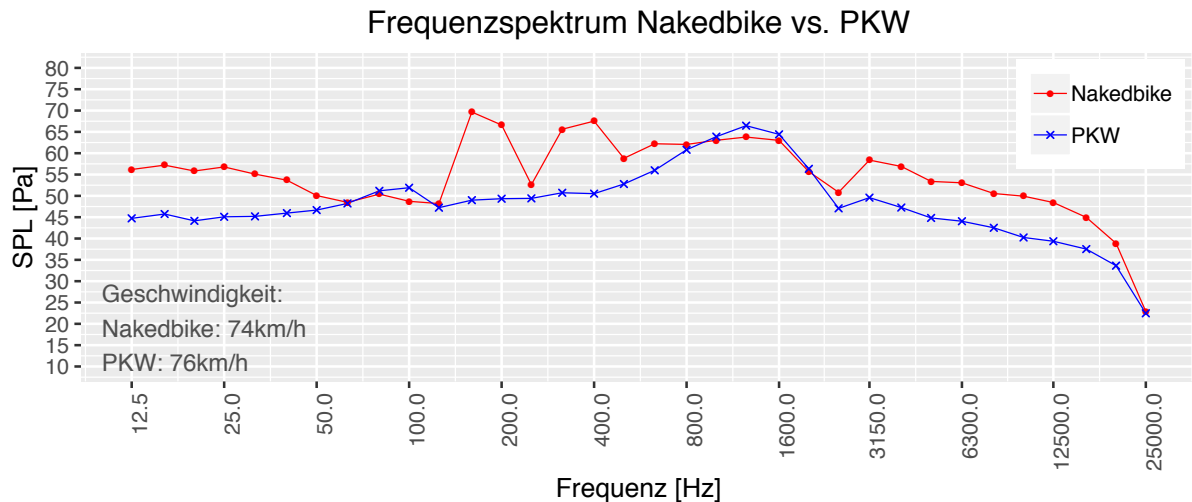


Abbildung 127: Frequenzspektrum Messort 2 Naked Bike vs. PKW

### 4.2.12 Paarweiser Vergleich Messort 3

Bei den Vergleichen des dritten Messortes werden alle 5 Motorradtypen mit PKWs einer ähnlichen Geschwindigkeit verglichen und grafisch dargestellt. Die Grafiken der folgenden Kapitel zeigen die Vergleiche im Abstand von 7,50 m. Es wurden auch die beiden größeren Abstände (25 m und 50 m) betrachtet und verglichen, jedoch nicht grafisch bzw. tabellarisch dargestellt.

Folgende Fahrzeuge werden zum Vergleich herangezogen:

**Tabelle 116: Paarweiser Vergleich Messort 3**

Vergleich Nr.	PKW Nr.	Geschwindigkeit [km/h]	Motorrad Nr.	Motorradtyp	Geschwindigkeit [km/h]
1	76	48	75	Chopper	48
2	61	54	71	Enduro	57
3	61	54	59	Naked Bike	54
4	76	48	62	Supersport	42
5	77	65	66	Tourenmotorrad	65

#### 4.2.12.1 A-bewerteter Schalldruckpegel

Der PKW besitzt in allen Vergleichen, bis auf den Vergleich von Chopper vs. PKW, einen höheren Maximalwert als das zu vergleichende Motorrad und auch beinahe über den gesamten Messzeitraum den höheren A-bewerteten Schalldruckpegel. Beim Vergleich von Chopper vs. PKW (Abbildung 128) besitzt der Chopper, zu Beginn und am Ende der Messung, höhere Schalldruckpegel als der PKW sowie auch für einen kurzen Zeitraum bei ca. der Hälfte der Messung. Beim SPL(A) ist keine eindeutige Aussage zur Veränderung bei vergrößerter Messdistanz möglich, außer, dass eine ähnlich starke Verringerung bei allen Fahrzeugen stattfindet.

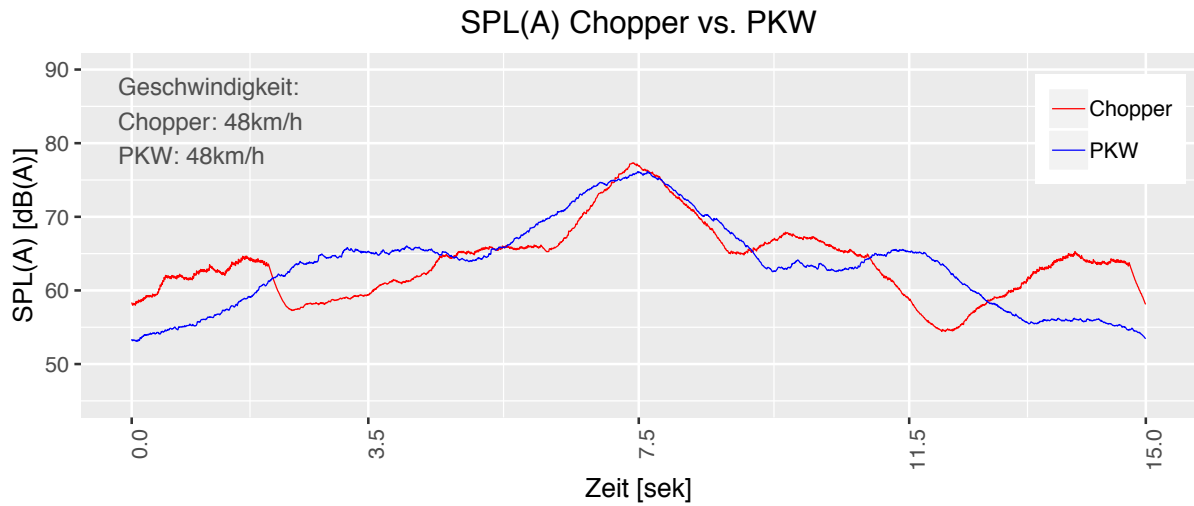


Abbildung 128: SPL(A) Messort 3 Chopper vs. PKW

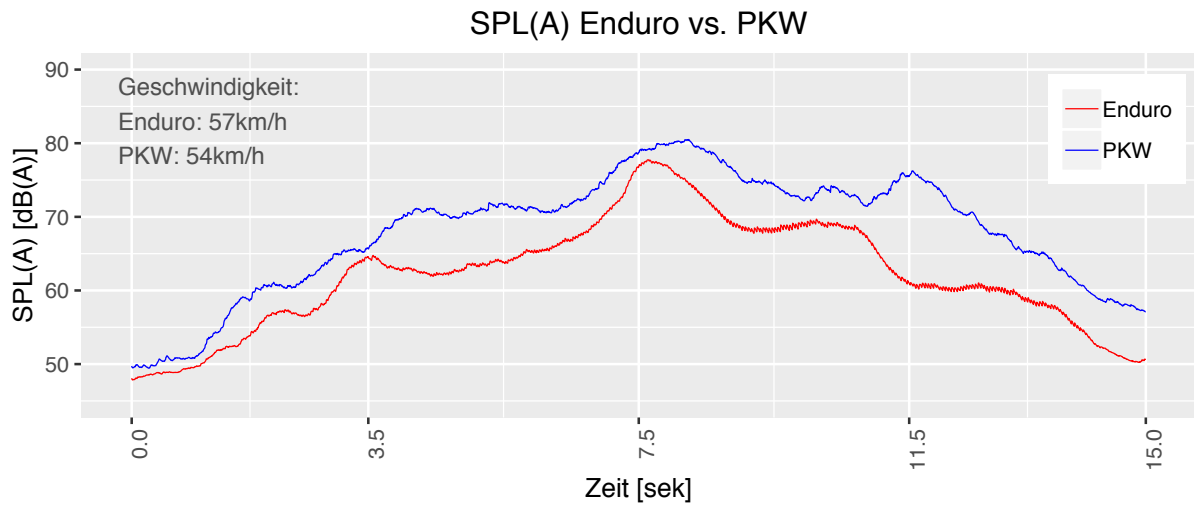


Abbildung 129: SPL(A) Messort 3 Enduro vs. PKW

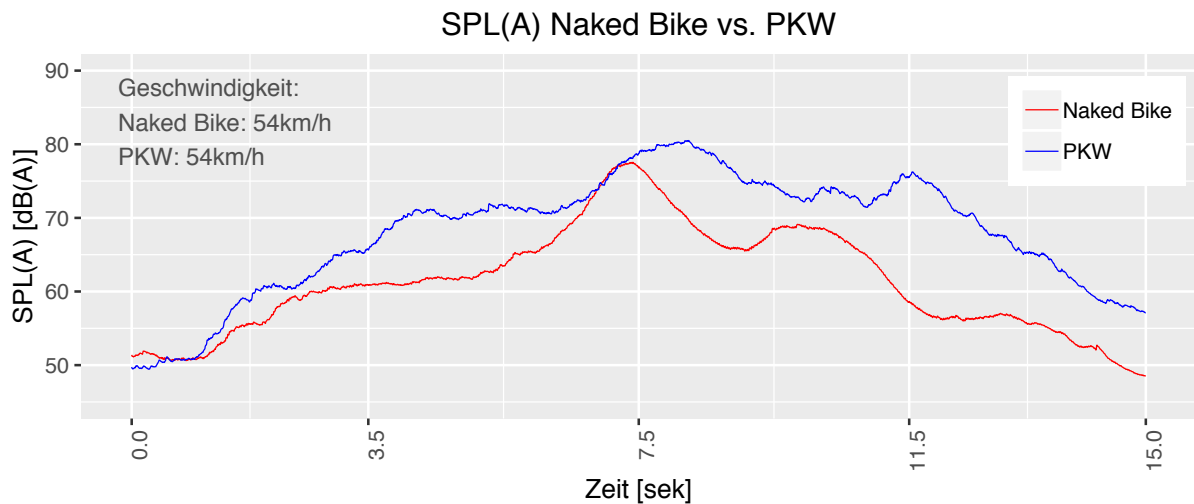


Abbildung 130: SPL(A) Messort 3 Naked Bike vs. PKW



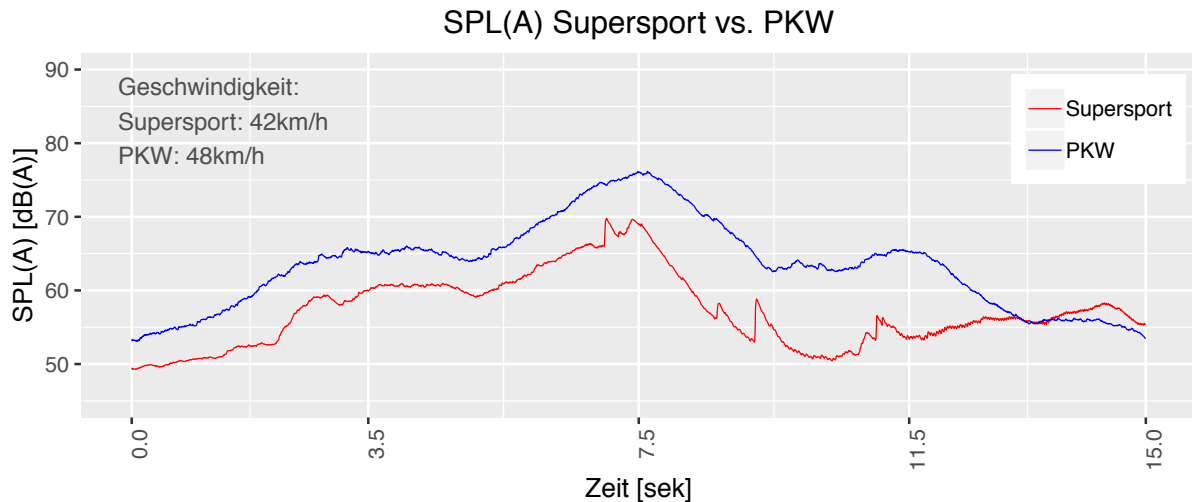


Abbildung 131: SPL(A) Messort 3 Supersport vs. PKW

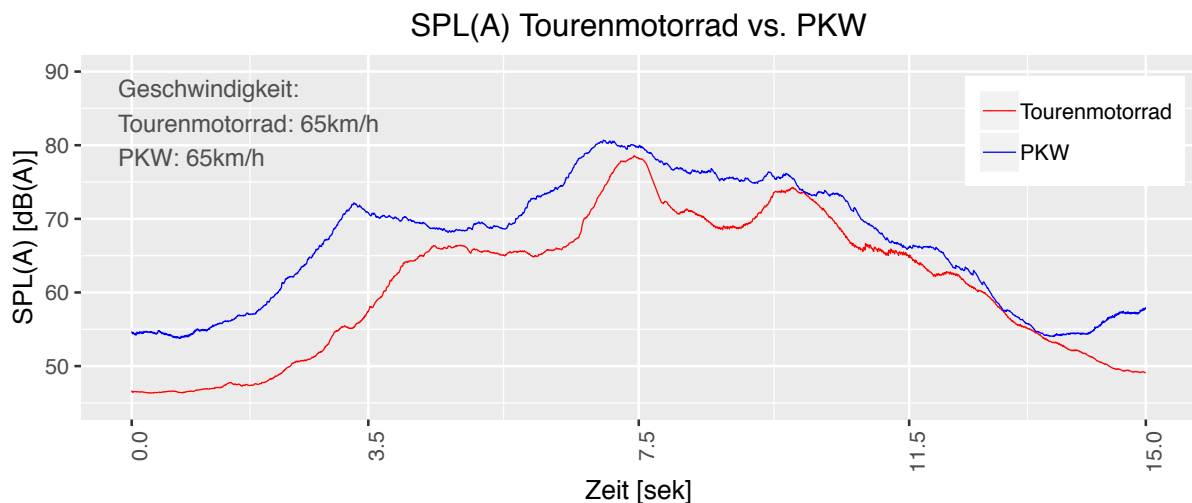


Abbildung 132: SPL(A) Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.12.2 C-bewerteter Schalldruckpegel

Wie in Abbildung 133 zu sehen ist, übersteigt der SPL(C) des Choppers den des PKWs über den Großteil der Messzeit und besitzt außerdem größere Wechsel von Steigungen und Senken. Beim nächsten Vergleich (Abbildung 134) liegt der C-bewertete Schalldruckpegel des PKWs, während beinahe dem gesamten Zeitraum, über dem der Enduro. Der Vergleich zwischen Naked Bike und PKW (Abbildung 135) lässt erkennen, dass das Naked Bike grundsätzlich einen ruhigeren Verlauf aufweist als der PKW. Bei genauer Betrachtung erkennt man, dass alle Motorräder sehr kleine und schnelle Wechsel des SPL(C), neben den deutlich ersichtlichen Höhen und Tiefen, aufweisen. Wie in Abbildung 136 dargestellt, besitzt hier das Supersport Motorrad einen sehr unruhigen Verlauf im Vergleich zum PKW und weist auch bei der Wegfahrt einen vergleichsweise hohen SPL(C) auf. In der letzten Vergleichsgrafik weist eher das Naked Bike einen ruhigeren Verlauf, aber auch einen höheren Maximalwert, als der PKW auf (Abbildung 137). Werden die Messwerte der größeren Abstände (25 m und 50 m) mit denen der Messung im Abstand von 7,50 m verglichen, erkennt man, dass der Maximalpegel der Motorräder mit steigender Distanz weniger abnimmt als der Maximalpegel des zu vergleichenden PKWs.

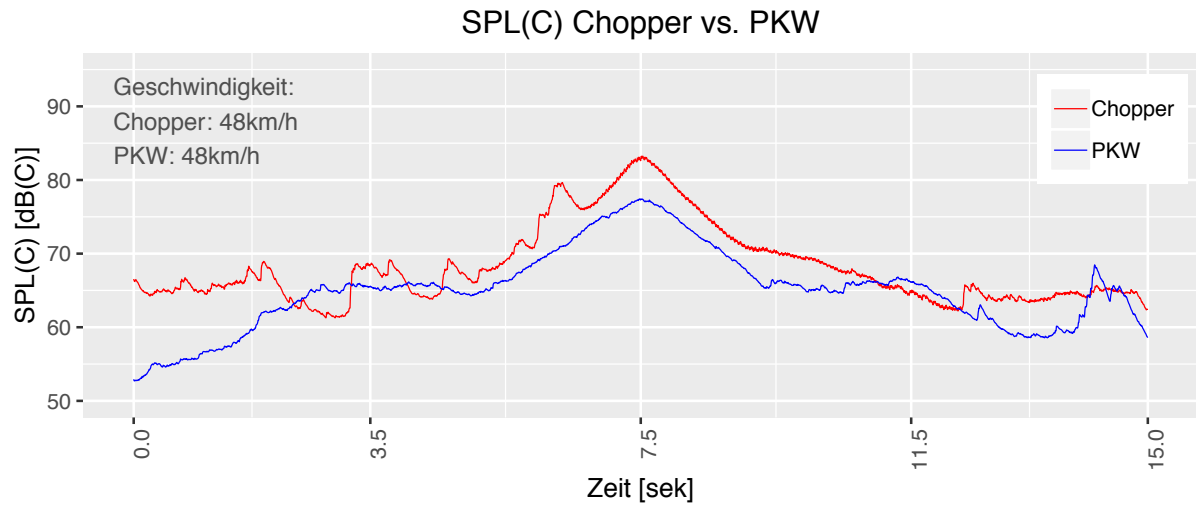


Abbildung 133: SPL(C) Messort 3 Chopper vs. PKW

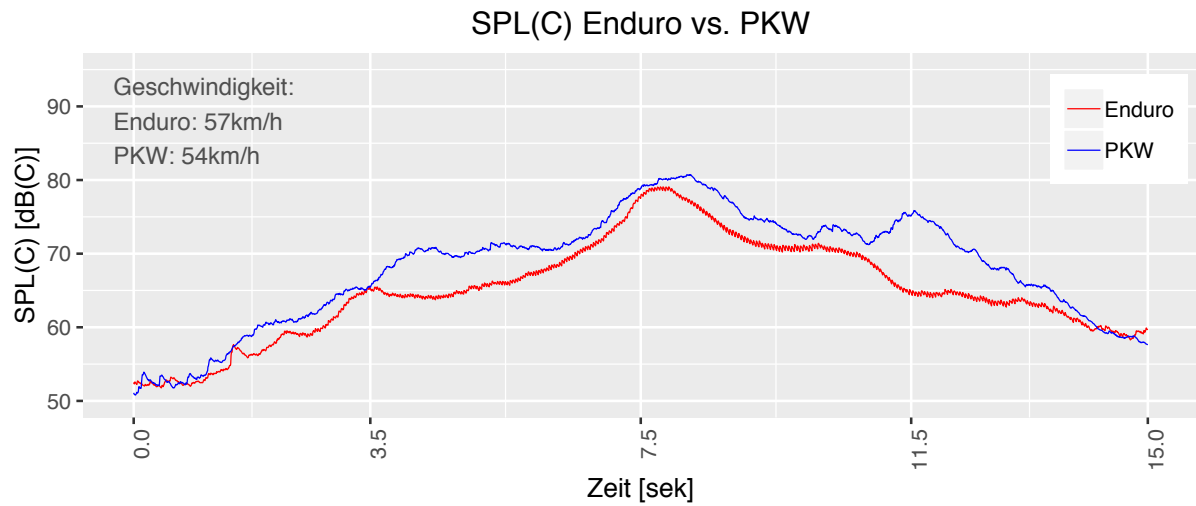


Abbildung 134: SPL(C) Messort 3 Enduro vs. PKW

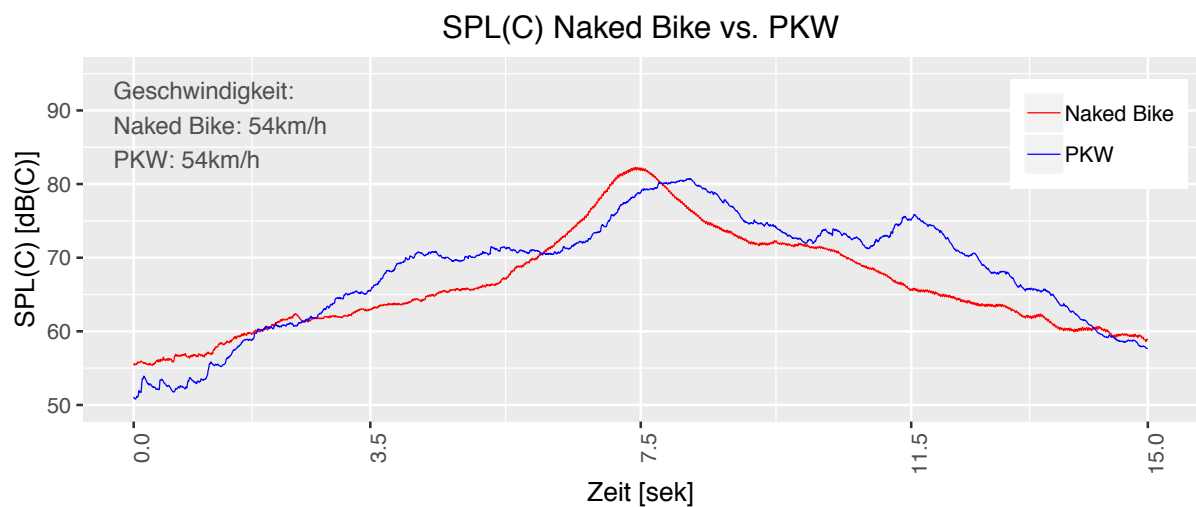


Abbildung 135: SPL(C) Messort 3 Naked Bike vs. PKW

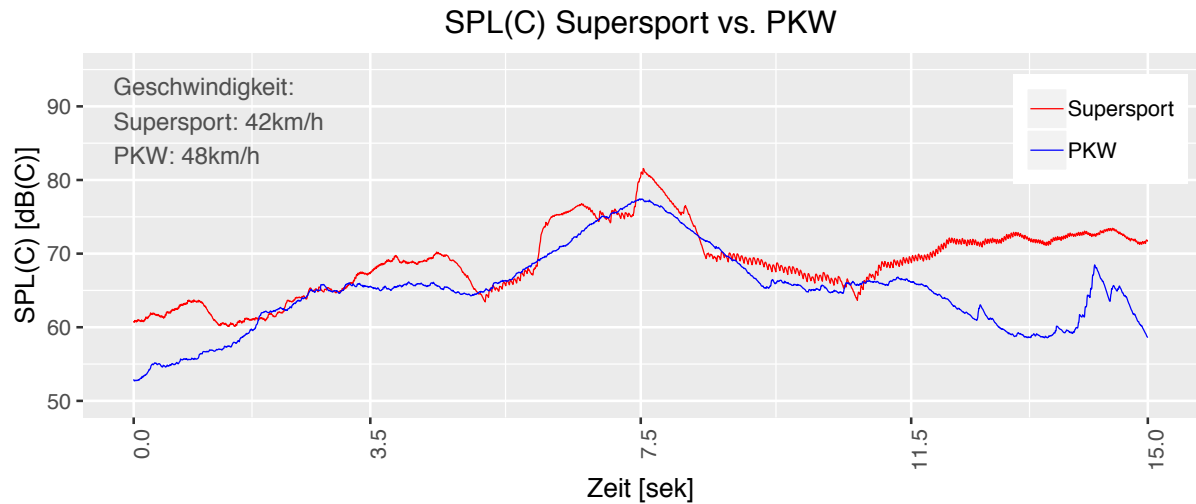


Abbildung 136: SPL(C) Messort 3 Supersport vs. PKW

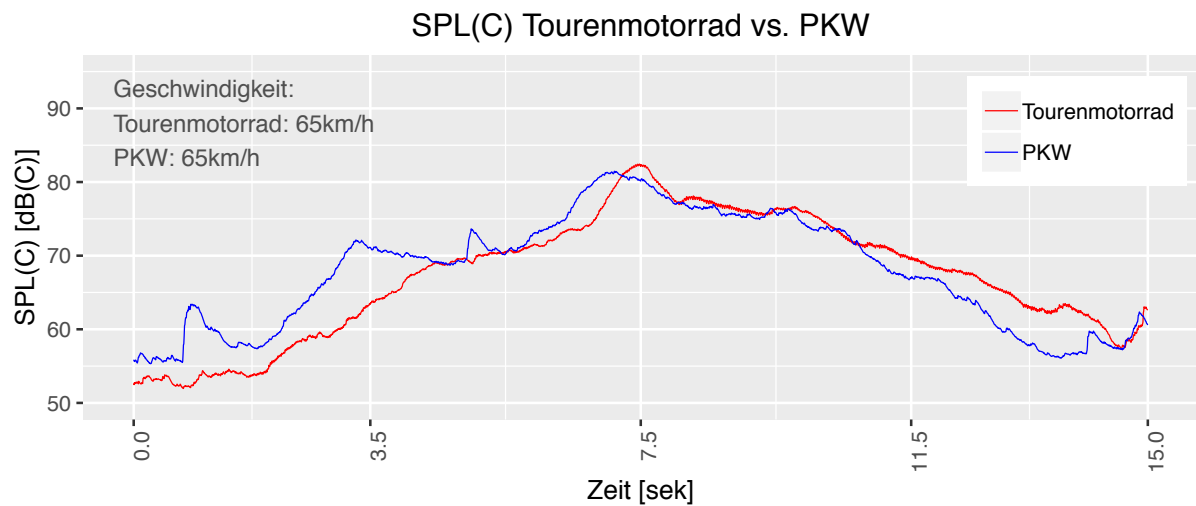


Abbildung 137: SPL(C) Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.12.3 Lautheit

Bei den paarweisen Vergleichen der Lautheit an Messort 3, besitzen in allen Vergleichen die Motorräder den höheren Maximalwert, mit Ausnahme des Supersport Motorrades, wie in Abbildung 141 zu sehen ist. Hier besitzt der PKW über den Großteil der Messung die höheren Lautheitswerte. Werden die Werte der Fahrzeuge in größeren Distanzen (25 m und 50 m) betrachtet, ist zu erkennen, dass sich die Messwerte der Motorräder weniger stark mit steigender Distanz verringern, als die der PKWs.

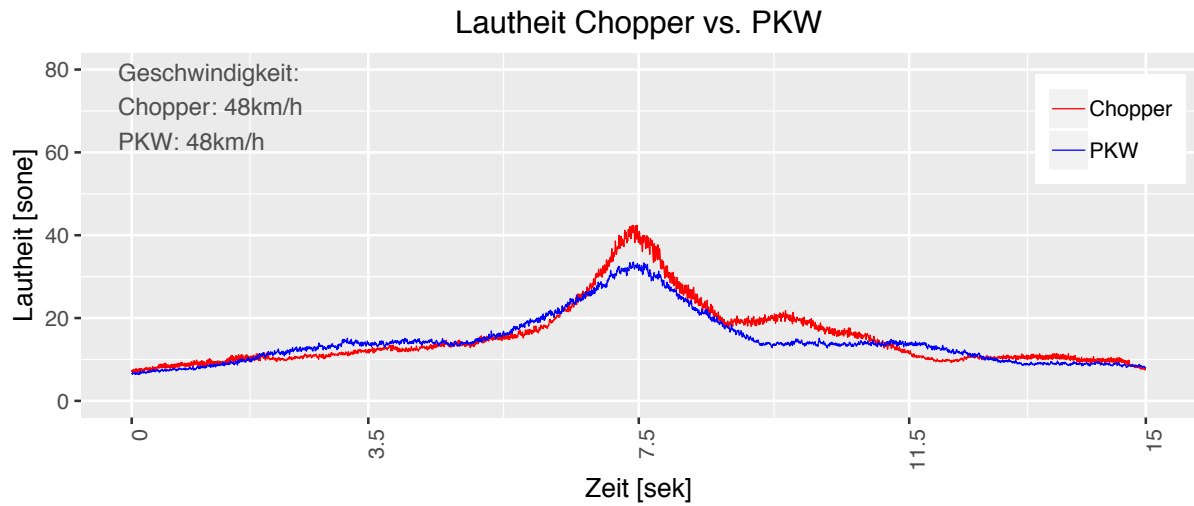


Abbildung 138: Lautheit Messort 3 Chopper vs. PKW

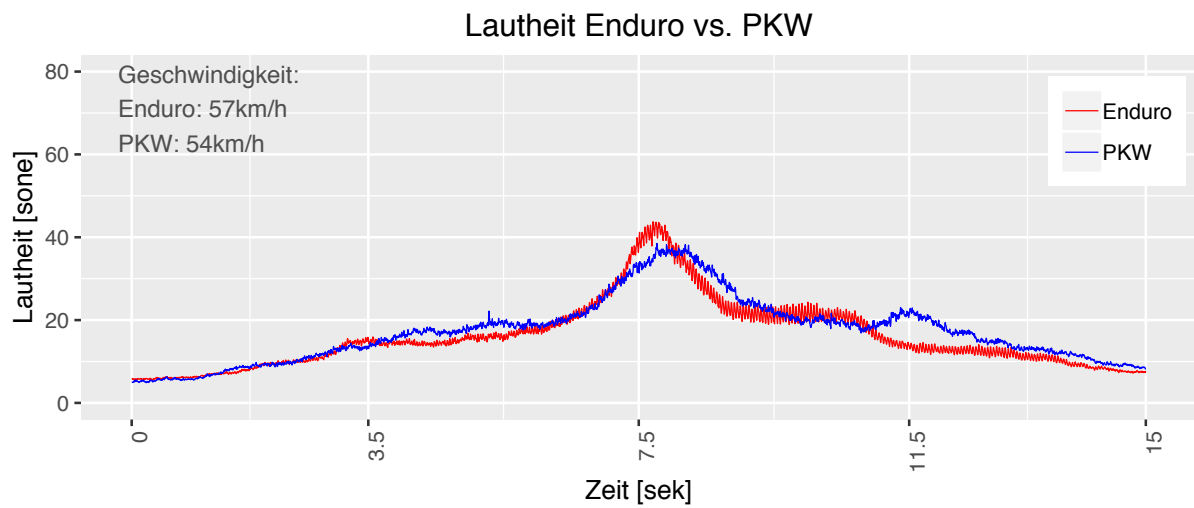


Abbildung 139: Lautheit Messort 3 Enduro vs. PKW

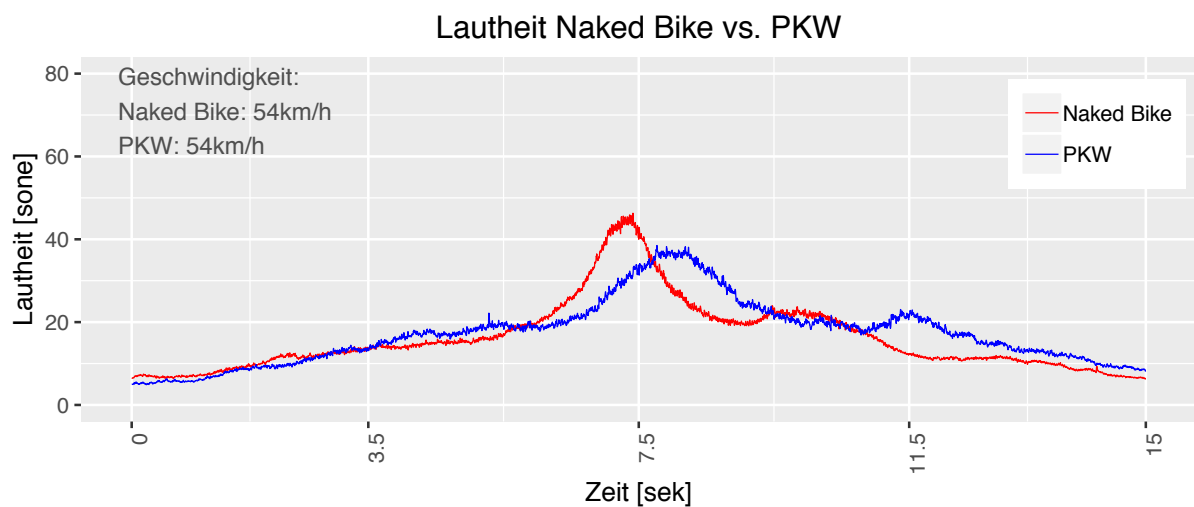


Abbildung 140: Lautheit Messort 3 Naked Bike vs. PKW

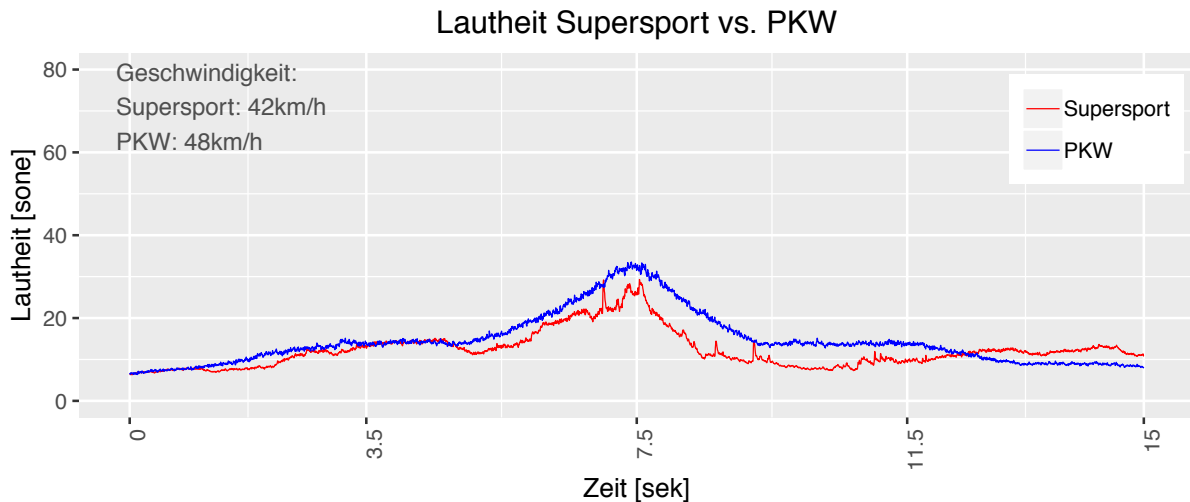


Abbildung 141: Lautheit Messort 3 Supersport vs. PKW

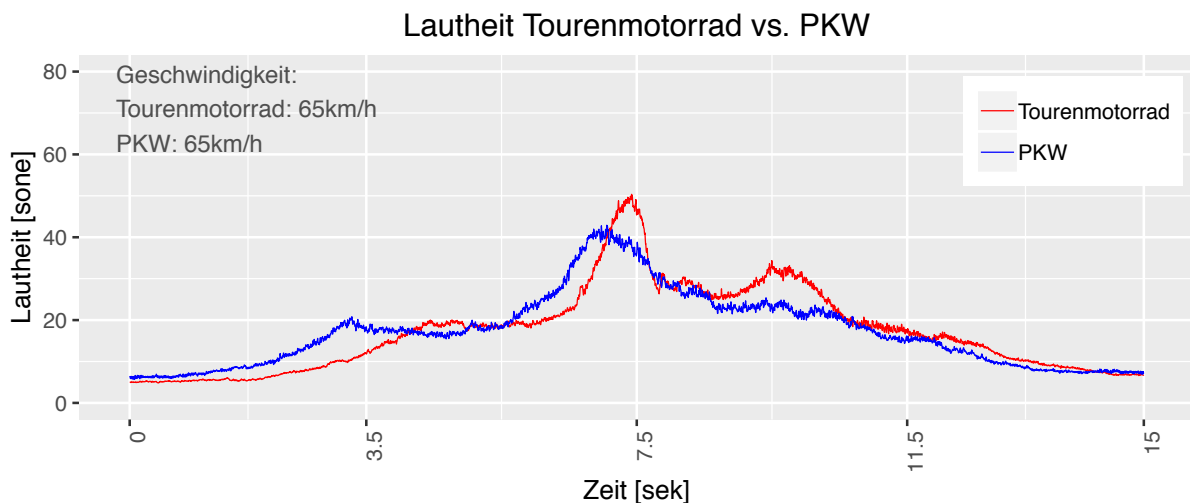


Abbildung 142: Lautheit Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.12.4 Rauigkeit

Beim Vergleich der Rauigkeit von Chopper vs. PKW aus Abbildung 143 ist zu erkennen, dass die Rauigkeit des Motorrads den Großteil der 15 Sekunden deutlich höher liegt. Der Verlauf des Choppers sticht auch mit einer großen Anzahl an Steigungs- und Senkungswechseln heraus. Die Rauigkeit der Enduro (Abbildung 144) bewegt sich in den ersten 2 Sekunden in einem ähnlichen Bereich wie die des PKWs, bevor sie stark ansteigt und kurz nach der Hälfte der Messung ihren Zenit erreicht. Am Ende des Messausschnitts sinkt die Rauigkeit des Motorrads wieder zurück auf das Niveau der Rauigkeit des PKWs. In der Abbildung 145 wird ein Naked Bike mit einem PKW verglichen, wobei beide zu Anfang und zu Beginn der Messung relativ ähnliche Werte aufweisen. Jedoch überstiegen die Werte der Supersport im Mittelteil die des PKWs deutlich. Beim Vergleich von Supersport vs. PKW (Abbildung 146) weist der PKW zu Beginn eine höhere Rauigkeit auf als das Motorrad, im Mittelteil verlaufen sie in einem sehr ähnlichen Bereich, bis am Ende das Supersport Motorrad den PKW um ein Vielfaches übersteigt. In Abbildung 147 liegt die Rauigkeit des Tourenmotorrades zu Beginn und am Ende der Messung unter der des PKWs. Im Mittelteil, bei direkter Vorbeifahrt am Kunstkopf, steigt die Rauigkeit des Motorrads stark an und über die Werte des PKWs hinaus. In allen Abbildungen lässt sich

erkennen, dass die PKWs einen eher stetigen Verlauf aufweisen im Vergleich zum unruhigen Rauigkeitsverlauf der Motorräder. Bei der Rauigkeit verringern sich die Messwerte der PKWs mit steigender Distanz (bei 25 m und 50 m) weniger stark als die der Motorräder.

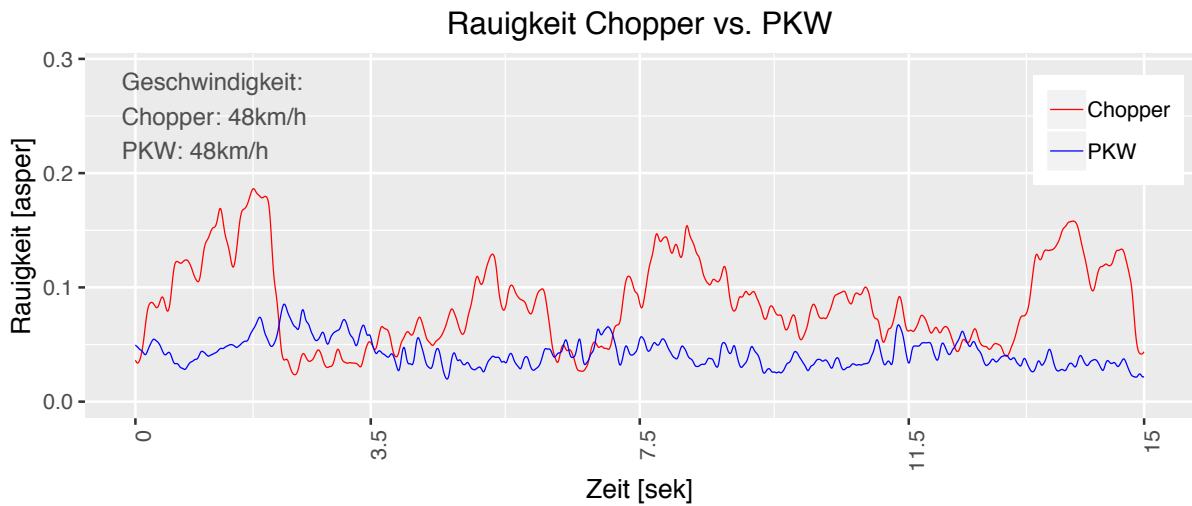


Abbildung 143: Rauigkeit Messort 3 Chopper vs. PKW

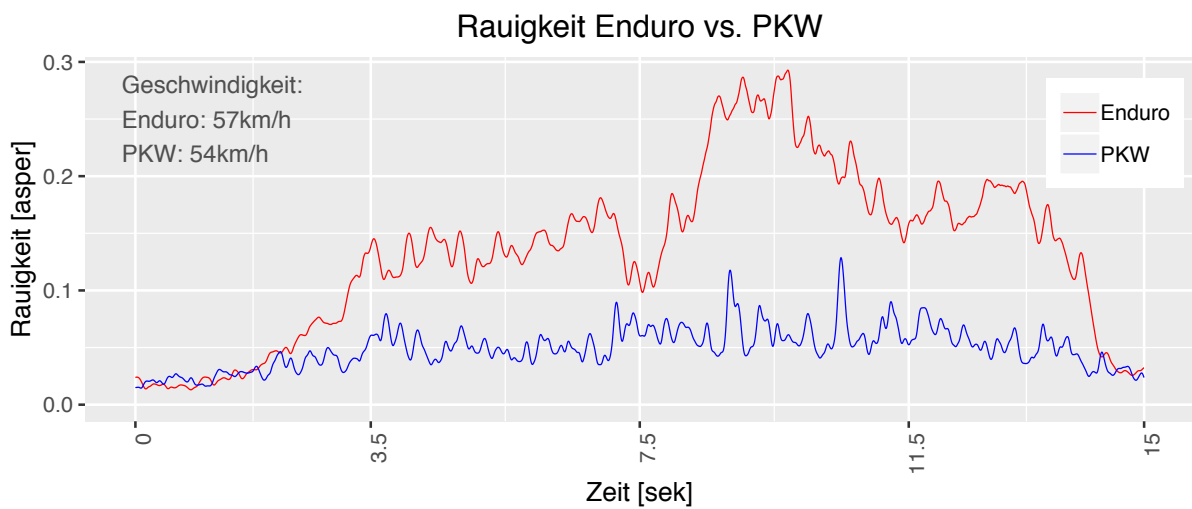


Abbildung 144: Rauigkeit Messort 3 Enduro vs. PKW

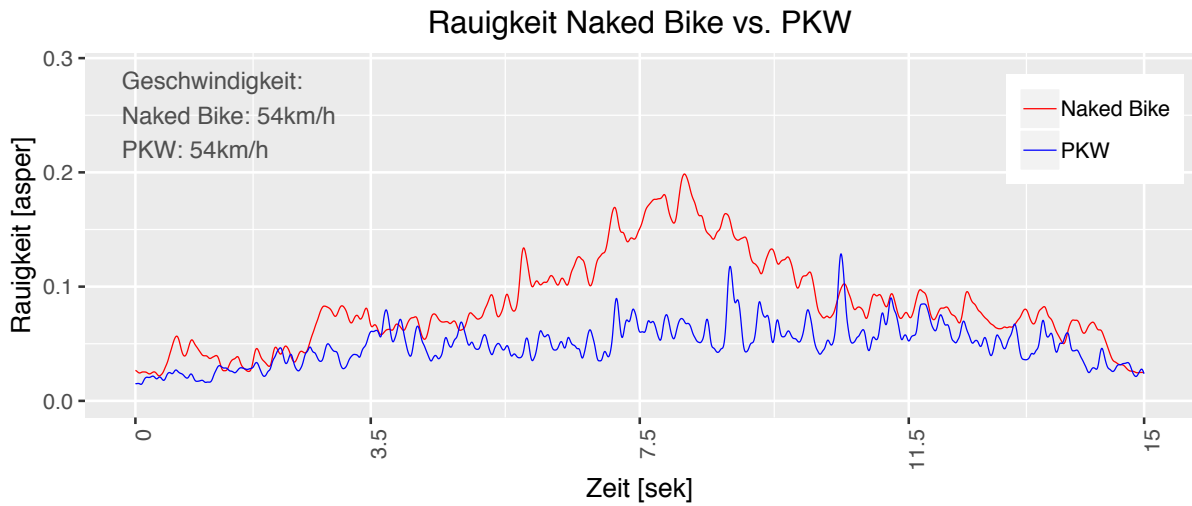


Abbildung 145: Rauigkeit Messort 3 Naked Bike vs. PKW

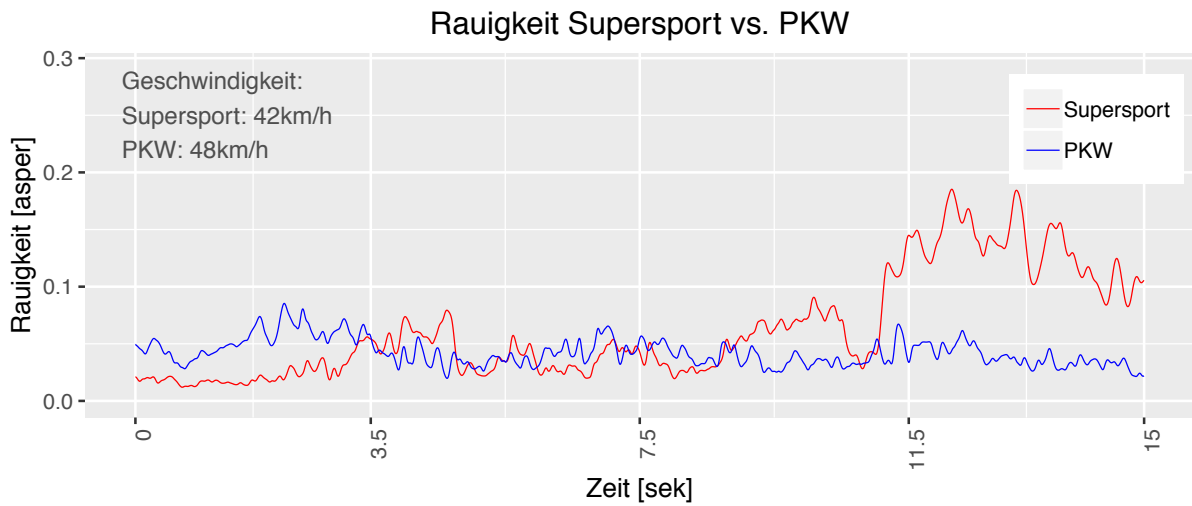


Abbildung 146: Rauigkeit Messort 3 Supersport vs. PKW

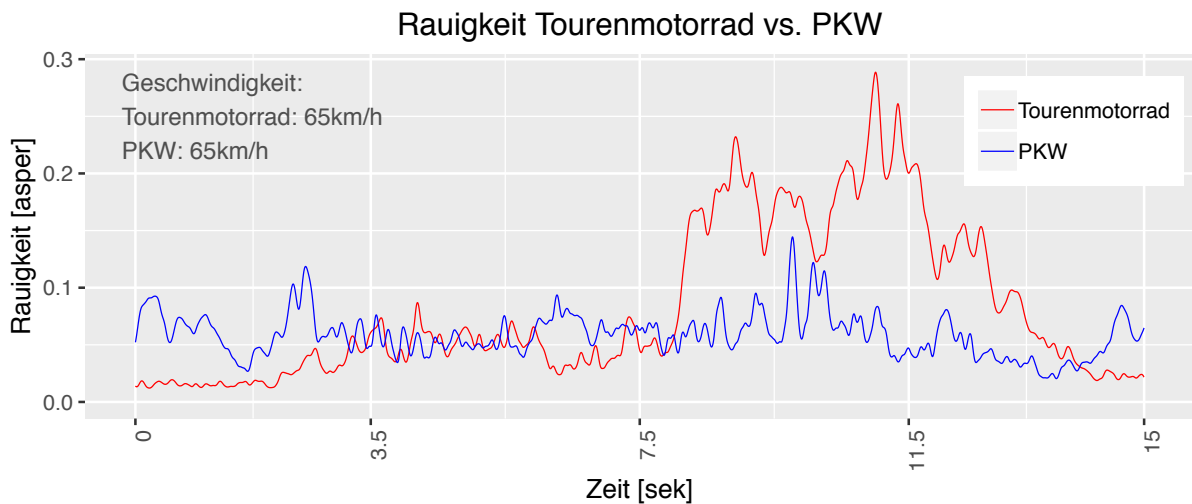


Abbildung 147: Rauigkeit Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.12.5 Schärfe

Bei der Schärfe ist in allen Vergleichen zu erkennen, dass die PKWs in der Mitte eine Senkung der Schärfe erfahren und in den Randbereichen des Messausschnitts ihre Werte meist deutlich ansteigen. Die höchsten Rauigkeitswerte im Vergleich zum PKW weist dabei der Chopper aus Abbildung 148 auf. Er übersteigt die Rauigkeitswerte des PKWs die meiste Zeit um ein Vielfaches. Den Tiefstwert weist der Chopper ungefähr bei der Hälfte der Messung auf, also beim direkten Passieren der Messgeräte. Beim Vergleich von Enduro vs. PKW (Abbildung 149) besitzt zu Anfang der PKW eine höhere Schärfe, wird aber nach kurzer Zeit von der Enduro abgelöst, welche vor allem in der Mitte und am Ende der Messung erhöhte Werte aufweist. Das Verhalten des Naked Bikes, des Vergleichs aus Abbildung 150, ähnelt dem der Enduro sehr stark. Hier ist auch ein Vergleich zwischen den Motorrädern möglich, da die Fahrzeuge mit einer ähnlichen Geschwindigkeit gemessen wurden. Das Naked Bike wird außerdem auch mit demselben PKW wie in Abbildung 149 verglichen. Die einzig starke Auffälligkeit zwischen den beiden Motorrädern ist, dass die Enduro einen stärkeren Wechsel von Spitzen und Tiefen aufweist, welcher beim Naked Bike geringer ausfällt. Bei der Gegenüberstellung von Supersport und PKW (Abbildung 151) weist der PKW vor allem in den Randbereichen starke Differenzen zur Rauigkeit des Motorrads auf. Im Mittelteil überwiegt die Rauigkeit der Supersport. Auch im nächsten Vergleich (Abbildung 152) weist der PKW ein ähnliches Verhalten auf, einzig im Mittelteil übersteigt die Schärfe des Tourenmotorrades die des PKWs, der Maximalwert ist aber eindeutig dem PKW zuzuschreiben. Bei Betrachtung der Schärfe in größeren Distanzen (bei 25 m und 50 m), verringern sich die Messwerte der PKWs mit steigender Distanz weniger stark als die der Motorräder.

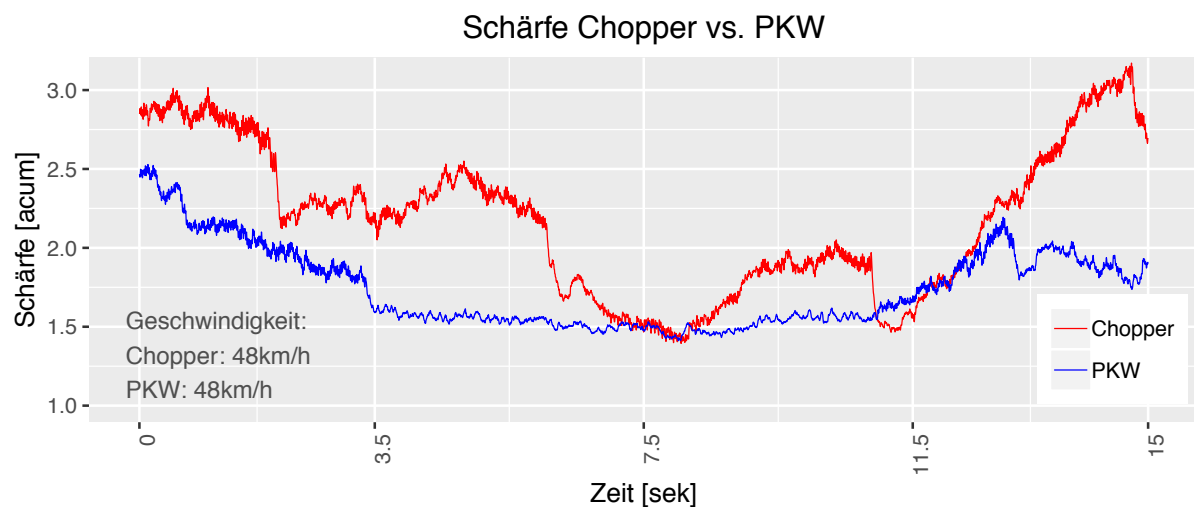


Abbildung 148: Schärfe Messort 3 Chopper vs. PKW



### Schärfe Enduro vs. PKW

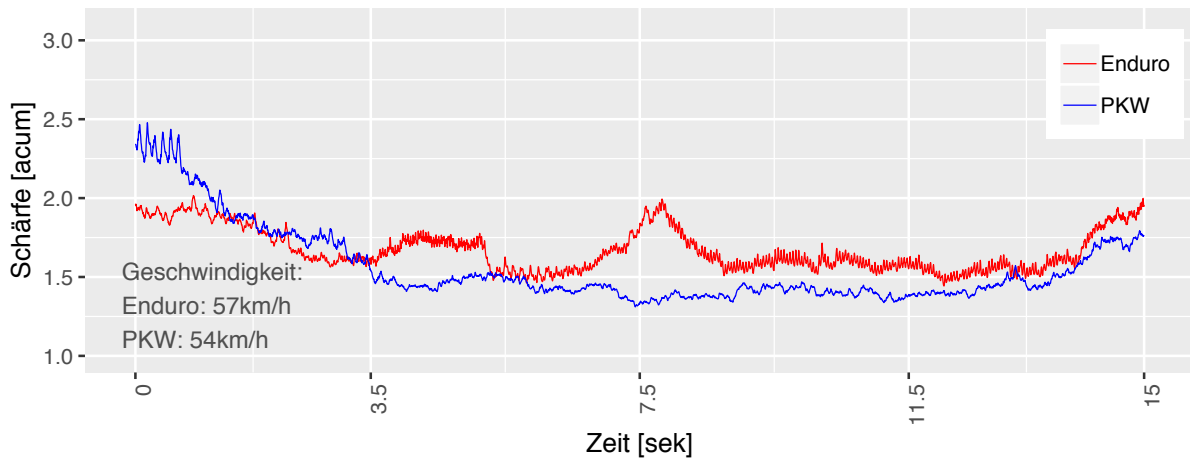


Abbildung 149: Schärfe Messort 3 Enduro vs. PKW

### Schärfe Naked Bike vs. PKW

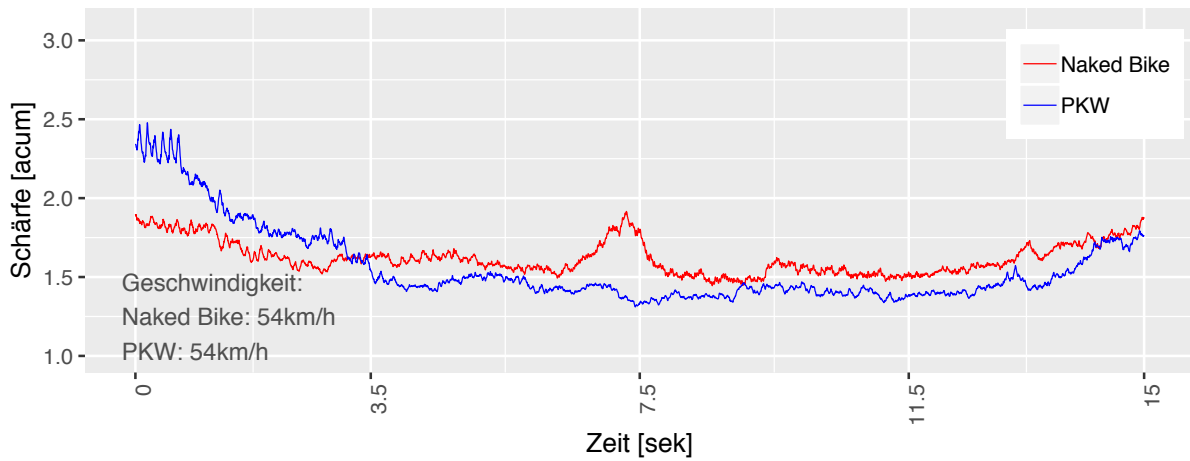


Abbildung 150: Messort 3 Schärfe Naked Bike vs. PKW

### Schärfe Supersport vs. PKW

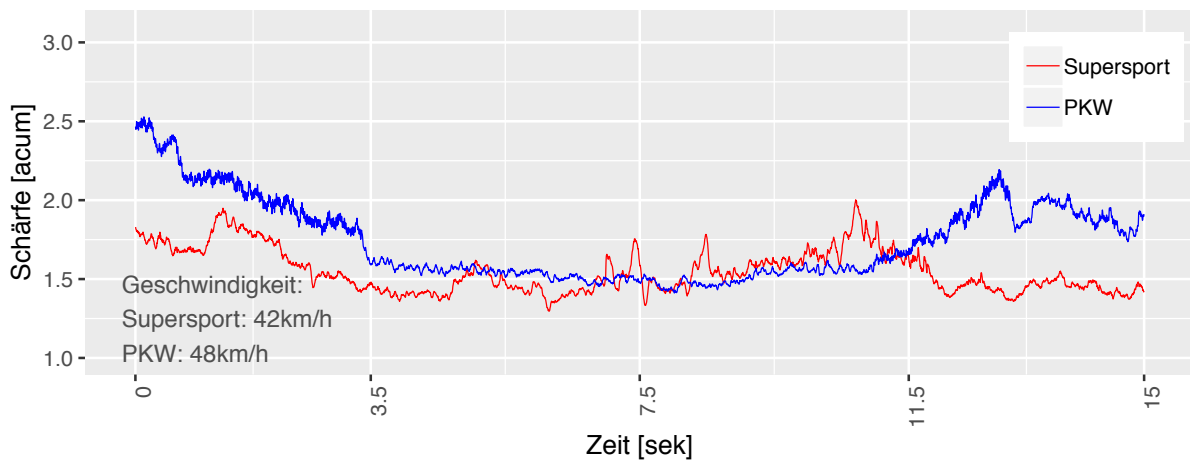


Abbildung 151: Messort 3 Schärfe Supersport vs. PKW

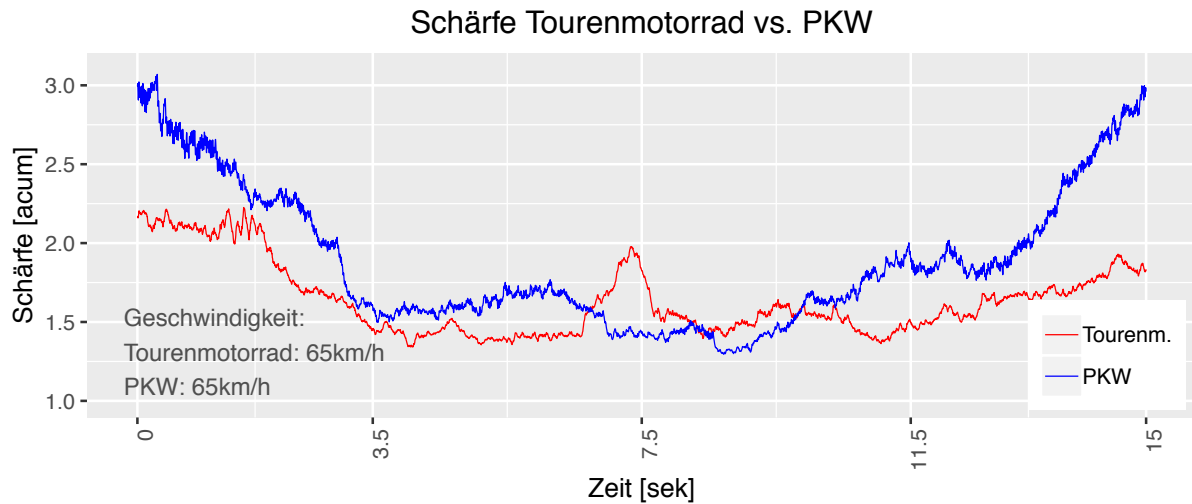


Abbildung 152: Messort 3 Schärfe Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.12.6 Schwankungsstärke

Die Schwankungsstärke verhält sich im Vergleich zwischen Chopper und PKW (Abbildung 153) relativ ähnlich, der Chopper hat dabei im mittleren Bereich höhere Werte, der PKW übersteigt den Chopper in den Randbereichen. Auch die Verläufe von Enduro vs. PKW (Abbildung 154) weisen relativ ähnliche Stärken auf, der Maximalwert ist der Enduro zuzuschreiben. Beim Vergleich von Naked Bike vs. PKW (Abbildung 155) besitzt der PKW in den Randbereichen die höheren Werte und das Motorrad im Mittelteil der Messung. Im nächsten Vergleich können deutlichere Unterschiede zwischen den beiden Fahrzeugen erkannt werden. Hier übersteigt die Rauigkeit der Supersport die des PKW (Abbildung 156) an einigen Stellen um ca. das Doppelte. Beim Vergleich von Tourenmotorrad vs. PKW (Abbildung 157) übertrifft der PKW die Rauigkeit des Motorrades kurz nach Beginn relativ stark, sinkt dann aber wieder ab und das Tourenmotorrad übersteigt, kurz nach der Hälfte des Messzeitraums, stark die Rauigkeit des PKWs. Bei allen Vergleichen der Schwankungsstärke an Messort 3 ist zu beobachten, dass die Motorräder, im Gegensatz zu den PKWs, größere Auslenkungen der Rauigkeitskurven aufweisen. Bei der Schwankungsstärke ist keine eindeutige Aussage zur Veränderung bei vergrößerter Messdistanz, in den Abständen 25 m und 50 m zur Fahrstreifenachse, möglich, außer, dass sie sich bei allen Fahrzeugen in einer ähnlichen Weise verringert.

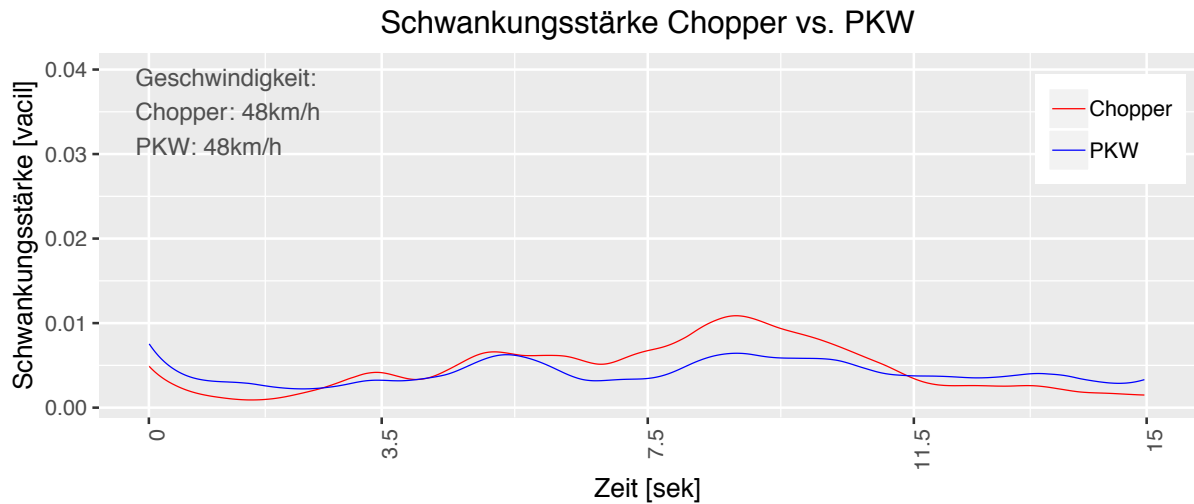


Abbildung 153: Schwankungsstärke Messort 3 Chopper vs. PKW

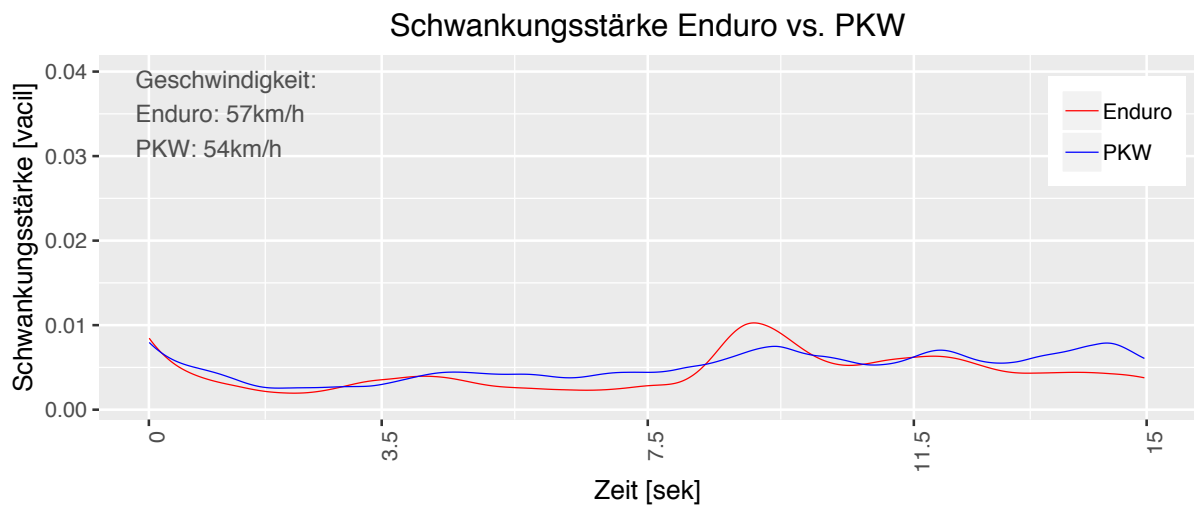


Abbildung 154: Schwankungsstärke Messort 3 Enduro vs. PKW

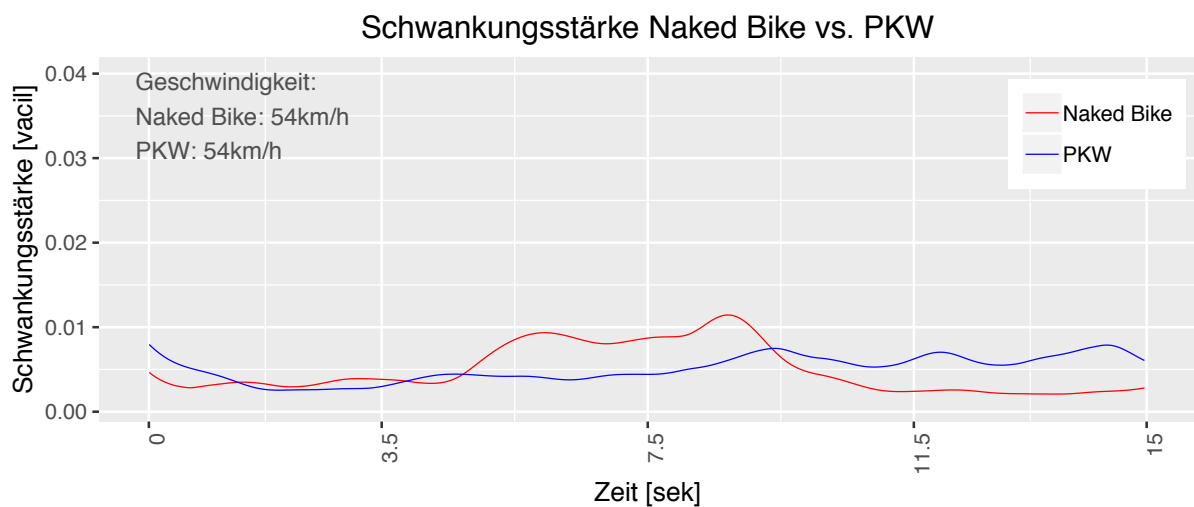


Abbildung 155: Schwankungsstärke Messort 3 Naked Bike vs. PKW

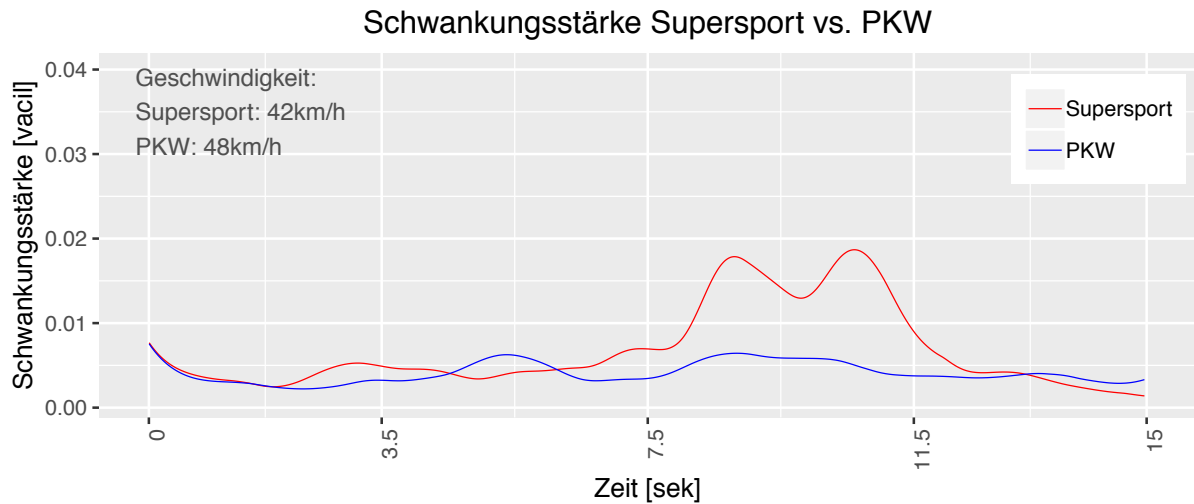


Abbildung 156: Schwankungsstärke Messort 3 Supersport vs. PKW

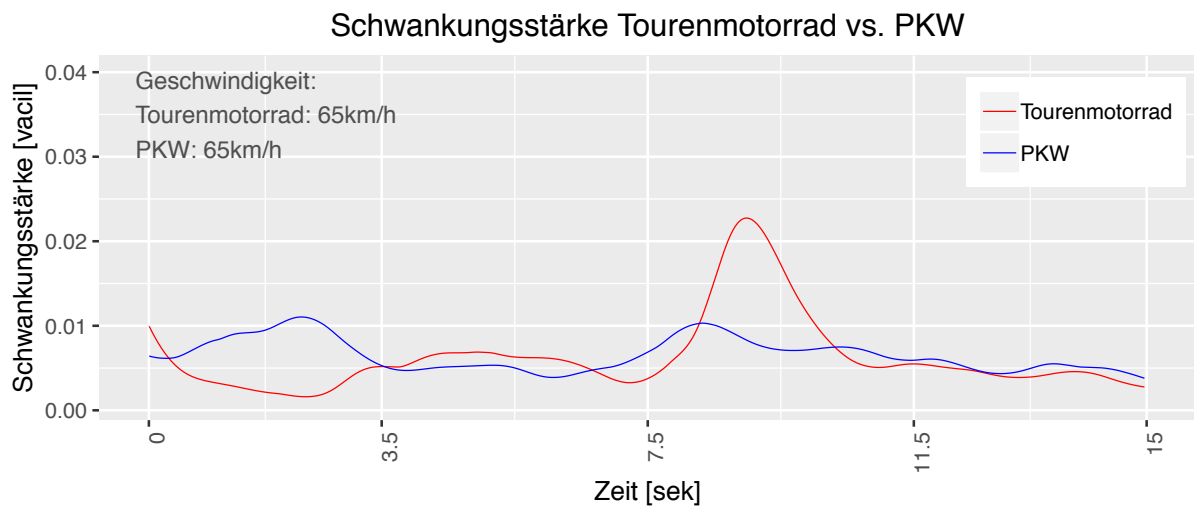


Abbildung 157: Schwankungsstärke Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.12.7 Frequenzspektrum

Die PKWs besitzen bei fast allen Vergleichen im Bereich von ca. 400-1.600 Hz höhere Schalldruckpegel als die zu vergleichenden Motorräder. In Abbildung 161, beim Vergleich von Supersport vs. PKW, ist dieser Bereich größer, er reicht von ca. 200-12.500 Hz. Ansonsten übersteigen die SPL der Motorräder in den meisten Frequenzbereichen die der PKWs.

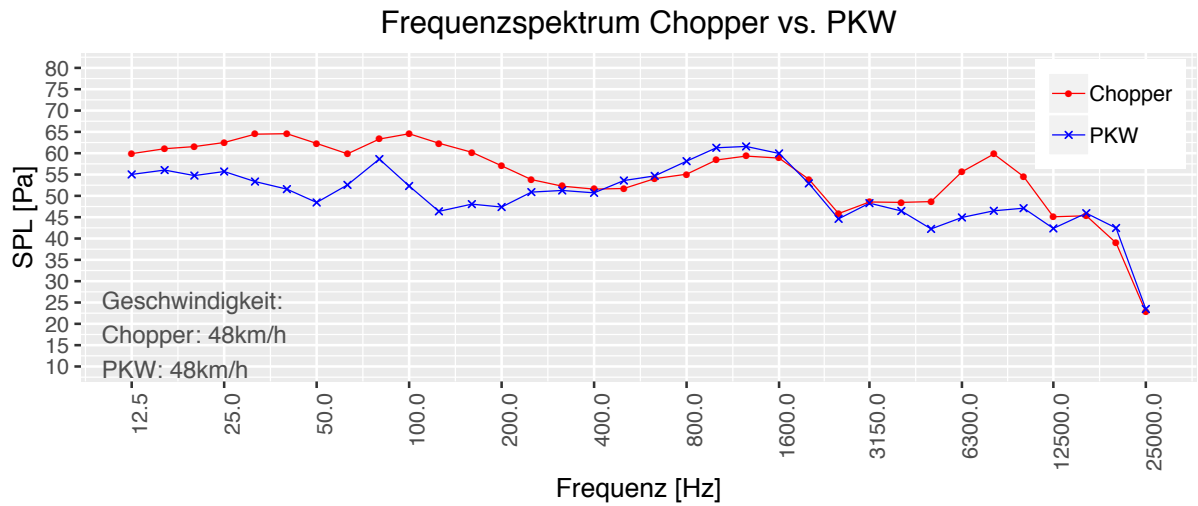


Abbildung 158: Frequenzspektrum Messort 3 Chopper vs. PKW

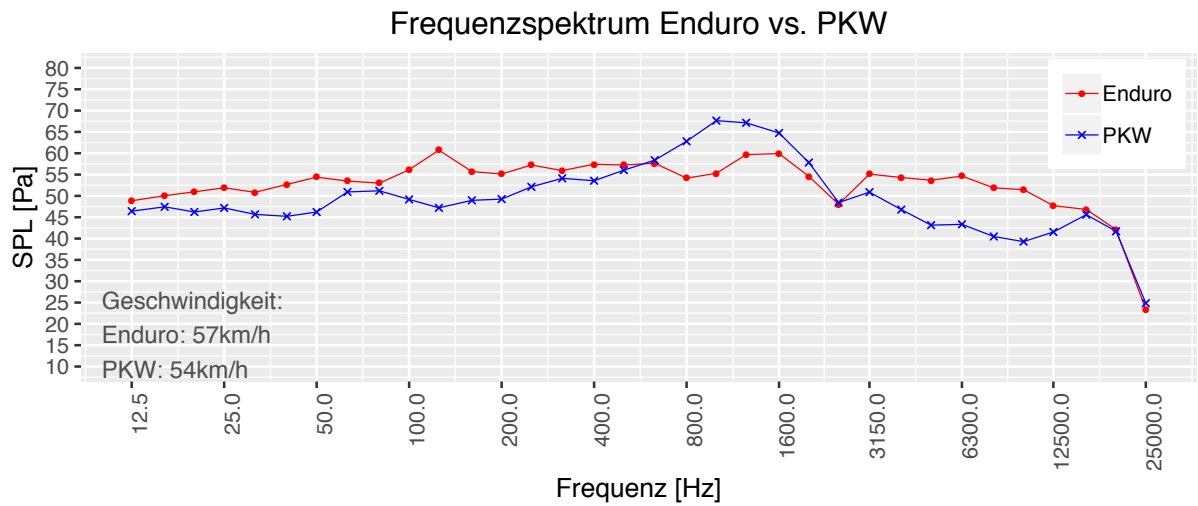


Abbildung 159: Frequenzspektrum Messort 3 Enduro vs. PKW

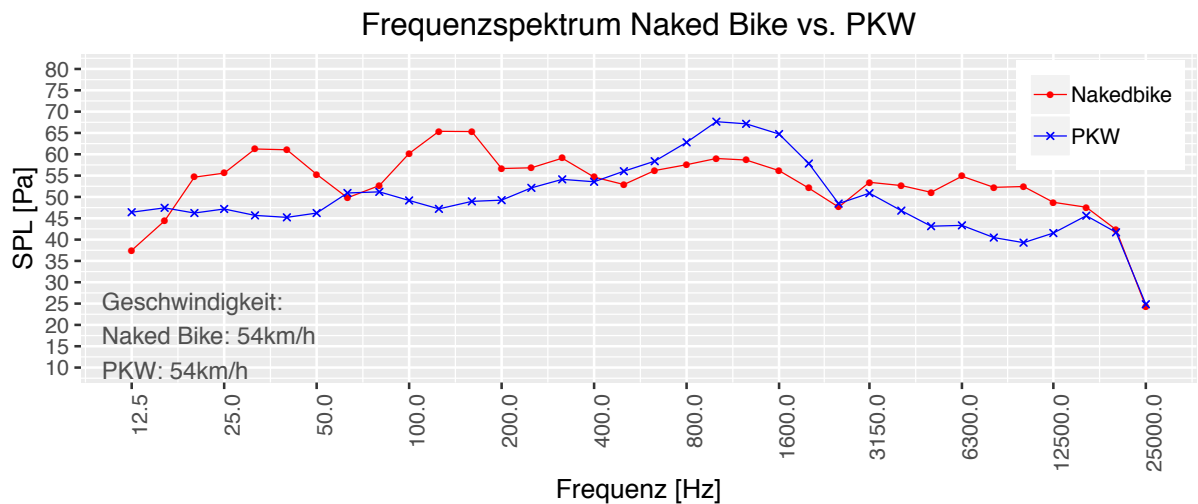


Abbildung 160: Frequenzspektrum Messort 3 Naked Bike vs. PKW

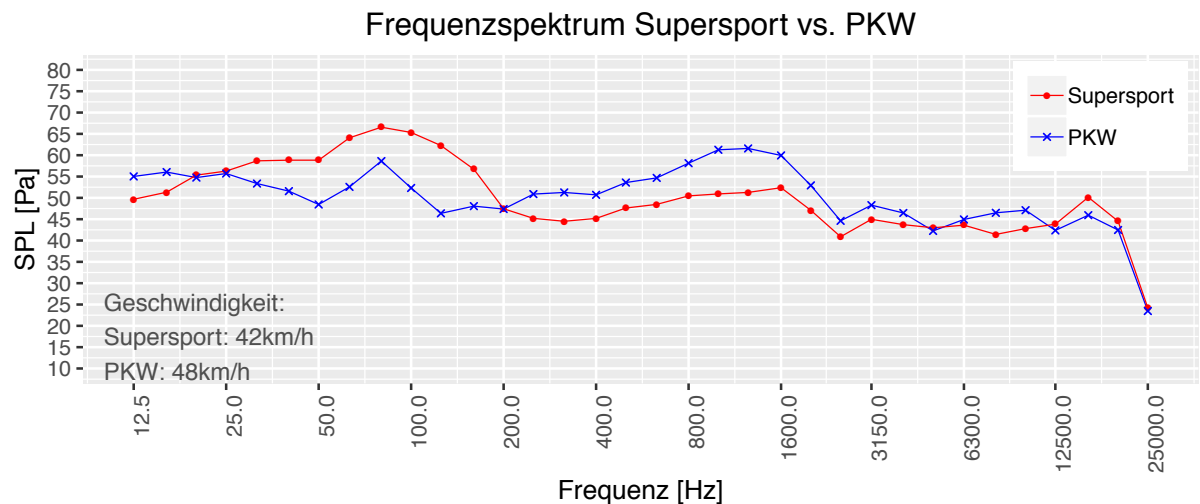


Abbildung 161: Frequenzspektrum Messort 3 Supersport vs. PKW

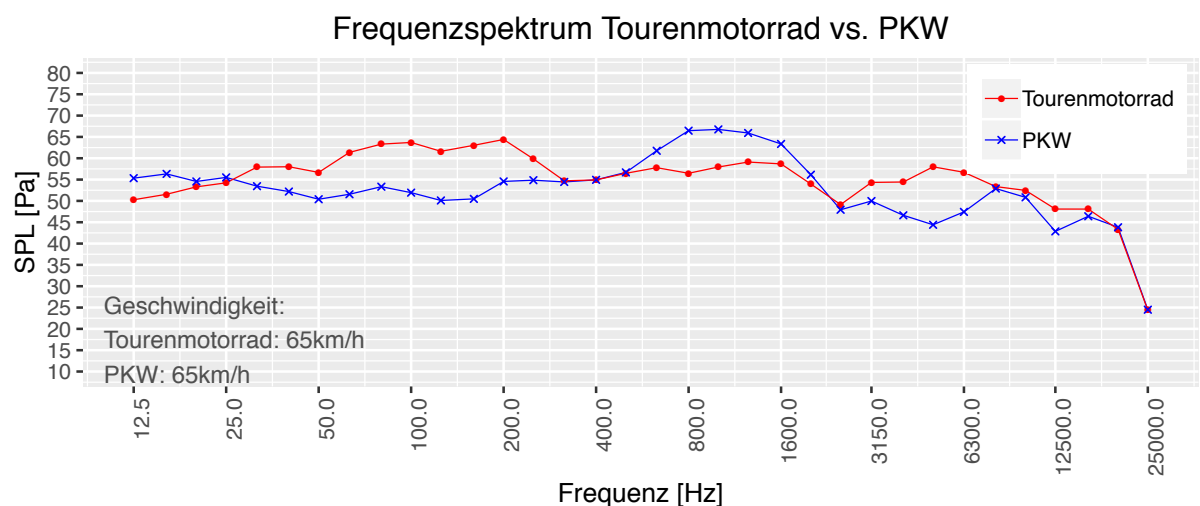


Abbildung 162: Frequenzspektrum Messort 3 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.13 Paarweiser Vergleich Messort 4

Bei den Vergleichen des vierten Messortes werden 4 der 5 Motorradtypen mit PKWs einer ähnlichen Geschwindigkeit verglichen, da innerhalb der erhobenen Messdaten nicht zu allen Motorradtypen ein vergleichbarer PKW, welcher eine ähnliche Geschwindigkeit wie das Motorrad aufweist, vorhanden ist. Es werden folgende Fahrzeuge zum Vergleich herangezogen:

Tabelle 117: Paarweiser Vergleich Messort 4

Vergleich Nr.	PKW Nr.	Geschwindigkeit [km/h]	Motorrad Nr.	Motorradtyp	Geschwindigkeit [km/h]
1	88	67	95	Chopper	66
2	88	67	97	Naked Bike	67
3	99	75	101	Supersport	77
4	87	104	91	Tourenmotorrad	108

#### 4.2.13.1 A-bewerteter Schalldruckpegel

Beim Vergleich von Chopper vs. PKW (Abbildung 163) übertrifft der A-bewertete Schalldruckpegel des Choppers den des PKWs im Großteil der Messung deutlich. Der Chopper besitzt bereits im Anfangs- und Endbereich einen erhöhten SPL(A), dies deutet auf eine längere Hörbarkeit hin. Im nächsten Vergleich (Abbildung 164) liegt der SPL(A) des PKWs, außer zu Beginn, während der gesamten Messzeit über dem SPL(A) des Naked Bikes. In der Abbildung 165 Supersport vs. PKW besitzt zu Beginn des Messausschnitts das Supersport Motorrad den höheren SPL(A), wird dann aber vom PKW überstiegen, woraufhin der PKW bis zum Schluss eine höhere Rauigkeit als das Motorrad besitzt. Bei Betrachtung der Abbildung 166 ist klar zu erkennen, dass der PKW über die gesamte Messzeit einen höheren A-bewerteten Schalldruckpegel als das Tourenmotorrad aufweist. Mit steigender Messdistanz (bei 25 m und 50 m) verringert sich der maximale SPL(A) der Motorräder weniger als der maximale SPL(A) der PKWs.

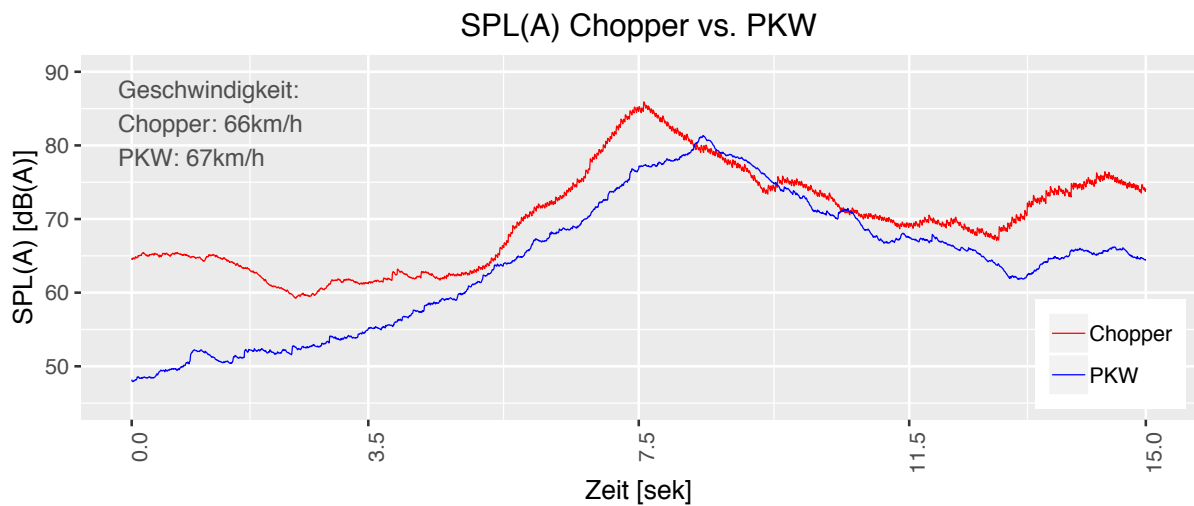


Abbildung 163: SPL(A) Messort 4 Chopper vs. PKW

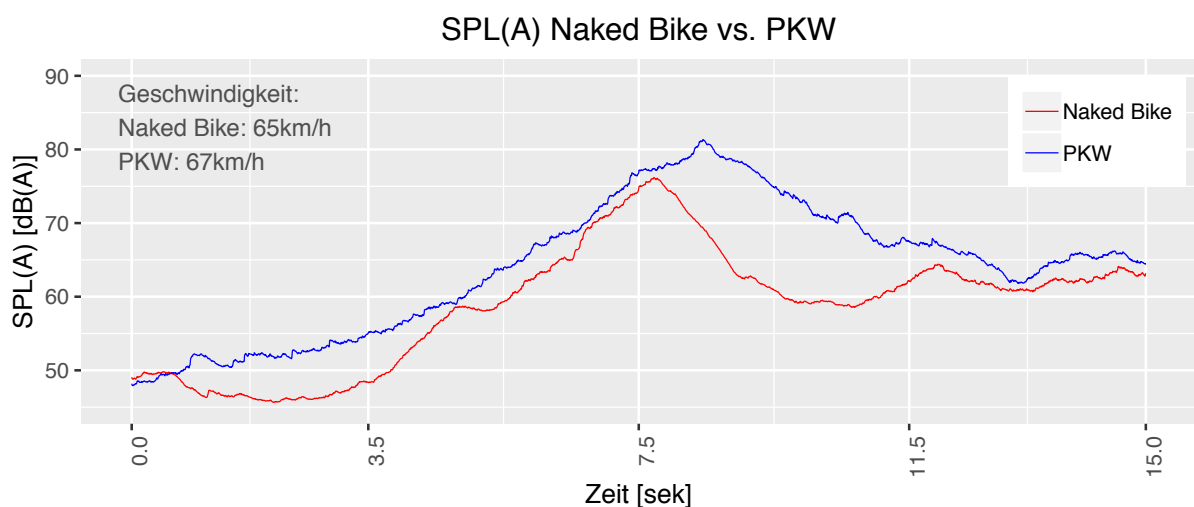


Abbildung 164: SPL(A) Messort 4 Naked Bike vs. PKW

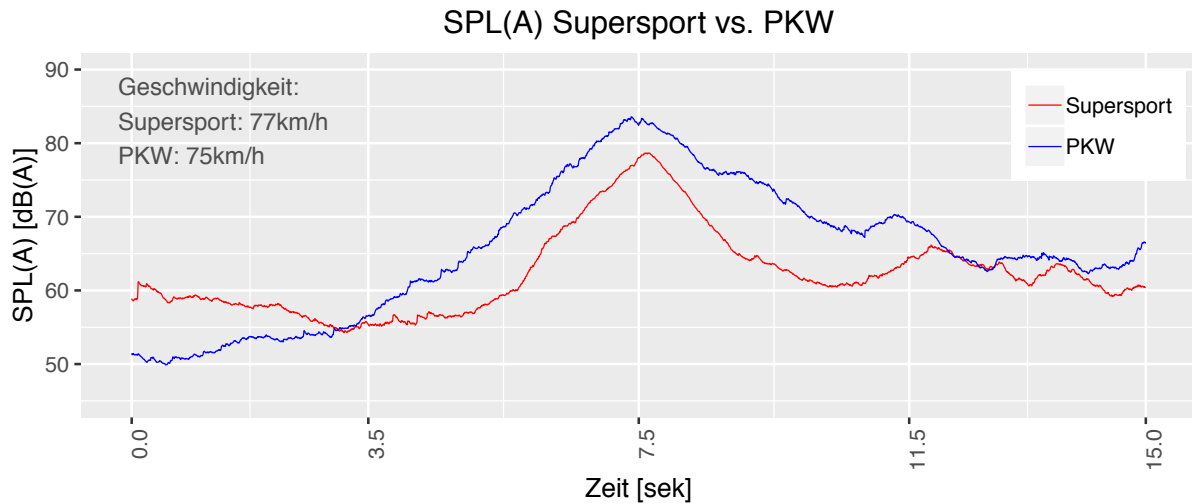


Abbildung 165: SPL(A) Messort 4 Supersport vs. PKW

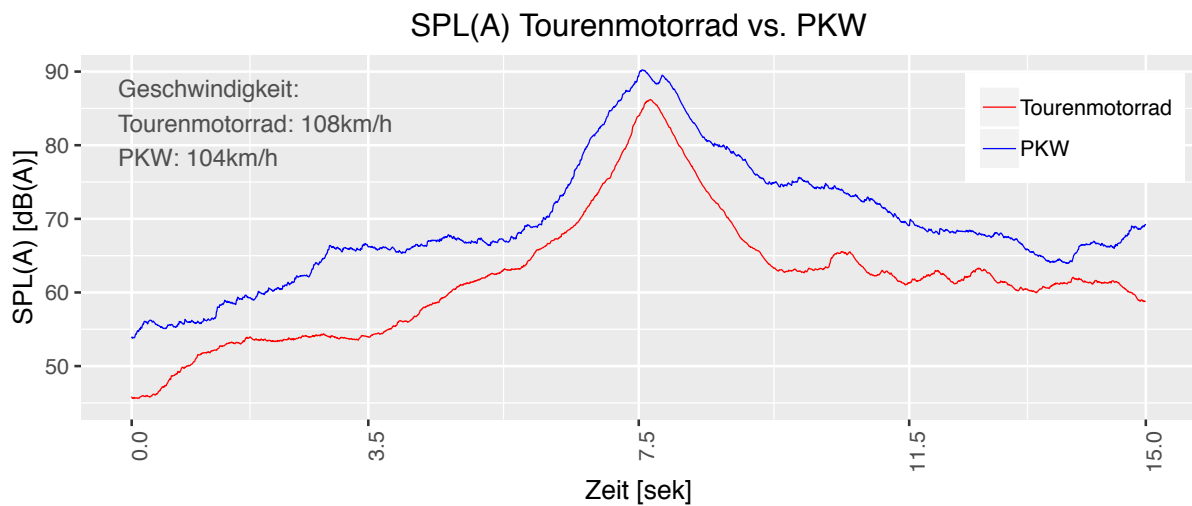


Abbildung 166: SPL(A) Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.13.2 C-bewerteter Schalldruckpegel

Beim Vergleich von Chopper vs. PKW (Abbildung 167) übertrifft der SPL(C) des Choppers den des PKWs den Großteil der Messzeit, mit Ausnahme von einigen kurzweiligen Ausschlägen des PKWs. Grundsätzlich weist der Chopper hier einen ruhigeren Gesamtverlauf auf, er besitzt im Gegensatz zum PKW bei genauerer Betrachtung aber sehr viele kleine Steigungs- und Senkungswechsel. Auch in der nächsten Grafik (Abbildung 168) besitzt der PKW im Vergleich zum Naked Bike einen eher unruhigen Verlauf. In diesem Vergleich übertrifft der SPL(C) des PKWs den SPL(C) des Motorrades im Großteil der Messaufzeichnung. Wird die Gegenüberstellung von Supersport und PKW (Abbildung 169) betrachtet, besitzt vorerst das Motorrad den höheren C-bewerteten Schalldruckpegel, wird dann aber vom PKW abgelöst, wobei der Maximalwert bei beiden Fahrzeugen ähnlich hoch liegt. Im letzten Vergleich (Abbildung 170) wird ein Tourenmotorrad mit einem PKW verglichen. Bei dieser Gegenüberstellung sind die SPL(C)-Werte des PKWs über die gesamte Messzeit stärker ausgeprägt als die ermittelten Werte des Tourenmotorrades. Mit steigender Messdistanz (bei 25 m und 50 m) verringert sich der maximale SPL(C) der Motorräder weniger als der maximale SPL(C) der PKWs.



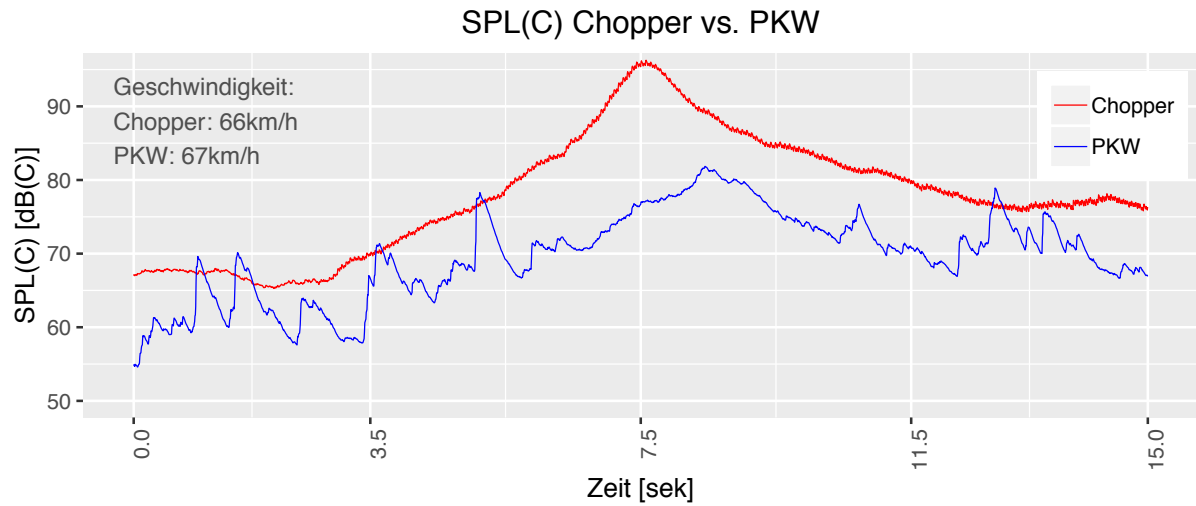


Abbildung 167: SPL(C) Messort 4 Chopper vs. PKW

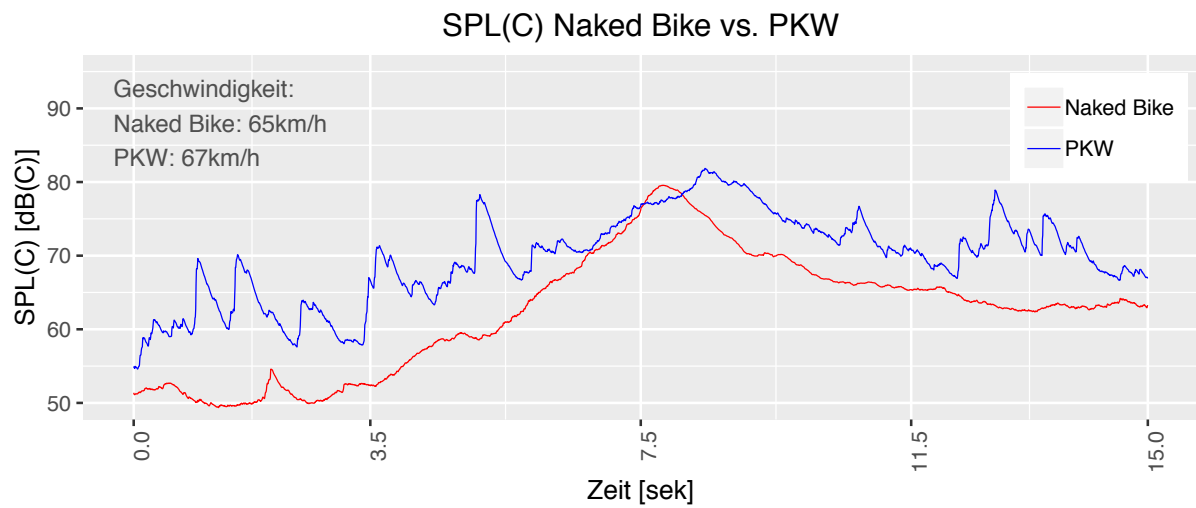


Abbildung 168: SPL(C) Messort 4 Naked Bike vs. PKW

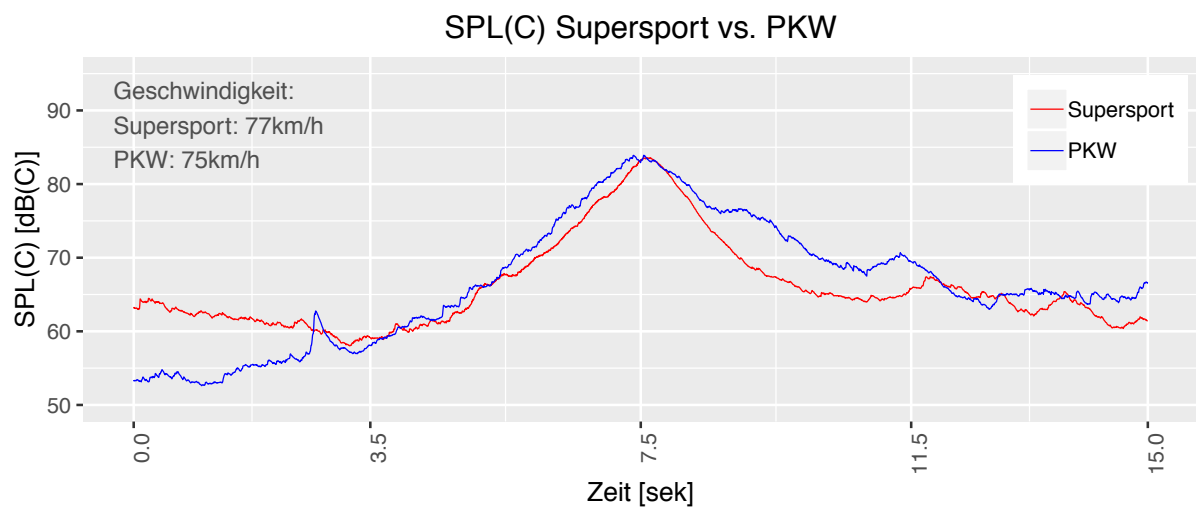


Abbildung 169: SPL(C) Messort 4 Supersport vs. PKW

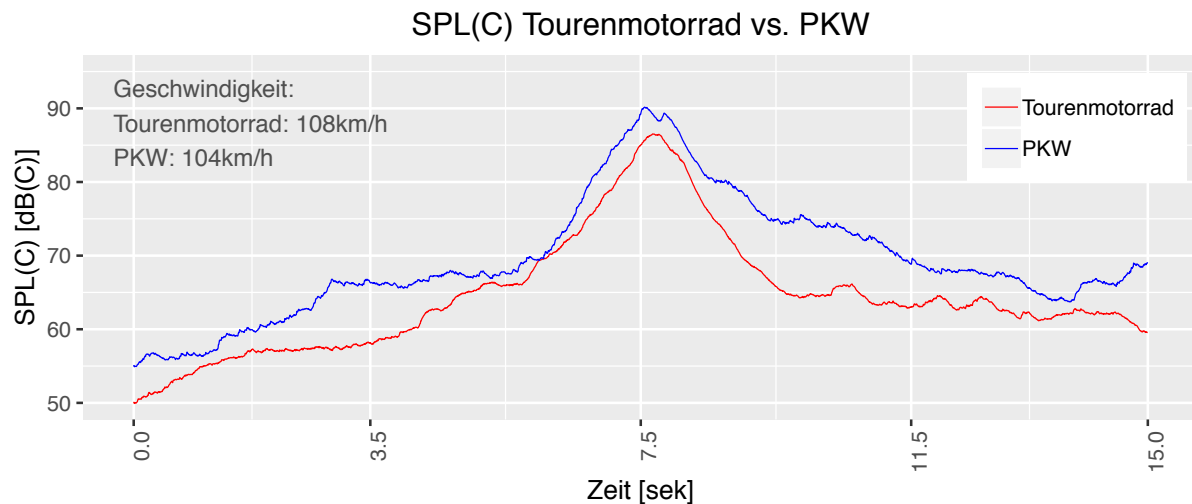


Abbildung 170: SPL(C) Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW

### 4.2.13.3 Lautheit

Bei den Vergleichen der Lautheit an Messort 4 sticht vor allem der Vergleich aus Abbildung 171 heraus, da der Chopper sowohl im Anfangs-, End als auch im mittleren Bereich der Messung ungefähr doppelt so hohe Werte wie der zu vergleichende PKW aufweist. Vor allem im Anbetracht der relativ geringen Geschwindigkeit, besitzt dieses Motorrad eine sehr hohe Lautheit, welche sich bei Gegenüberstellung mit den restlichen Vergleichen dieses Messortes sogar als höchster Maximalwert herausstellt. In Abbildung 172 weisen PKW und Motorrad ähnliche Werte auf, der PKW bewegt sich aber länger im Maximalbereich als das Naked Bike. Ein ähnliches Szenario findet sich auch in Abbildung 173, beim Vergleich von Supersport vs. PKW. In Abbildung 174 verhalten sich Tourenmotorrad und PKW sehr ähnlich zueinander, auch der Maximalwert liegt in etwa auf selber Höhe. Durch die hohen Geschwindigkeiten der beiden Fahrzeuge, liegen die Lautheiten wesentlich höher als in Abbildung 172 und Abbildung 173. Die Kurven der Motorräder aus allen Abbildungen weisen im Vergleich zu den PKWs eine steilere Steigung auf. Mit steigender Distanz verringert sich die maximale Lautheit der Motorräder weniger als die maximale Lautheit der PKWs.

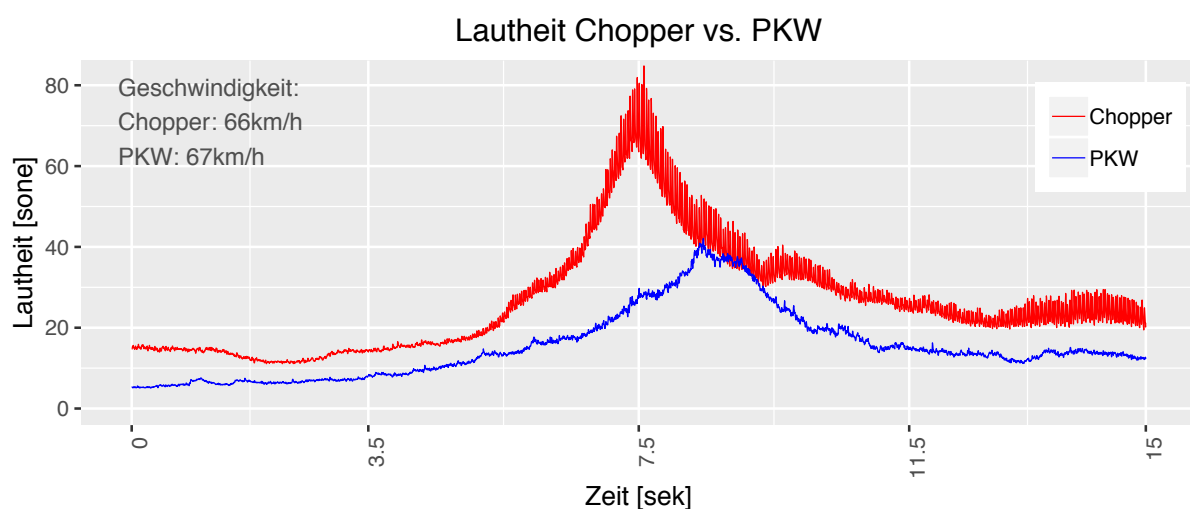


Abbildung 171: Lautheit Messort 4 Chopper vs. PKW

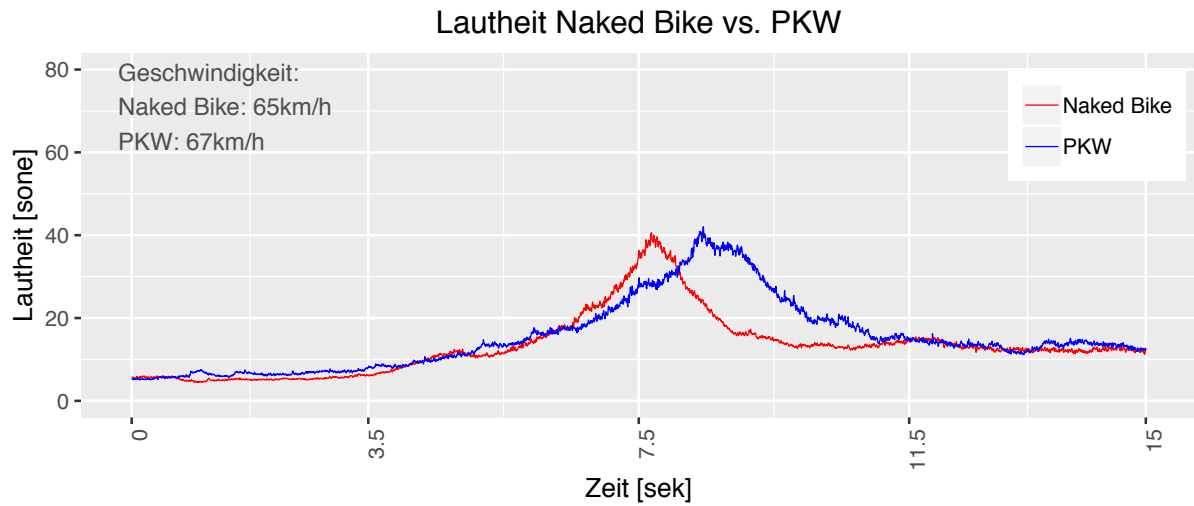


Abbildung 172: Lautheit Messort 4 Naked Bike vs. PKW

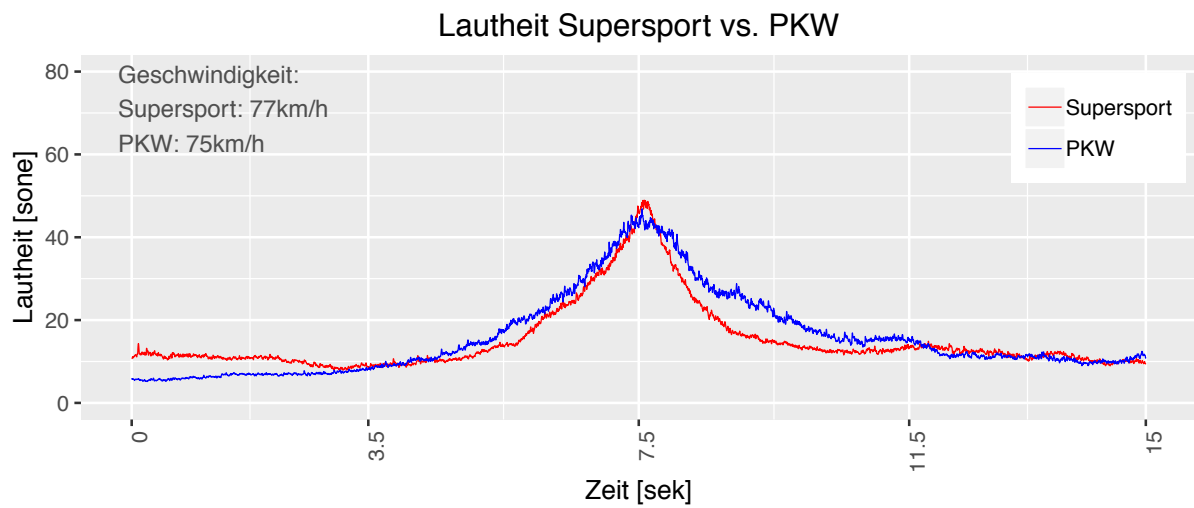


Abbildung 173: Lautheit Messort 4 Supersport vs. PKW

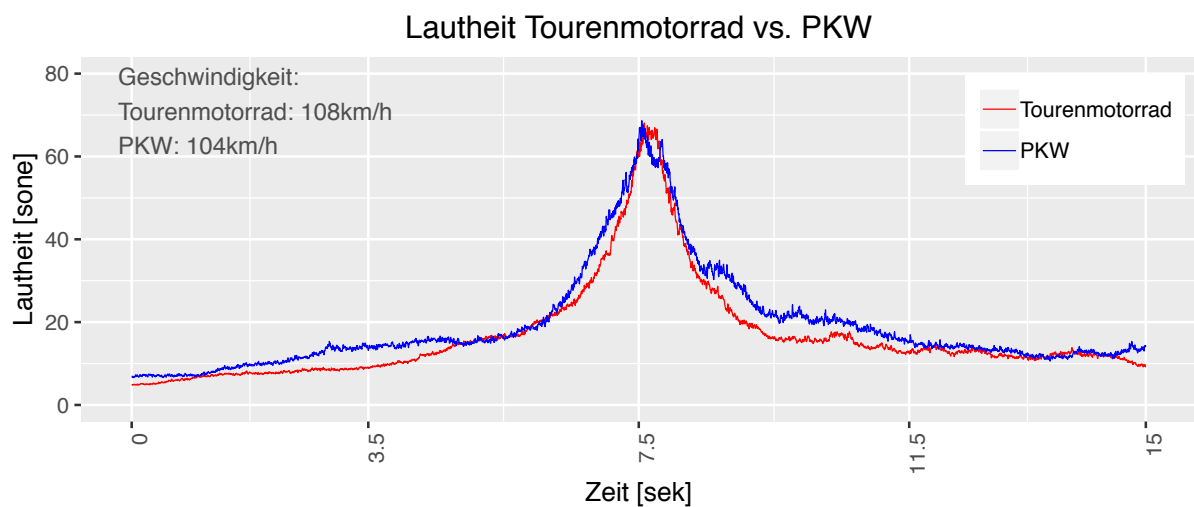


Abbildung 174: Lautheit Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.13.4 Rauigkeit

In der Abbildung 175 wurde die y-Achse, im Gegensatz zu den restlichen Vergleichen der Rauigkeit, auf ein Maximum von 0,3 auf 0,7 asper erhöht, da der Chopper (Abbildung 175), im Vergleich zu den weiteren verglichenen Fahrzeugen, eine sehr hohe Rauigkeit aufweist. Beim ersten Vergleich verhalten sich die Rauigkeitswerte der beiden Fahrzeuge zu Beginn noch relativ äquivalent zueinander, nach Sekunde 3 steigt die Rauigkeit des Choppers aber sehr stark an und beträgt im Maximum ungefähr das 7-fache der Rauigkeit des zu vergleichenden PKWs. Im Vergleich der Abbildung 176 besitzt der PKW, vor allem im Mittelteil, eine beinahe doppelt so hohe Rauigkeit wie das Naked Bike. Das Supersport Motorrad aus Abbildung 177 weist zu Beginn höhere Rauigkeitswerte auf, gegen Ende besitzt der PKW etwas höhere Werte, dieses Verhalten spiegelt sich auch beim Vergleich von Tourenmotorrad vs. PKW in Abbildung 178 wieder. Bei der Rauigkeit ist keine eindeutige Aussage zur Veränderung bei vergrößerter Messdistanz möglich, die Werte der Motorräder und PKWs verringern sich in einer ähnlichen Stärke.

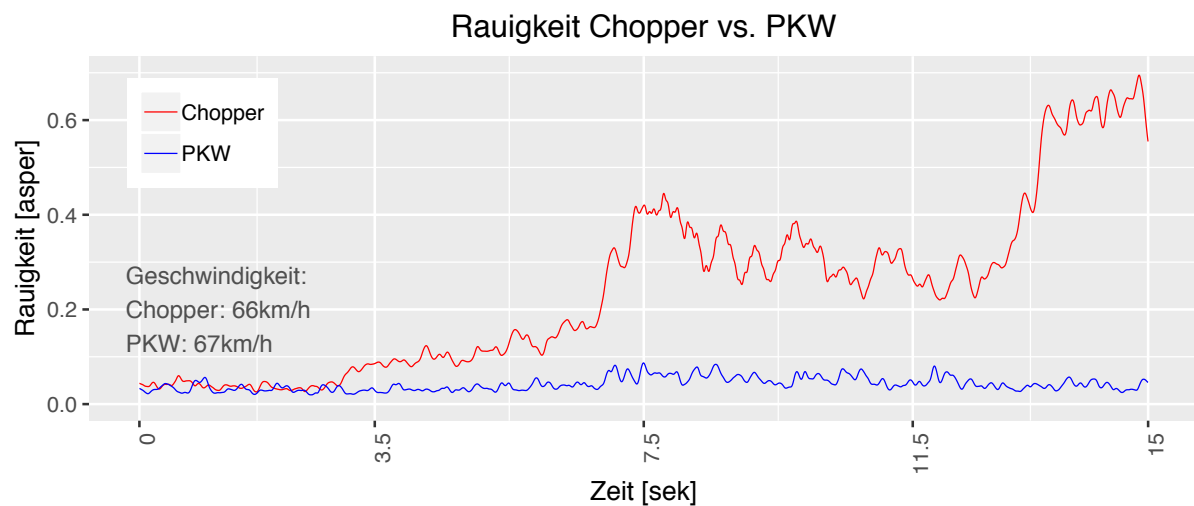


Abbildung 175: Rauigkeit Messort 4 Chopper vs. PKW

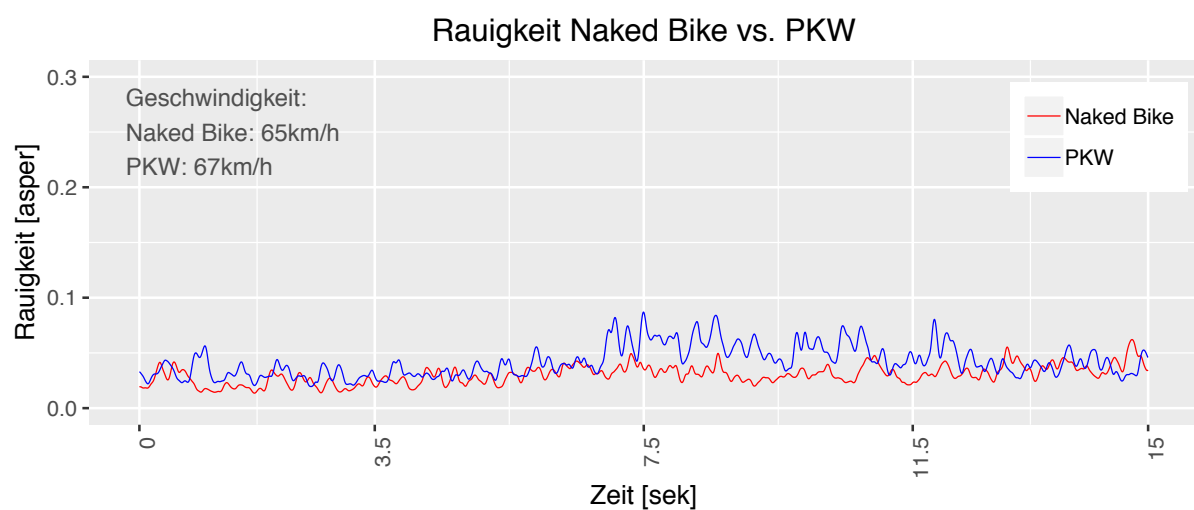


Abbildung 176: Rauigkeit Messort 4 Naked Bike vs. PKW

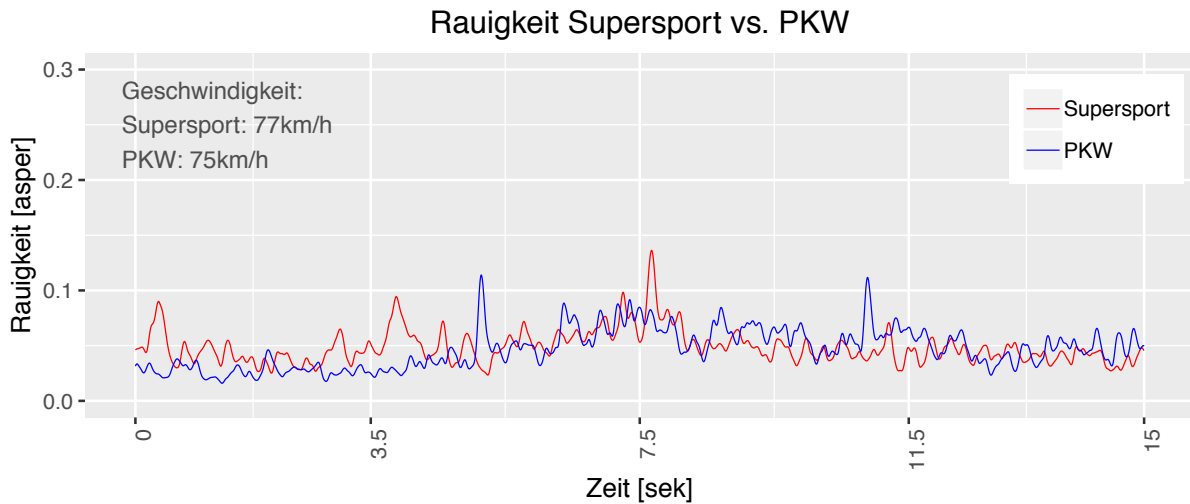


Abbildung 177: Rauigkeit Messort 4 Supersport vs. PKW

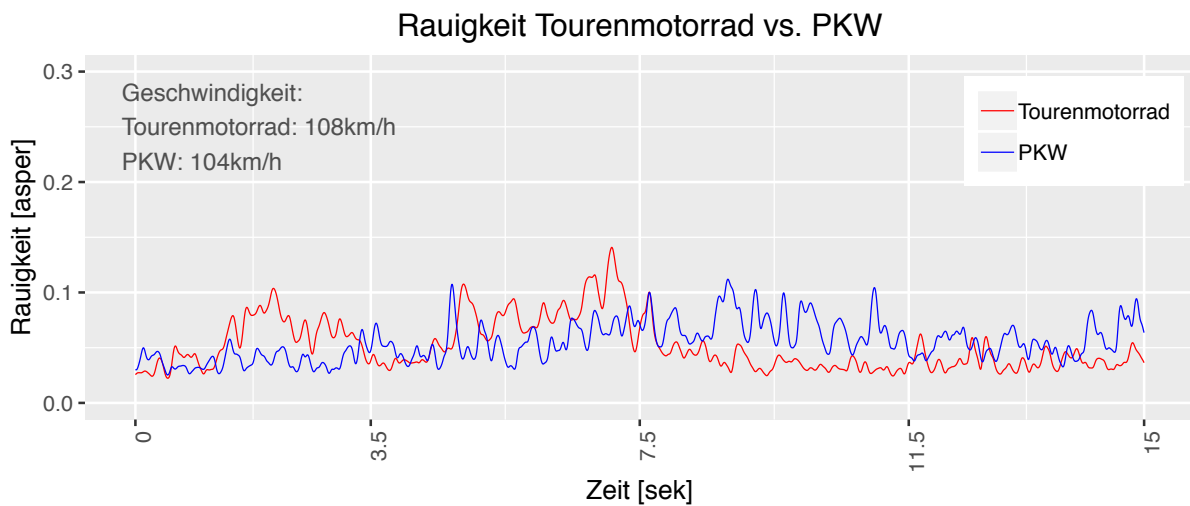


Abbildung 178: Rauigkeit Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.13.5 Schärfe

Beim Schärfevergleich in Abbildung 179 übersteigt der PKW in so gut wie allen Bereichen die gemessenen Schärfewerte des Choppers. Dies wird darauf zurückgeführt, da Chopper erfahrungsgemäß einen großen Anteil an tiefen Frequenzen besitzen und die Schärfe speziell die hohen Frequenzanteile eines Geräusches berücksichtigt. In der Abbildung 180 überschreitet die Schärfe des Naked Bikes die des PKWs über die gesamte Dauer der Einzelmessungen. Im nächsten Vergleich, in Abbildung 181, übertrifft die Rauigkeit des PKWs zu Anfang deutlich die des Supersport Motorrads, bis zum Mittelpunkt der Messung gleichen sie sich jedoch an und verlaufen auf ähnlicher Höhe weiter, wobei die Rauigkeit des PKWs etwas höher liegt. Die beiden Fahrzeuge aus Abbildung 182 verhalten sich bis kurz vor der Hälfte der Messung sehr ähnlich, der PKW behält seinen relativ stetigen Verlauf bis zum Ende, wobei das Tourenmotorrad einen Anstieg um ca. 0,5 Acum erfährt, welcher gegen Ende der Messung aber wieder abfällt und danach auf etwa derselben Höhe wie die Rauigkeit des PKWs verläuft. Bei der Schärfe ist keine eindeutige Aussage zur Veränderung bei vergrößerter Messdistanz möglich.

### Schärfe Chopper vs. PKW

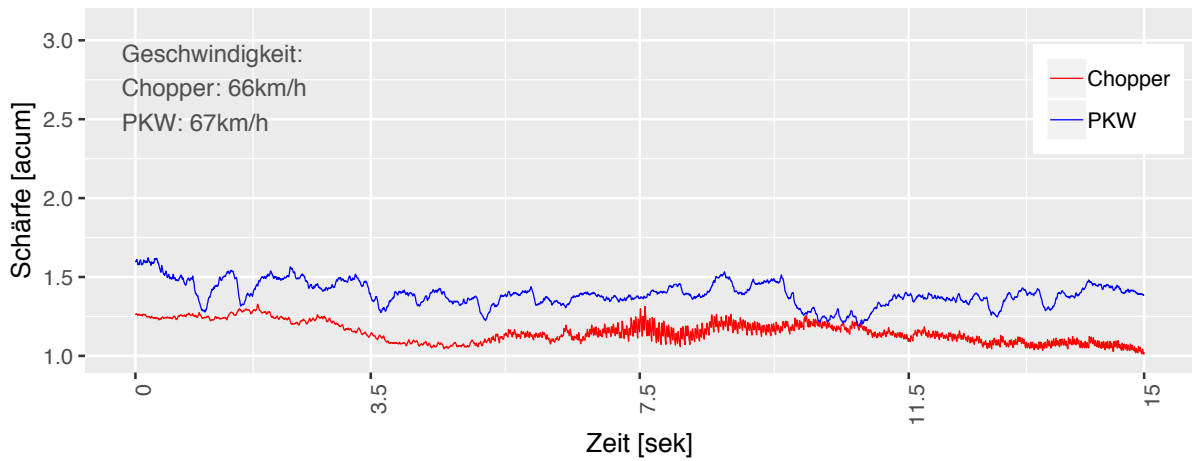


Abbildung 179: Schärfe Messort 4 Chopper vs. PKW

### Schärfe Naked Bike vs. PKW

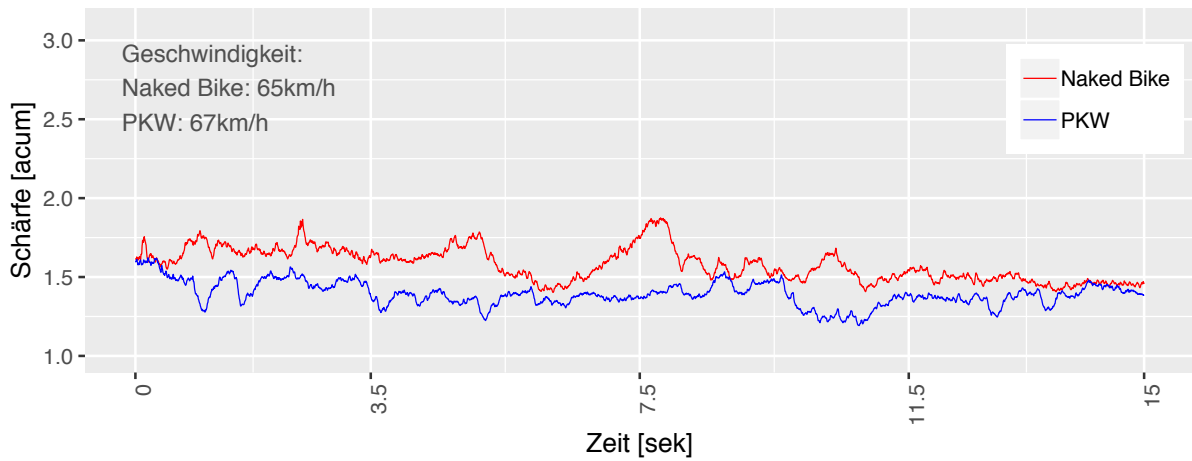


Abbildung 180: Schärfe Messort 4 Naked Bike vs. PKW

### Schärfe Supersport vs. PKW

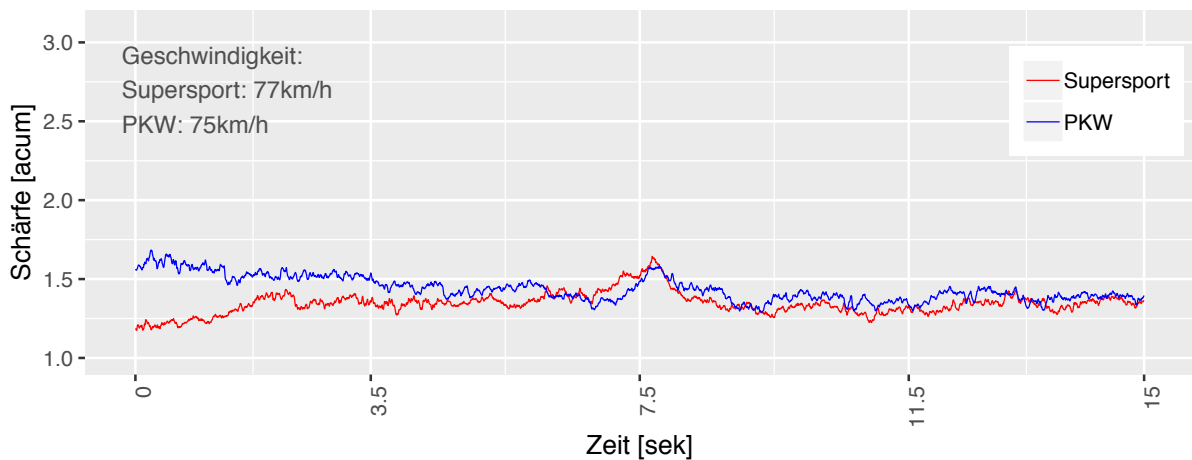


Abbildung 181: Schärfe Messort 4 Schärfe Supersport vs. PKW

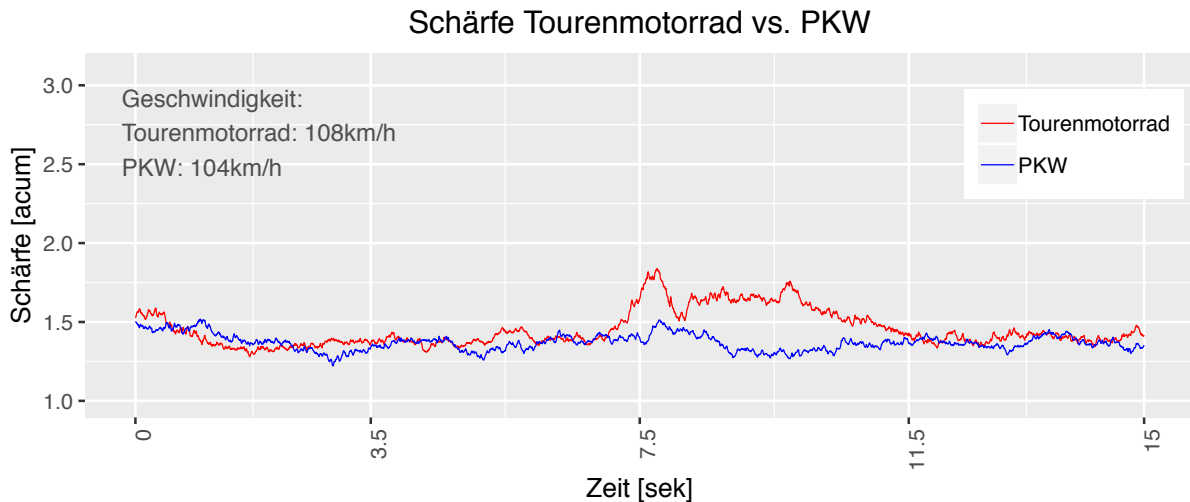


Abbildung 182: Schärfe Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.13.6 Schwankungsstärke

Beim Vergleich von Chopper vs. PKW (Abbildung 183) besitzt in der ersten Hälfte der PKW die höhere Schwankungsstärke, ab der 2. Hälfte übertrifft die Rauigkeit des Choppers für ca. 4 Sekunden die des PKWs, bis sie sich zu Ende wieder angleichen. Im nächsten Vergleich (Abbildung 184) besitzt der PKW überwiegend die stärkere Schwankungsstärke und auch einen unruhigeren Verlauf als das Naked Bike. Das Naked Bike weist einen relativ stetigen Verlauf auf, lediglich kurz nach der Hälfte sticht eine erhöhte Kurve der Schwankungsstärke heraus. Beim Vergleich Supersport vs. PKW aus Abbildung 185 besitzen beide Fahrzeuge einen ähnlichen Verlauf, wobei der Ausschlag vom Motorrad kurz nach der Mitte deutlich größer ist, als der vom PKW. Im letzten Vergleich (Abbildung 186) verlaufen beide Fahrzeuge in einer ähnlichen Stärke, beim maximalen Wert übersteigt das Motorrad den PKW um mehr als 0,01 Vacil. Bei der Schwankungsstärke ist keine eindeutige Aussage zur Veränderung bei vergrößerter Messdistanz möglich.

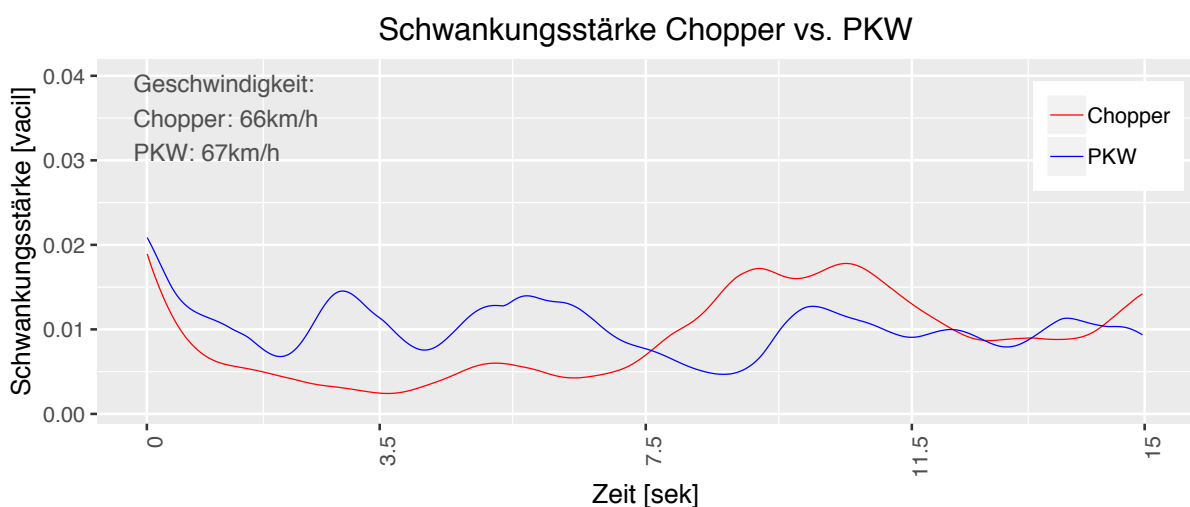


Abbildung 183: Schwankungsstärke Messort 4 Chopper vs. PKW

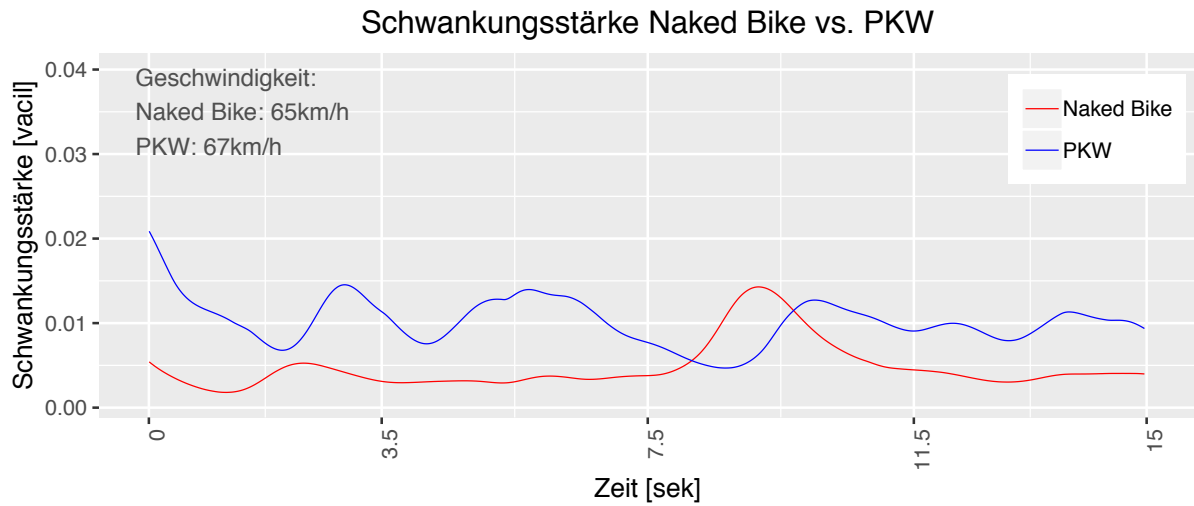


Abbildung 184: Schwankungsstärke Messort 4 Naked Bike vs. PKW

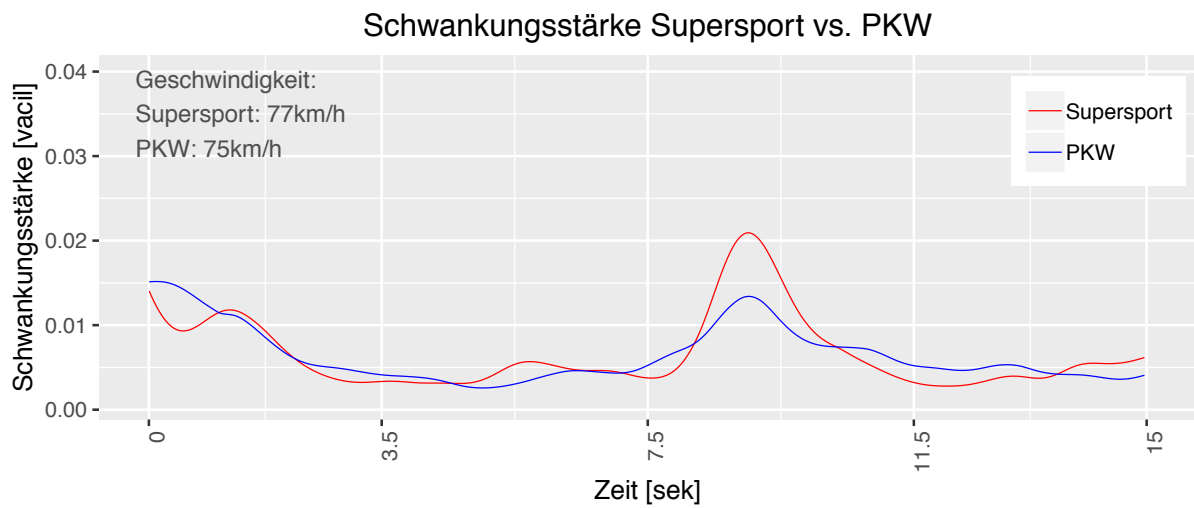


Abbildung 185: Schwankungsstärke Messort 4 Supersport vs. PKW

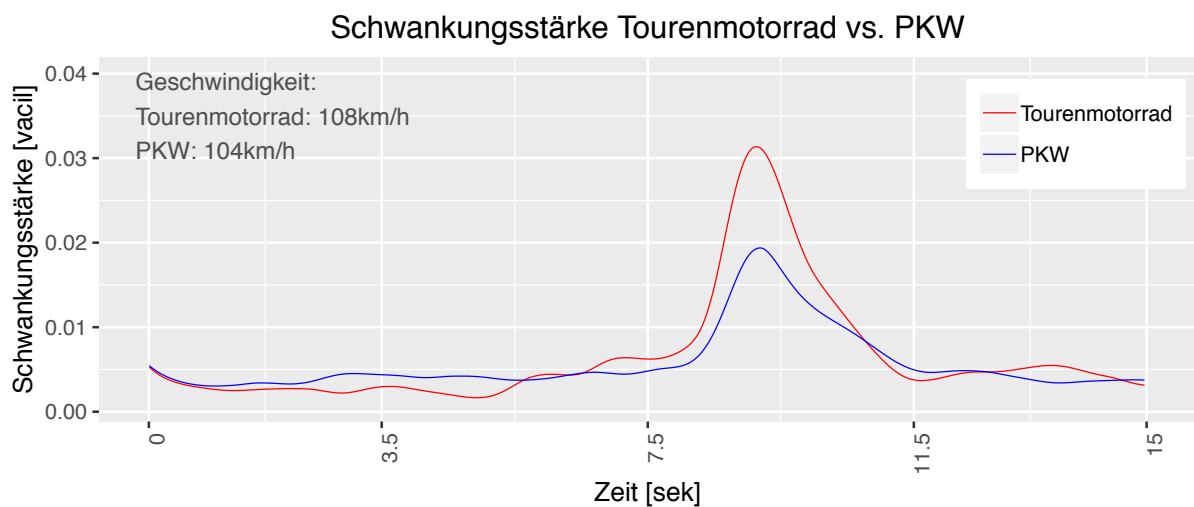


Abbildung 186: Schwankungsstärke Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW



### 4.2.13.7 Frequenzspektrum

In Abbildung 187 liegt der SPL des PKWs im unteren Frequenzbereich über dem des Choppers, in den restlichen Frequenzbereichen liegt der des Choppers über dem des PKWs. Im Bereich von ca. 800-1.600 Hz erfährt der SPL des PKWs eine strake Annäherung an den des Choppers. Auch beim Vergleich von Naked Bike vs. PKW (Abbildung 188) liegt der SPL des PKWs im unteren Frequenzbereich deutlich über dem SPL des Naked Bikes. In den restlichen Bereichen übertrifft der SPL des Motorrades den des PKWs deutlich. Bei der Gegenüberstellung vom Supersport Motorrad zum PKW (Abbildung 160) liegt der SPL des Motorrades vor allem in den Bereichen von ca. 30-150 Hz, 250-630 Hz und ab 3.150 Hz über dem des PKWs. Der PKW erfährt im Bereich zwischen 250 und 1.000 Hz einen deutlichen Anstieg, hier erreicht er auch seinen Maximalwert. In der Abbildung 159 ist zu erkennen, dass der PKW das Tourenmotorrad in einem Frequenzbereich von 400-2.500 Hz übersteigt, in den restlichen Frequenzbereichen weist das Motorrad einen höheren Schalldruckpegel auf.

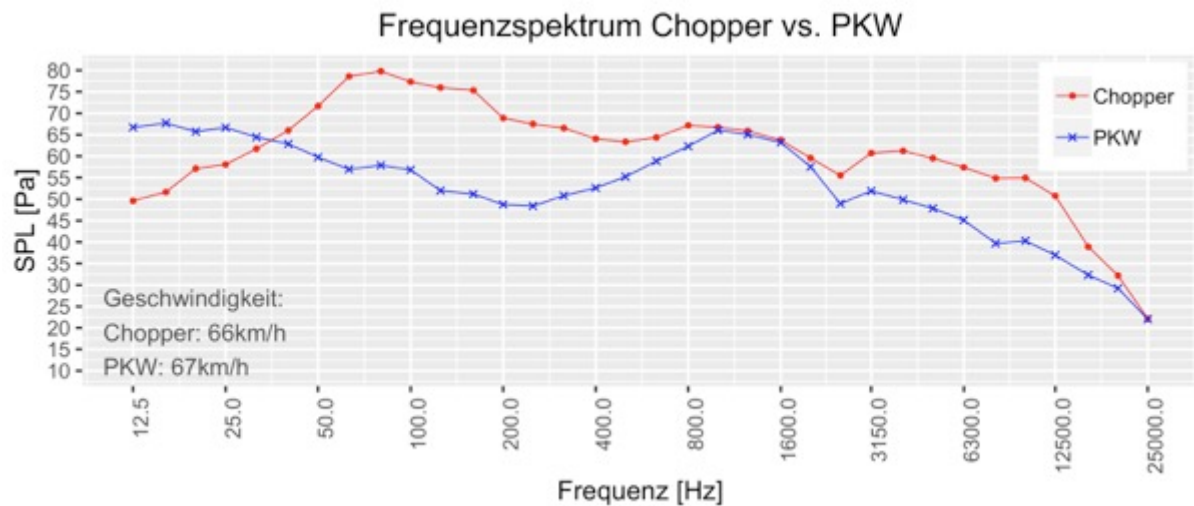


Abbildung 187: Frequenzspektrum Messort 4 Chopper vs. PKW

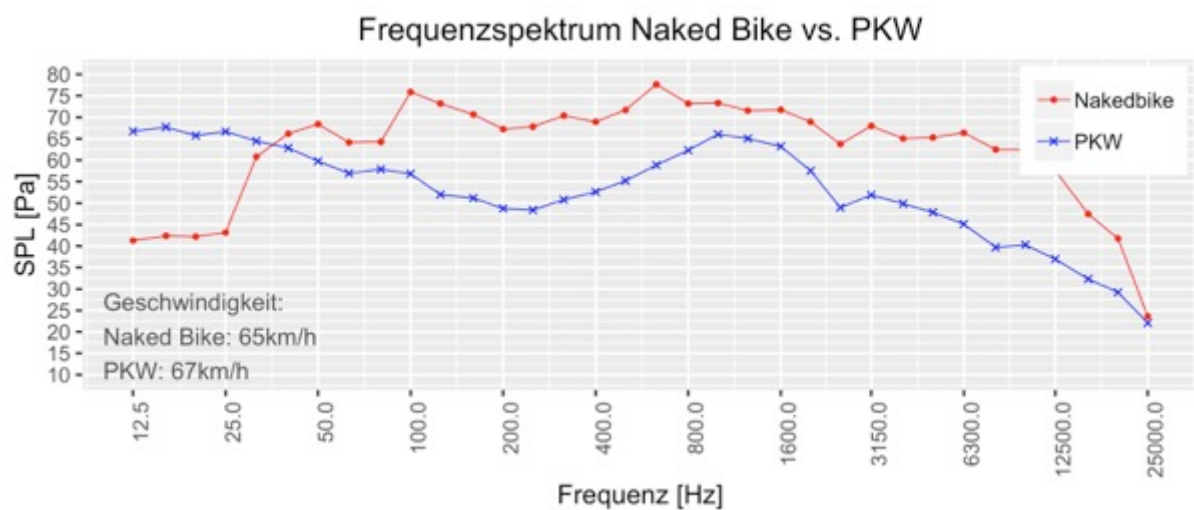


Abbildung 188: Frequenzspektrum Messort 4 Naked Bike vs. PKW

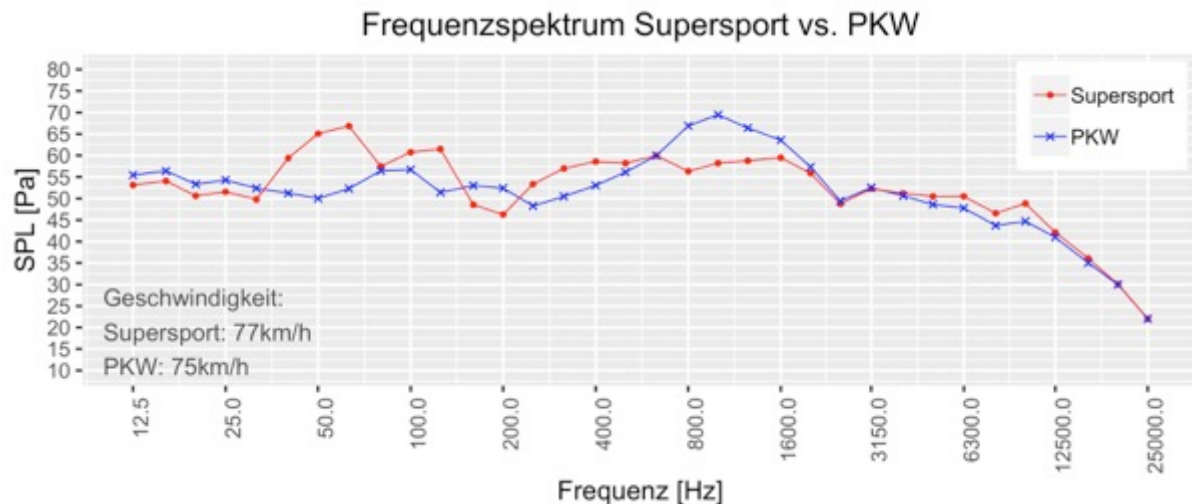


Abbildung 189: Frequenzspektrum Messort 4 Supersport vs. PKW

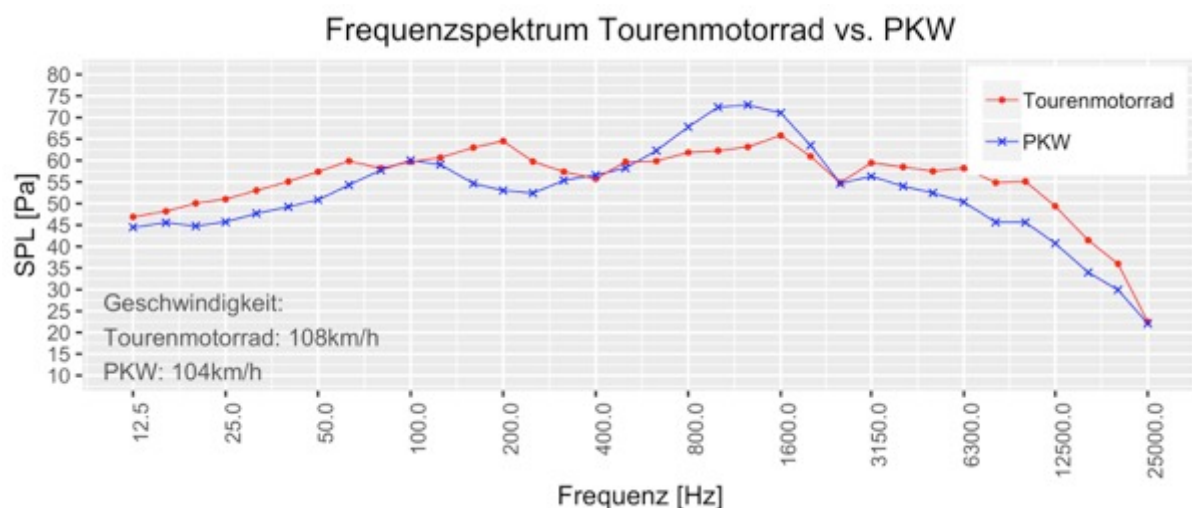


Abbildung 159: Frequenzspektrum Messort 4 Tourenmotorrad vs. PKW

#### 4.2.14 Zusammengefasste Ergebnisse der analysierten Einzelmessungen

Bei Betrachtung der Einzelmessungen konnten durch die Varianzanalyse, Kruskal-Wallis Analyse, dem paarweisen Wilcoxon Test der Einzelfahrzeuge sowie durch die paarweisen visuellen Vergleiche der grafischen Darstellungen der Messwerte von Motorrädern und PKWs Erkenntnisse erlangt werden, welche auf ein typisches Verhalten sowie Unterschiede von Motorrädern sowie PKWs schließen lassen. Da durch das relativ hohe Verkehrsaufkommen nur eine geringe Anzahl an störfreien Einzelaufnahmen möglich war, konnte eine dementsprechend geringe Anzahl an Stichproben verglichen werden. Dadurch können nur deskriptive Aussagen gemacht werden. In den folgenden Unterkapiteln werden die wichtigsten Ergebnisse der Varianzanalyse, der Vergleiche der Grenzwerte laut EU-Verordnung Nr. 97/24/EG und EU-Verordnung 540/2014 sowie der paarweisen Vergleiche von Motorrad vs. PKW, zusammengefasst.

##### 4.2.14.1 Varianzanalyse

Durch die Varianzanalysen der Einzelmessungen können deutliche Zusammenhänge zwischen den akustischen sowie psychoakustischen Messwerten und den einzelnen Strecken- sowie Fahrzeugparametern aufgezeigt werden. Mit steigendem Messabstand verändern sich diese Einflüsse,

da es hier durch den längeren Weg der Schalldruckwellen zu größeren Abschwächungen, Schwankungen und auch Beeinflussungen durch etwaige Umwelteinflüsse kommen kann. Zur Beurteilung der Einwirkungen von Strecken- und Fahrzeugparametern auf die betrachteten akustischen und psychoakustischen Kenngrößen, wurde eine Betrachtung im Abstand von 7,50 m, 25 m sowie 50 m zur Fahrstreifenachse gewählt. Es wurden verstärkt das 95. und 5. Perzentil sowie der Median betrachtet.

In der nachfolgenden Tabelle 118 sind alle geprüften akustischen und psychoakustischen Messgrößen mit den zugehörigen Signifikanzniveaus der jeweiligen Einflüsse von Strecke sowie Fahrzeug dargestellt. Dabei gilt, je geringer der p-Wert, desto höher die Signifikanz. In dieser Arbeit werden p-Werte, welche einen geringeren Wert als 0,05 aufweisen, als signifikant angesehen. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass die Fahrzeugart in allen Fällen eine hoch signifikante Rolle spielt. Auch die Geschwindigkeit spielt in den meisten Fällen, mit Ausnahme der Rauigkeit, eine hoch signifikante Rolle. Bei Betrachtung des Kurvenradius, weist auch dieser bei den meisten überprüften Messgrößen einen signifikanten Einfluss auf, mit Ausnahme der Rauigkeit und Schärfe. Bei der Rauigkeit fällt auf, dass sie ausschließlich von der Fahrzeugart signifikant beeinflusst wird. Diese Zusammenhänge sind zur weiteren Betrachtung der Ergebnisse von großer Bedeutung.

**Tabelle 118: Ergebnisse P95 Einzelmessungen 7,50 m**

	<i>Fahrzeugart</i>	<i>Kurvenradius</i>	<i>Steigung</i>	<i>Geschwindigkeit</i>	<i>Messort</i>
<i>Lautheit</i>	***	**		***	.
<i>p-Wert</i>	4.66e-06	0.00355	0.16315	7.77e-10	0.06582
<i>SPL(A)</i>	***	***	*	***	
<i>p-Wert</i>	9.87e-05	0.000235	0.025274	5.08e-14	0.391807
<i>SPL(C)</i>	***	*		***	
<i>p-Wert</i>	4.27e-06	0.0259	0.9769	1.18e-06	0.2492
<i>Schwankungss.</i>	***	***	*	***	
<i>p-Wert</i>	2.35e-05	2.63e-10	0.0365	1.97e-12	0.6699
<i>Rauigkeit</i>	***				
<i>p-Wert</i>	0.000278	0.274697	0.517600	0.266618	0.566702
<i>Schärfe</i>	***		***	***	***
<i>p-Wert</i>	0.000916	0.216808	3.54e-07	0.000393	9.57e-11

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Bei der Varianzanalyse, welche die Messwerte in größeren Entfernungen (25 m und 50 m) betrachtet, besitzen in den meisten Überprüfungen sowohl die Fahrzeugart als auch die Geschwindigkeit und der Radius die größten Signifikanzniveaus. Auch hier wird die Schärfe ausschließlich von der Fahrzeugart signifikant beeinflusst.

#### 4.2.14.2 Vergleich der Grenzwerte laut EU-Verordnung

Werden die ermittelten Maximalwerte der Einzelfahrzeuge mit den zulässigen Fahrzeuggrenzwerten laut EU-Verordnung Nr. 97/24/EG verglichen, wird ersichtlich, dass vor allem an Messort 1 (Gerade ohne Steigung) sowie Messort 4 (Gerade mit Steigung) über die Hälfte der überprüften Motorräder den Grenzwert von 80 dB(A) übersteigt. Bei den überprüften PKWs liegen (laut EU Verordnung Nr. 540/2014) sogar 100% der Stichproben über den zulässigen A-bewerteten SPL Grenzwerten. An

Messort 2, sowie an Messort 3 überstiegen nur wenige Motorräder diese Grenzwerte. Dies lässt sich mit dem hoch signifikanten Einfluss der Geschwindigkeit auf den SPL(A) erklären, da an Messort 1 gefolgt von Messort 4 die höchsten Geschwindigkeiten auftreten.

#### 4.2.14.3 Gegenüberstellung aller Einzelfahrzeuge

Im Anschluss der Varianzanalyse wurden mittels Kruskal-Wallis Analyse alle Fahrzeugtypen der einzelnen Messorte direkt miteinander verglichen, um zu sehen, ob etwaige Unterschiede zwischen den akustischen sowie psychoakustischen Messgrößen der einzelnen Fahrzeuggruppen bestehen. Bei möglichen signifikanten Unterschieden durch den Kruskal-Wallis Test wurde im Anschluss eine paarweise Überprüfung durch den Wilcoxon Test durchgeführt. Es wurden vor allem an Messort 2 (Kurve ohne Steigung) und Messort 3 (Kurve mit Steigung) in den Bereichen SPL(A), SPL(C), Schärfe, sowie Lautheit signifikante Unterschiede festgestellt. Die Ergebnisse der Analysen werden in den nachstehenden Punkten zusammengefasst dargestellt.

- SPL(A)

Durch die Vergleiche der Einzelfahrzeuge wird deutlich, dass die PKWs vor allem an Messort 1 den höchsten A-bewerteten Schalldruckpegel aller verglichenen Fahrzeugtypen aufweisen und das, obwohl sie meist die geringere Geschwindigkeiten als die Motorräder besitzen. Durch die Varianzanalyse wird allerdings deutlich, dass an Messort 1 sowie Messort 4 keine signifikanten Unterschiede (in allen betrachteten Messabständen) zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen vorherrschen. An Messort 2 sind die Unterschiede des 95. Perzentsils von SPL(A) im Abstand von 7,50 m signifikant. Hier liegen die Messwerte der Chopper sowie der PKWs am höchsten. An Messort 3 bestehen signifikante Unterschiede der Minimalwerte im Abstand von 7,50 m. Beim paarweisen Wilcoxon Test konnten allerdings bei keinem der Messorte signifikante Unterschiede festgestellt werden.

- SPL(C)

Es konnten an Messort 2 im Messabstand von 7,50 m signifikante Unterschiede zwischen dem SPL(C) der einzelnen Fahrzeugarten festgestellt werden. Durch den paarweisen Wilcoxon Test wurde deutlich, dass zwischen Chopper und Naked Bikes, sowie Chopper und Tourenmotorräder signifikante Unterschiede bestehen. Insgesamt wiesen an allen Messorten die Chopper meist die höchsten Werte auf. An Messort 3 wurden im Abstand von 7,50 m signifikante Unterschiede der Minimalwerte festgestellt, diese konnten jedoch beim paarweisen Test nicht ermittelt werden. Bei den größeren Messabständen wiesen die Analysen keine Signifikanzen auf.

- Lautheit

Bei der Lautheit im Abstand von 7,50 m wurden an Messort 2 (5. Perzentil, 95. Perzentil und Median) sowie an Messort 3 (5. Perzentil) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen analysiert. Beim paarweisen Wilcoxon Test konnten jedoch keine Signifikanzen festgestellt werden. An Messort 1, 2 und 4 besitzen die PKWs die geringsten Lautheitswerte.

- Rauigkeit

Durch die Analysen der unterschiedlichen Fahrzeugtypen in Bezug auf die Rauigkeit konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Jedoch liegen die Werte der PKWs meist deutlich unter den Werten der Motorräder.

- Schärfe

Es konnten lediglich an Messort 2 signifikante Unterschiede der Schärfewerte im Vergleich der unterschiedlichen Fahrzeugtypen analysiert werden. Beim paarweisen Wilcoxon Test

unterschieden sich Chopper und Supersport sowie Chopper und Tourenmotorrad signifikant voneinander. Dabei liegen die Werte der Chopper meist am niedrigsten.

- Schwankungsstärke

Bei der Schwankungsstärke konnte an keinem der vier Messorte ein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrzeugtypen festgestellt werden.

#### 4.2.14.4 Paarweiser Vergleich Motorräder vs. PKWs

Da aus den Kruskal-Wallis Analysen der Einzelfahrzeuge teilweise signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen ermittelt werden konnten, wurden in weiterer Folge unterschiedliche Fahrzeugtypen, welche ähnliche Geschwindigkeiten aufwiesen (max. Geschwindigkeitsdifferenz 5 km/h), vorerst durch eine Kruskal-Wallis Analyse miteinander verglichen. Dabei konnten signifikante Unterschiede des 95. Perzentils von SPL(C), SPL(A) sowie Schärfe und des 5. Perzentils von SPL(A), Lautheit und Rauigkeit im Abstand von 7,50 m ermittelt werden. Darauffolgend wurden alle Motorradtypen gesammelt in einer einzigen Gruppe den PKWs gegenübergestellt. Die beiden Gruppen im Messabstand von 7,50 m unterschieden sich dabei sowohl bei der Rauigkeit, beim SPL(C) als auch bei der Lautheit signifikant.

Um eine konkretere Vorstellung der Unterschiede zwischen den einzelnen Messgrößen der unterschiedlichen Fahrzeugtypen zu bekommen, wurden darauffolgend direkte (paarweise) grafische Gegenüberstellungen von jeweils einem PKW zu einem Motorrad durchgeführt, welche in etwa dieselben Geschwindigkeiten aufweisen. Durch diesen grafischen Vergleich ließen sich typische Verhaltensmuster der Fahrzeuge erkennen. Es wurde möglichst von jedem Motorradtyp ein Exemplar pro Messort zum Vergleich herangezogen. Die Vergleiche erfolgten über einen Zeitraum von 15 Sekunden der direkten Vorbeifahrt, wobei der maximale Schalldruckpegel bei allen Fahrzeugen in der Mitte des Messzeitraums liegt.

- SPL(A)

Bei den direkten Vergleichen von Motorrad vs. PKW übersteigen die PKWs im Spitzenwert den SPL(A) der meisten Motorradtypen, ausgenommen Chopper und Enduro. Sowohl Chopper als auch Supersport besitzen in den Anfangs- sowie Endbereichen meist einen höheren SPL(A) als der zu vergleichende PKW, was auf eine längere Hörbarkeit der Motorräder hindeutet. Auch die Gruppe der verglichenen Naked Bikes weisen in den Endbereichen der Messung einen erhöhten SPL(A) auf. Der Zusammenhang zwischen steigenden Geschwindigkeiten und steigendem SPL(A) ist deutlich zu erkennen.

- SPL(C)

Werden die Vergleiche der C-bewerteten Schalldruckpegel betrachtet, weisen die PKWs meist etwas höhere Werte als die Supersport Motorräder auf, wobei die Supersport Motorräder in den Anfangs- sowie Endbereichen der Messungen höhere Werte als die PKWs aufweisen. Der Abfall des SPL(C) der Naked Bikes ist vor allem in den Endbereichen deutlich flacher als bei den PKWs, die Spitzenwerte liegen in einem ähnlich hohen Bereich wie die der PKWs. Bei den Vergleichen mit den Enduros steigt die Differenz der Maximalwerte von Enduro zu PKW mit steigenden Geschwindigkeiten. Die Chopper weisen in allen Vergleichen teils deutlich höhere Werte als die PKWs auf.

- Lautheit

Bei den Vergleichen der Lautheit liegt ein Großteil der Maximalwerte der Motorräder über den Maximalwerten der PKWs, mit Ausnahme der Supersport Motorräder. In den Randbereichen verhalten sich die meisten Motorradtypen, bis auf einige Chopper und Naked Bikes, ähnlich wie die PKWs. Bei



den Choppern ist ein starker und schneller Wechsel zwischen Spitzen und Tiefen zu erkennen, dies spiegelt das charakteristische Geräuschverhalten der Chopper wider. In den meisten Fällen nimmt die Differenz zwischen der maximalen Lautheit von PKWs und Naked Bikes, Supersport sowie Enduros mit steigender Geschwindigkeit deutlich zu.

- Rauigkeit

Bei Naked Bikes, Tourenmotorräder und Supersport Motorräder übersteigen die Werte der Motorräder die der PKWs teils um den bis zu 3-fachen Wert. Teilweise sind die Verläufe dieser Motorräder aber auch sehr ähnlich zu denen der PKWs. Im Gegensatz dazu übersteigen Chopper sowie Enduros die Rauigkeitswerte der PKWs in allen Vergleichen, in manchen Fällen um den 6-fachen Wert, was sich durch den hoch signifikanten Einfluss der Fahrzeugart auf die Rauigkeit erklären lässt.

- Schärfe

Die Schärfe der PKWs liegt in den Randbereichen der Messausschnitte meist höher als in der Mitte der Messungen. In den mittleren Bereichen übersteigen dadurch die Schärfewerte der Motorräder meist die der PKWs, der Maximalwert der PKWs liegt aber in der Regel höher. Einzig die Gruppe der Chopper besitzt teils deutlich höhere Maximalwerte als die PKWs. In den Verläufen der Chopper sowie PKWs fallen auch teils starke Ausschläge der Schärfewerte auf.

- Schwankungsstärke

Bei Betrachtung der Vergleiche der Schwankungsstärke ist zu erkennen, dass meist die Motorräder stärkere Ausschläge der Schwankungsstärke als die PKWs aufweisen. Die Stärke der Schwankung steigt mit der Größe des Radius sowie mit der Geschwindigkeit. Die höchsten Werte der Vergleiche weisen dabei Enduros und Tourenmotorräder auf.

- Frequenzbewertung

Bei der Frequenzbewertung wurde die Höhe des unbewerteten SPL, bezogen auf die jeweiligen Frequenzen, betrachtet. Dabei konnte ein sich wiederholendes Muster der PKWs beobachtet werden. Diese übersteigen nämlich meist im Bereich von ca. 400-1.600 Hz den Schalldruckpegel des zu vergleichenden Motorrades. Die Motorräder besitzen ihr Maximum meist im tieffrequenten Bereich, die PKWs hingegen eher im hochfrequenten Bereich.

### 4.3 Motorradfahrten im Pulk

Da es häufig vorkommt, dass Motorradfahrer nicht nur einzeln, sondern gemeinsam mit mehreren anderen Motorradfahrern eine Ausfahrt in der Gruppe machen, welche auch als so genanntes Pulkfahren deklariert wird, wird in diesem Kapitel das Augenmerk auf das Auftreten von Pulks in den Aufzeichnungen der vier Messorte gelegt. Dabei werden unterschiedliche Pulks an allen vier Messorten betrachtet, um allfällige signifikante Differenzen der akustischen und psychoakustischen Messwerte im Vergleich zu den Einzelfahrzeugen zu untersuchen. Insgesamt werden 10 Pulks (an den Messorten 1 und 2 jeweils 3, an Messort 3 und 4 jeweils 2) untersucht. Es wurden dabei die Anzahl der unterschiedlichen Fahrzeuge dokumentiert sowie die durchschnittlichen Geschwindigkeiten und die akustischen und psychoakustischen Kenngrößen. Ein aussagekräftiger Vergleich zwischen den einzelnen Messorten ist nur bedingt möglich, da sowohl die Anzahl der Fahrzeuge als auch die Zusammensetzung der unterschiedlichen Fahrzeugtypen pro Pulk von Messort zu Messort variieren. Bei den einzelnen Pulks wurden jeweils 15 Sekunden der Vorbeifahrt ausgewählt, um eine aussagekräftige Gegenüberstellung zu den Einzelfahrzeugen herzustellen. Es wird in den Grafiken jeweils ein Pulk pro Messort mit einem Einzelfahrzeug verglichen. Als zu vergleichendes Einzelfahrzeug wird jeweils ein Motorrad, welches eine ähnliche Geschwindigkeit aufweist wie der Pulk im

Durchschnitt, ausgewählt. Die Grafiken sowie Tabellen basieren auf den Werten, welche in 7,50 m aufgenommen wurden. Es werden auch die Messwerte, welche in einem Abstand von 25 m und 50 m ermittelt wurden, betrachtet, diese werden aber nicht in den Tabellen und Grafiken abgebildet. Da die Pulks entweder in einem Abstand von 25 m oder in 50 m aufgenommen wurden, konnten im Abstand von 25 m 8 Pulks und im Abstand von 50 m ein Pulk zur Betrachtung herangezogen werden.

In der folgenden Tabelle sind alle Fahrzeuge der Pulks sowie das Vergleichsfahrzeug und die gefahrenen Geschwindigkeiten aufgelistet.

**Tabelle 119: Daten Pulks**

Pulk Nr.	Chopper	Naked Bike	Supersport	Tourenm.	Enduro	Ø km/h Pulk.	Vergleichsfahrzeug	
							Nr.	km/h
1	1	-	-	3	-	113	10	126
2	-	-	-	5	-	105	11	99
3	-	-	-	2	2	95	11	99
4	1	2	-	2	-	80	28	79
5	-	-	-	3	-	66	34	66
6	-	-	-	5	-	60	33	60
7	-	1	1	1	-	62	68	58
8	-	-	1	2	1	73	72	77
9	1	-	-	3	-	86	94	86
10	-	-	2	1	-	77	106	78

### 4.3.1 A-bewerteter Schalldruckpegel

Bei Betrachtung der Messwerte des A-bewerteten Schalldruckpegels (Tabelle 120) der Pulkfahrten, verglichen mit den Einzelfahrzeugen, übertrifft der maximale A-bewertete Schalldruckpegel der Pulks die der Einzelfahrzeuge in 10 von 10 Vergleichen. Auch im Median liegen 8 von 10 der Pulks über dem SPL(A) der Einzelfahrzeuge. In Abbildung 191 bis Abbildung 194 wird pro Messstandort jeweils ein Vergleich grafisch dargestellt. Beim Vergleich der Aufnahmen in größeren Messabständen (25 m und 50 m) übertreffen in allen Gegenüberstellungen die Werte der Pulks die der Motorräder sowohl im Median als auch im 5. und 95. Perzentil.

**Tabelle 120: SPL(A) Pulk vs. Motorrad**

Messort	Pulk Nr.	Median	95. Perzentil	Fahrzeugart	Motorr. Nr.	Median	95. Perzentil
1	1	78,11	89,11549	Tourenm.	10	54,78	81,30999
1	2	67,91	83,2081	Tourenm.	11	62,14	81,60089
1	3	66,19	85,69688	Tourenm.	11	62,14	81,60089
2	4	76,38	82,41464	Naked Bike	28	64,34	77,12378
2	5	70,44	79,58684	Tourenm.	34	63,15	77,38334
2	6	67,08	77,33077	Tourenm.	33	60,48	72,31097
3	7	72,03	93,14991	Tourenm.	68	64,51	75,69776
3	8	62,31	85,66146	Supersport	72	69,78	77,76828
4	9	68,8	83,39964	Supersport	94	60,38	76,2596
4	10	76,43	84,84384	Tourenm.	106	61,26	77,63119

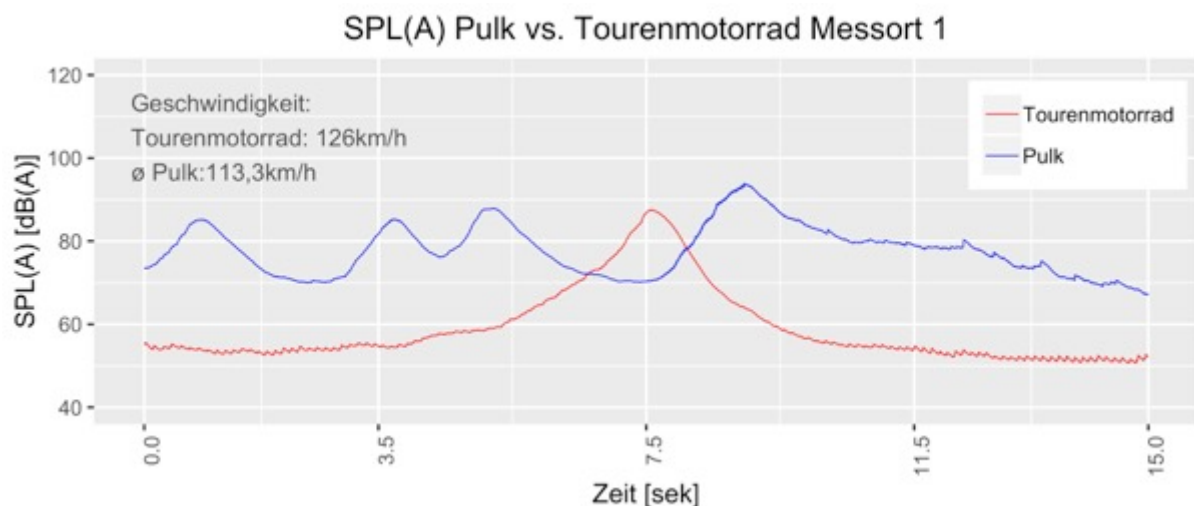


Abbildung 191: SPL(A) Pulk Nr. 1 Messort 1



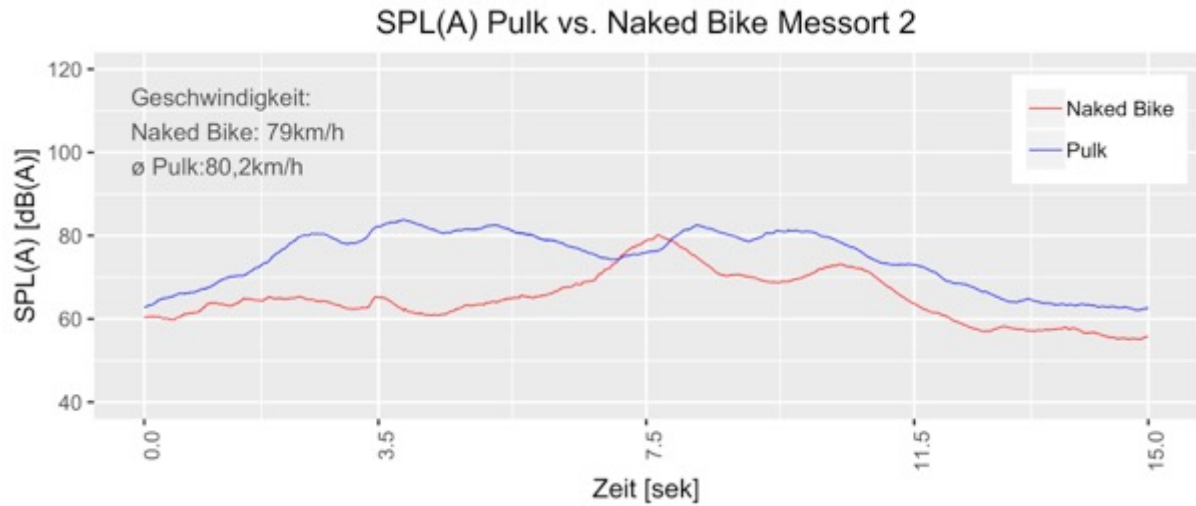


Abbildung 192: SPL(A) Pulk Nr. 4 Messort 2



Abbildung 193: SPL(A) Pulk Nr. 7 Messort 3

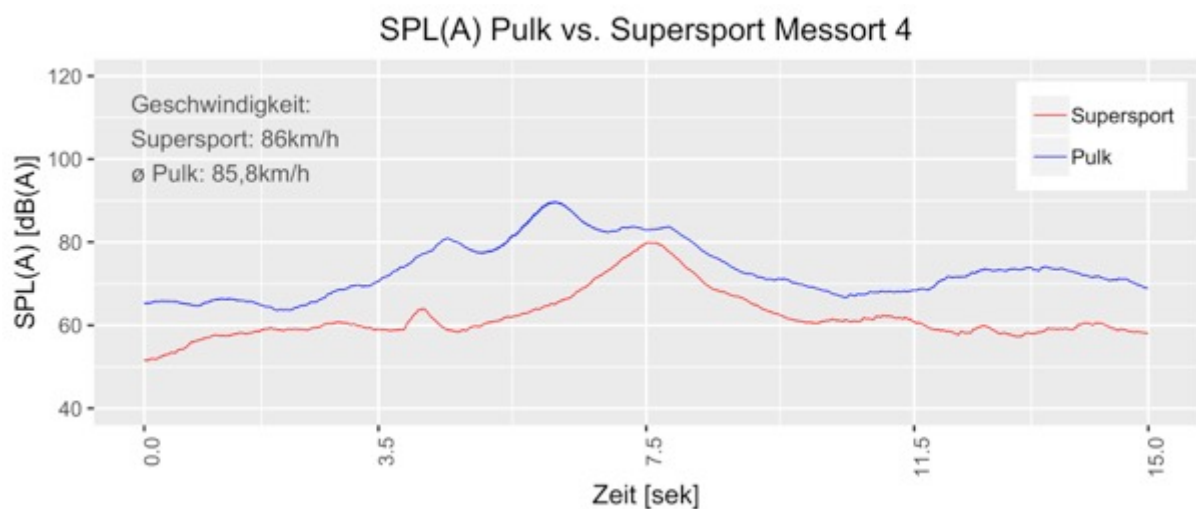


Abbildung 194: SPL(A) Pulk Nr. 9 Messort 4

### 4.3.2 C-bewerteter Schalldruckpegel

Werden dem SPL(C) der Pulkfahrten dem der Einzelfahrten gegenübergestellt, wird deutlich, dass sowohl der Median als auch das 95. Perzentil in 8 der 10 Stichproben die Werte der verglichenen Einzelfahrzeuge überschreiten. Lediglich an Messort 4 (Abbildung 198), in welchem der Chopper Nr. 95 mit dem Pulk Nr. 9 verglichen wurde, liegen sowohl Median als auch im 5. und 95. Perzentil des Einzelfahrzeuges über den Werten des Pulks. Beim Vergleich der größeren Messabstände (25 m und 50 m) übertreffen in allen Gegenüberstellungen, mit Ausnahme des Pulks Nr. 5, die Werte der Pulks die der Motorräder sowohl im Median als auch im 5. und 95. Perzentil.

**Tabelle 121: SPL(C) Pulk vs. Motorrad**

Messort	Pulk Nr.	Median	95. Perzentil	Fahrzeugart	Motorr. Nr.	Median	95. Perzentil
1	1	82,29	93,09999	Tourenm.	10	62,96	83,78058
1	2	74,83	91,69569	Tourenm.	11	68,6	86,70679
1	3	72,51	89,20608	Tourenm.	11	68,6	86,70679
2	4	83,31	88,47634	Naked Bike	28	68,81	82,52953
2	5	74,67	85,4976	Tourenm.	34	74,5	87,79451
2	6	74,93	85,06214	Tourenm.	33	66,6	79,17503
3	7	77,93	95,58529	Tourenm.	68	72,54	86,33964
3	8	67,8	90,30723	Supersport	72	74,1	85,62208
4	9	75,07	92,22906	Supersport	94	67,65	83,58463
4	10	79,78	88,47529	Tourenm.	106	65,69	80,09133

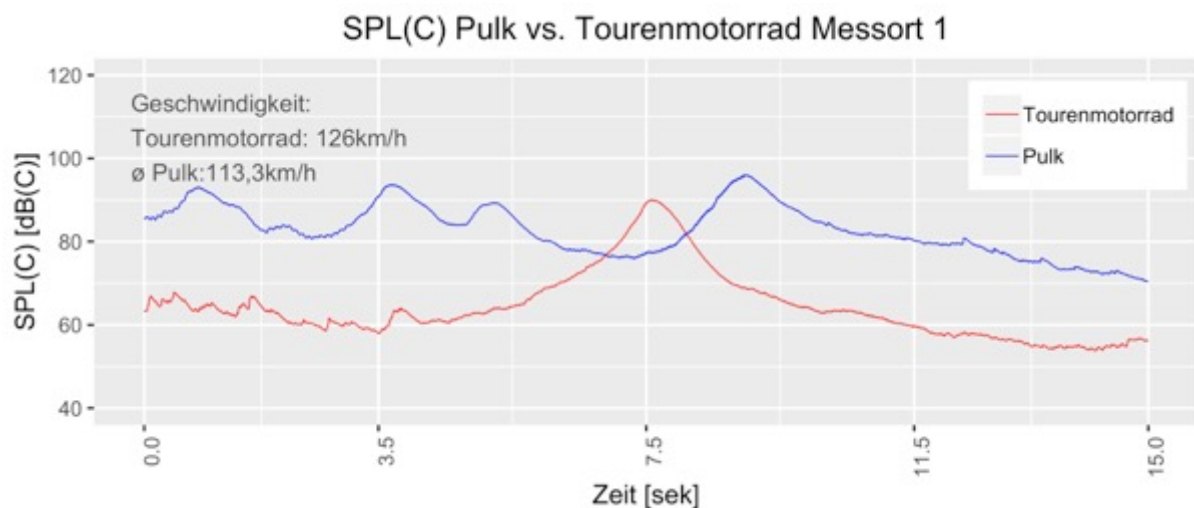


Abbildung 195: SPL(C) Pulk Messort 1

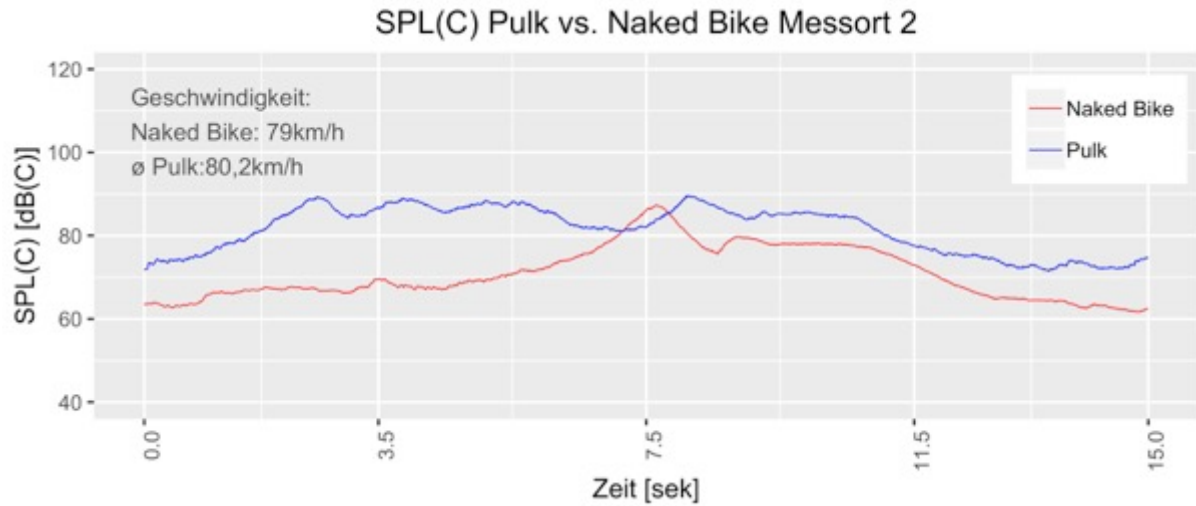


Abbildung 196: SPL(C) Pulk Messort 2

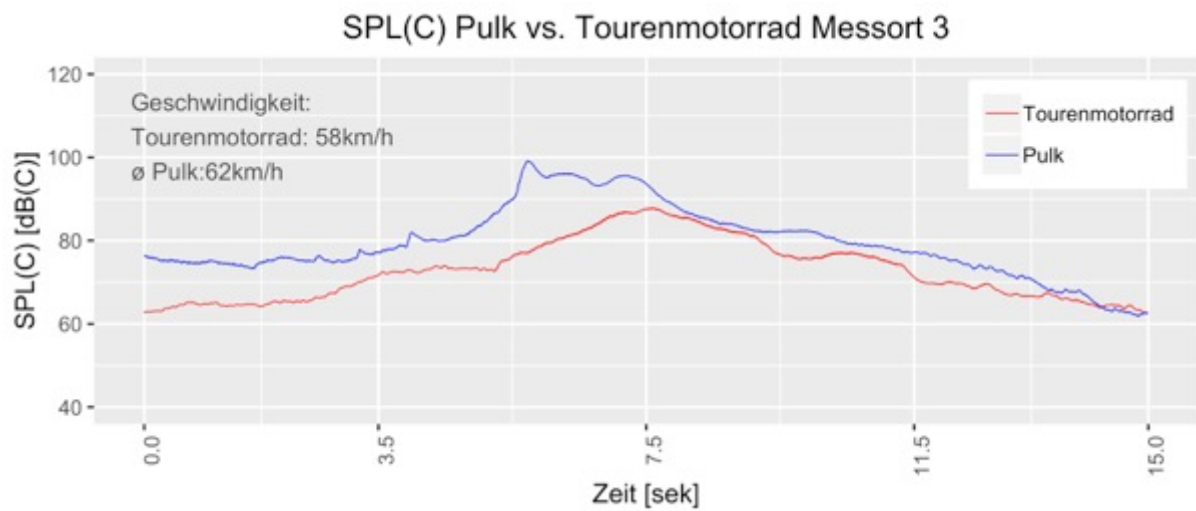


Abbildung 197: SPL(C) Pulk Messort 3

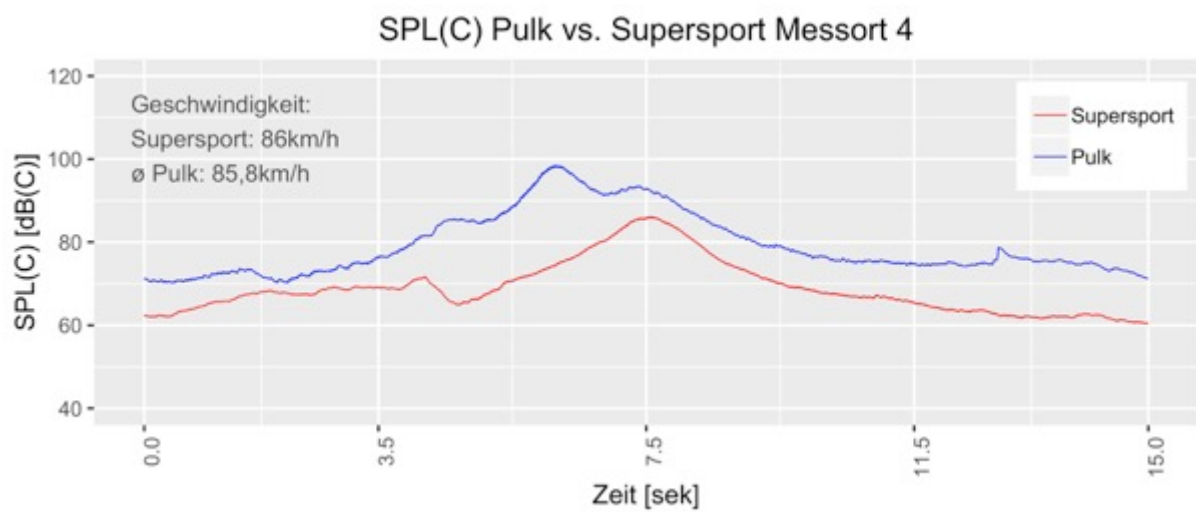


Abbildung 198: SPL(C) Pulk Messort 4

### 4.3.3 Lautheit

Bei den Vergleichen der Lautheit zwischen einem Einzelfahrzeug und einer Pulkfahrt in einem Messabstand von 7,50 m (Tabelle 122) ist zu erkennen, dass das 95. Perzentil der Lautheit in allen Vergleichen bei den Pulks höher liegt als bei den zu vergleichenden Einzelfahrzeugen. Im Vergleich der Abbildung 201 übertrifft die maximale Lautheit (bzw. das 95. Perzentil) des Pulks die des Einzelfahrzeuges um 56 Sone und damit um mehr als das Doppelte. In Abbildung 199 bis Abbildung 202 wurde pro Messstandort ein Vergleich von einem Pulk und einem Einzelfahrzeug grafisch dargestellt. Auch in den Vergleichen der größeren Messabstände (25 m und 50 m) übertreffen die Werte aller Pulks die der Motorräder sowohl beim Median als auch beim 95. Perzentil.

**Tabelle 122: Lautheit Pulk vs. Motorrad**

Messort	Pulk Nr.	Median	95. Perzentil	Fahrzeugart	Motorr. Nr.	Median	95. Perzentil
1	1	40,85	82,90758	Tourenm.	10	9,258	48,595085
1	2	20,49	66,26548	Tourenm.	11	15,798	53,70789
1	3	21,564	71,805593	Tourenm.	11	15,798	53,70789
2	4	35,82	63,31117	Naked Bike	28	16,63	40,38079
2	5	25,022	47,855022	Tourenm.	34	17,543	47,72586
2	6	21,596	46,249683	Tourenm.	33	12,806	31,845717
3	7	27,729	98,56658	Tourenm.	68	18,296	42,456203
3	8	14,721	72,912136	Supersport	72	19,18	40,72567
4	9	22,75	66,57476	Supersport	94	13,623	40,36695
4	10	33,926	64,43254	Tourenm.	106	13,674	37,949947

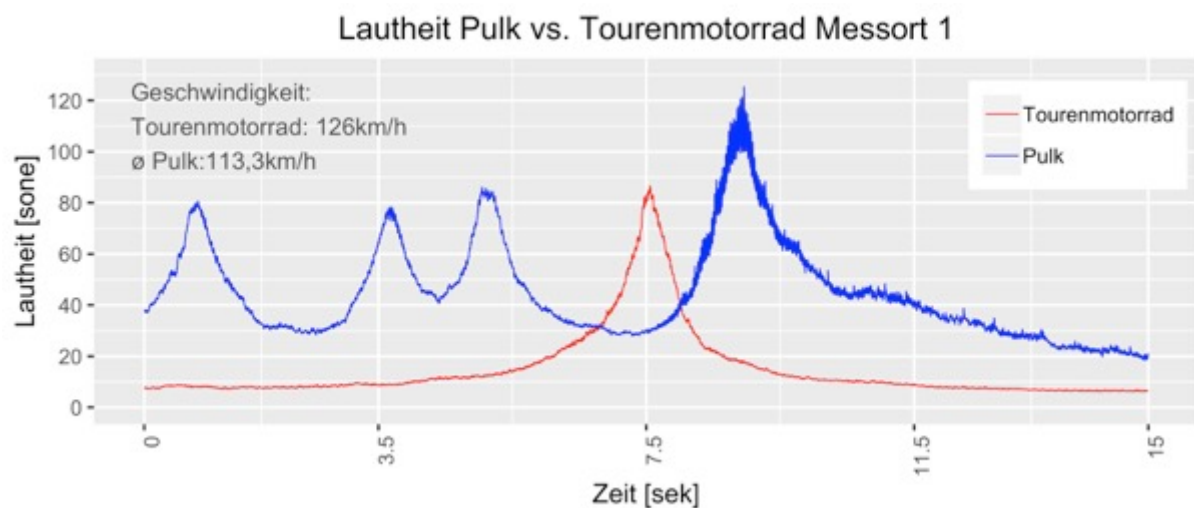


Abbildung 199: Lautheit Pulk Nr. 1 Messort 1



Abbildung 200: Lautheit Pulk Nr. 4 Messort 2



Abbildung 201: Lautheit Pulk Nr. 7 Messort 3

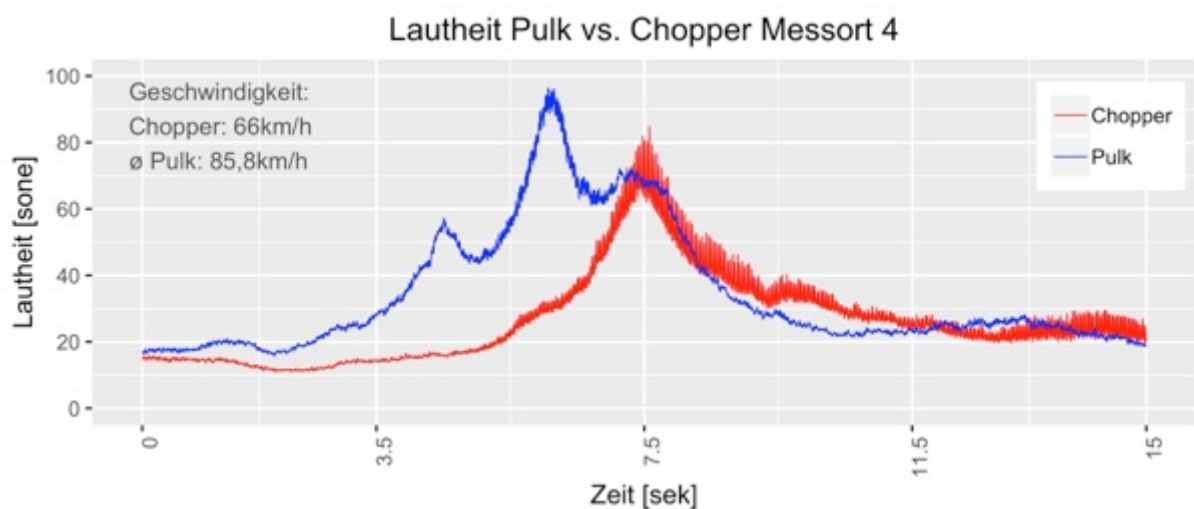


Abbildung 202: Lautheit Pulk Nr. 9 Messort 4

### 4.3.4 Rauigkeit

Bei der Gegenüberstellung der Rauigkeiten zwischen Pulk und Motorrad weisen die Pulks in 5 von 10 Vergleichen höhere Maximalwerte als die zu vergleichenden Motorräder auf. Wie in Tabelle 123 zu sehen ist, übersteigt die maximale Rauigkeit des Pulks die maximale Rauigkeit des Einzelfahrzeuges teilweise um den 10-fachen Wert (Pulk Nr. 1 vs. Motorrad Nr. 10). Beim Vergleich der größeren Messabstände (25 m und 50 m) übertreffen in 5 von 9 Gegenüberstellungen die Werte der Pulks die der Motorräder.

**Tabelle 123: Rauigkeit Pulk vs. Motorrad**

Messort	Pulk Nr.	Median	95. Perzentil	Fahrzeugart	Motorr. Nr.	Median	95. Perzentil
1	1	0,12687	0,77758963	Tourenm.	10	0,02377	0,07717505
1	2	0,03904	0,10002483	Tourenm.	11	0,08675	0,32411849
1	3	0,04022	0,09825712	Tourenm.	11	0,08675	0,32411849
2	4	0,05348	0,18516431	Naked Bike	28	0,04536	0,10529008
2	5	0,04306	0,07268734	Tourenm.	34	0,16942	0,4885408
2	6	0,04113	0,15432445	Tourenm.	33	0,03474	0,05326306
3	7	0,09726	0,29194673	Tourenm.	68	0,09624	0,71383563
3	8	0,05961	0,20504913	Supersport	72	0,06544	0,26768521
4	9	0,04756	0,27135385	Supersport	94	0,05869	0,11749439
4	10	0,06886	0,21415211	Tourenm.	106	0,02871	0,05530424

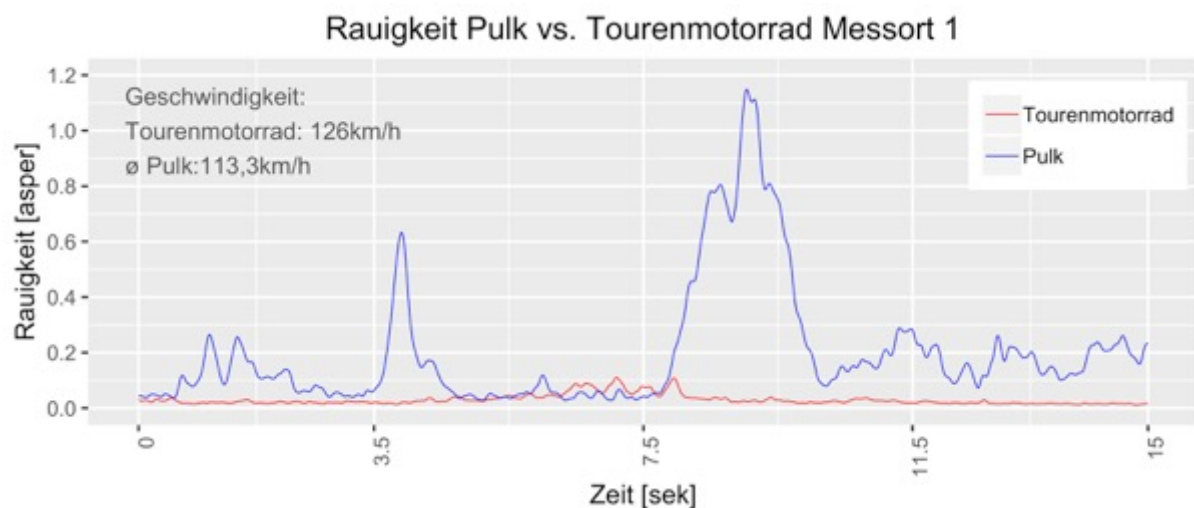


Abbildung 203: Rauigkeit Pulk Nr. 1 Messort 1



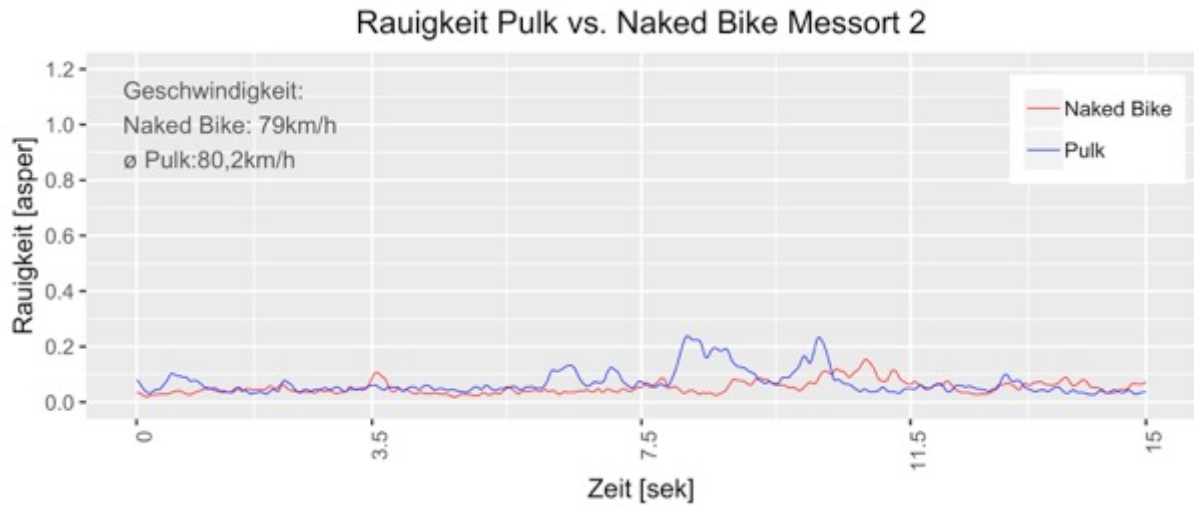


Abbildung 204: Rauigkeit Pulk Nr. 4 Messort 2

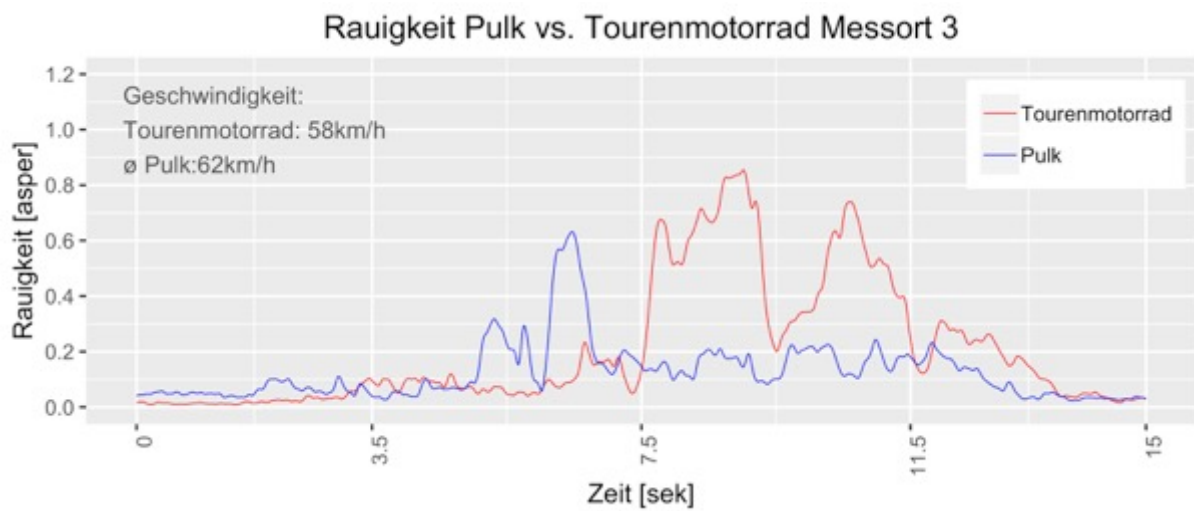


Abbildung 205: Rauigkeit Pulk Nr. 7 Messort 3

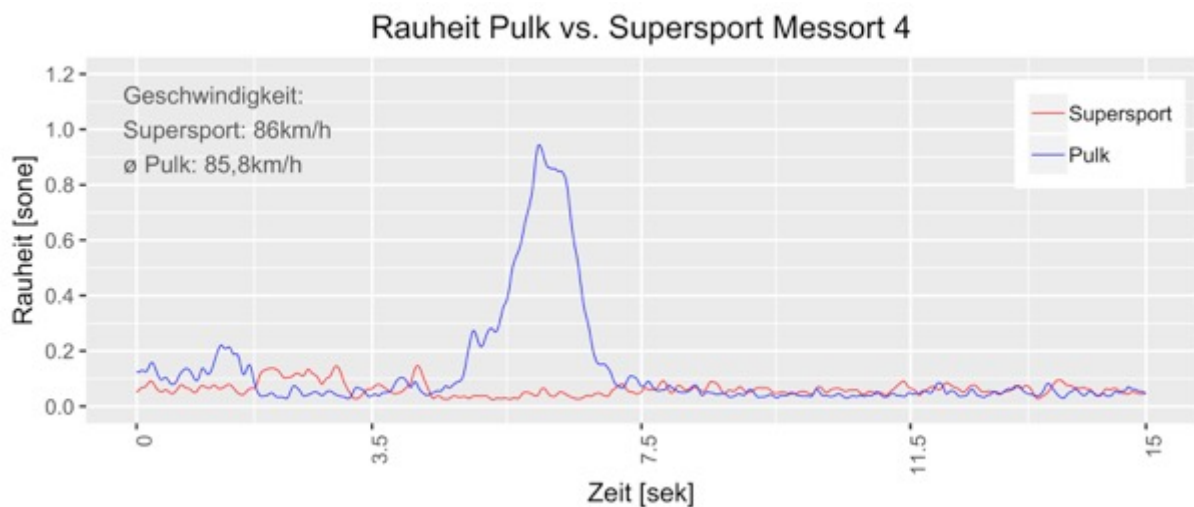


Abbildung 206: Rauigkeit Pulk Nr. 9 Messort 4

### 4.3.5 Schärfe

Bei Gegenüberstellung der Schärfemesswerte der Pulkfahrten und der Messwerte der Fahrten von Einzelfahrzeugen, wird die maximale Schärfe der Einzelfahrzeuge in 7 von 10 Fällen vom Pulk übertroffen. In Abbildung 207 bis Abbildung 210 wurde pro Messstandort ein Vergleich grafisch dargestellt. Beim Vergleich der Messungen in größeren Messabständen (25 m und 50 m) übertreffen 3 von 9 der verglichenen Pulks die Werte der Motorräder im 95. Perzentil und 5 der 9 Pulks im Median.

**Tabelle 124: Schärfe Pulk vs. Motorrad**

Messort	Pulk Nr.	Median	95. Perzentil	Fahrzeugart	Motorr. Nr.	Median	95. Perzentil
1	1	1,466	1,69283	Tourenm.	10	1,848	2,16601
1	2	1,419	1,548594	Tourenm.	11	1,428	1,641621
1	3	1,630	2,106156	Tourenm.	11	1,428	1,641621
2	4	1,354	1,724598	Naked Bike	28	1,312	1,459304
2	5	1,382	1,651423	Tourenm.	34	1,219	1,453956
2	6	1,332	1,692962	Tourenm.	33	1,449	1,603983
3	7	1,240	1,492877	Tourenm.	68	1,39	1,685988
3	8	1,646	2,484101	Supersport	72	1,26	1,635147
4	9	1,298	1,611939	Supersport	94	1,279	1,415742
4	10	1,303	1,576597	Tourenm.	106	1.375	1.531663

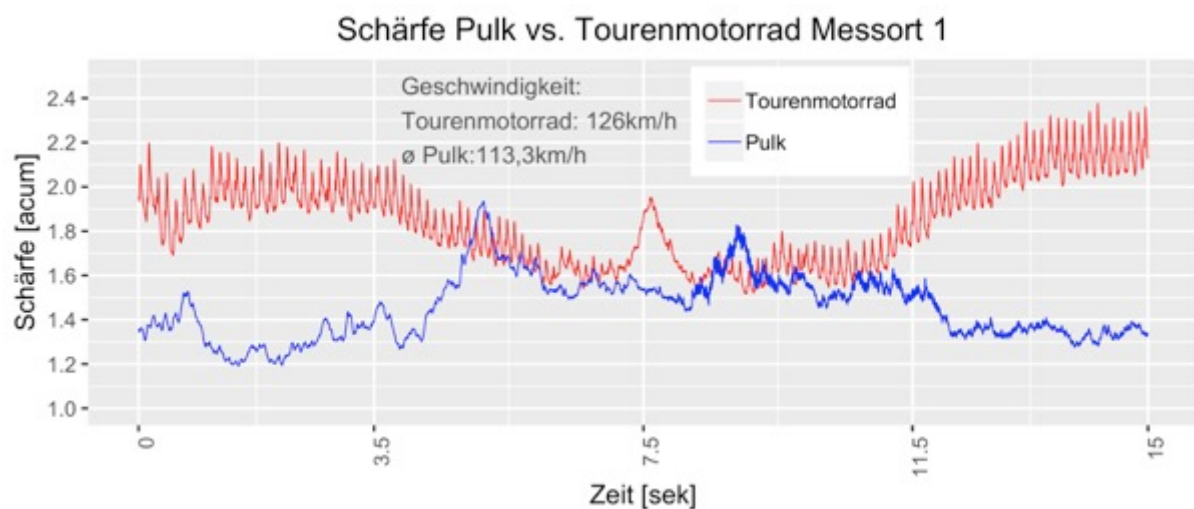


Abbildung 207: Schärfe Pulk Nr. 1 Messort 1





Abbildung 208: Schärfe Pulk Nr. 4 Messort 2



Abbildung 209: Schärfe Pulk Nr. 7 Messort 3



Abbildung 210: Schärfe Pulk Nr. 9 Messort 4

### 4.3.6 Schwankungsstärke

Bei den Vergleichen der Schwankungsstärke unterscheiden sich in den grafischen Vergleichen vor allem die Pulkfahrt und die Einzelfahrt an Messort 1 (Abbildung 211) sowie Messort 3 (Abbildung 213) sehr stark. Das Maximum der Schwankungsstärke von Pulk Nr. 7 übersteigt das Maximum von Motorrad Nr. 68 um beinahe das 10-fache. Insgesamt liegen die maximalen Schwankungsstärken der Pulks in 10 von 10 Vergleichen höher als die der Einzelfahrzeuge. Beim Vergleich der größeren Messabstände (25 m und 50 m) übertreffen in 6 von 9 Gegenüberstellungen die Werte der Pulks die der Motorräder.

**Tabelle 125: Schwankungsstärke Pulk vs. Motorrad**

Messort	Pulk Nr.	Median	95. Perzentil	Fahrzeugart	Motorr. Nr.	Median	95. Perzentil
1	1	0,028148	0,08292375	Tourenm.	10	0,004514	0,04556061
1	2	0,007036	0,03178272	Tourenm.	11	0,003272	0,03045178
1	3	0,005105	0,0363353	Tourenm.	11	0,003272	0,03045178
2	4	0,008106	0,0167827	Naked Bike	28	0,006041	0,01651882
2	5	0,00593	0,01508546	Tourenm.	34	0,00528	0,01395998
2	6	0,005583	0,02014233	Tourenm.	33	0,00328	0,005383094
3	7	0,00954	0,10587422	Tourenm.	68	0,005529	0,01182341
3	8	0,004416	0,02793695	Supersport	72	0,003772	0,00664276
4	9	0,005485	0,02385228	Supersport	94	0,004713	0,01527827
4	10	0,007348	0,01881666	Tourenm.	106	0,005148	0,01780811

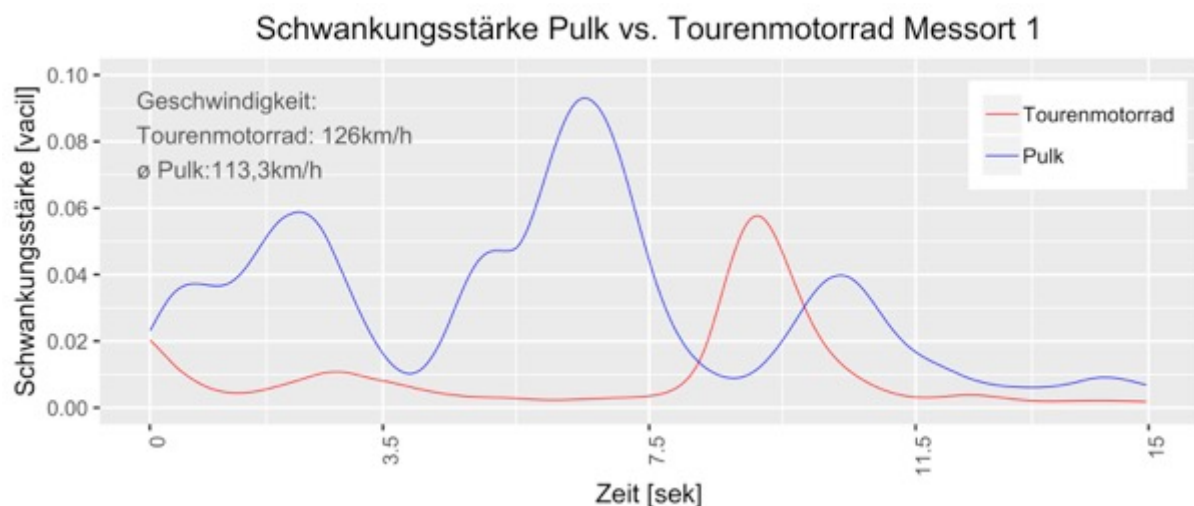


Abbildung 211: Schwankungsstärke Pulk Nr. 1 Messort 1



Abbildung 212: Schwankungsstärke Pulk Nr. 4 Messort 2



Abbildung 213: Schwankungsstärke Pulk Nr. 7 Messort 3



Abbildung 214: Schwankungsstärke Pulk Nr. 9 Messort 4

### 4.3.7 Zusammengefasste Ergebnisse der analysierten Pulkfahrten

Bei allen betrachteten akustischen und psychoakustischen Messgrößen der Pulkfahrten übersteigen die Werte der Pulks die der Einzelfahrzeuge in einem Messabstand von 7,50 m meist eindeutig, mit Ausnahme der Schärfe. Dabei war vor allem bei der Lautheit deutlich zu erkennen, dass mit steigender Anzahl der Motorräder auch eine Erhöhung der Lautheit einhergeht. Bei der Lautheit wiesen die Pulks bis zu doppelt so hohe Werte wie die Einzelfahrzeuge auf. Bei Rauigkeit sowie Schwankungsstärke lagen die gemessenen Werte sogar um ca. das 10-fache höher als bei den Einzelfahrzeugen. Beim A-bewerteten Schalldruckpegel lag das Maximum der Pulks um bis zu 17 dB(A) höher als bei dem zu vergleichenden Einzelfahrzeug. Der maximale SPL(C) der Pulks übertraf den der Einzelfahrzeuge um bis zu 10 dB(C). Auch wurden teils leisere Fahrzeuge (PKWs) von lauterer maskiert. Diese deutliche Erhöhung war zu erwarten, da sich Schalldruckpegel summieren und somit auch zwei gleich hohe Schalldruckpegel lauter als ein einzelner sind. Auch bei den größeren Messabständen (25 m und 50 m) lagen die Werte der Pulks meist eindeutig höher als die der Einzelfahrzeuge. Werden die Werte in größeren Messabstände verglichen, verringern die Pulks ihre Messwerte in den meisten Fällen mit steigender Distanz mehr als die Einzelfahrzeuge. Durch die größere Anzahl an einzelnen Fahrzeugen in einem Pulk weisen diese, im Vergleich zu einem Einzelfahrzeug, mehrere Spitzen in den Verläufen der akustischen sowie psychoakustischen Kenngrößen auf. Dadurch, dass der Schalldruckpegel zwischen den einzelnen Fahrzeugen nicht auf den Grundschallpegel abfallen kann, erhöhen sich die Werte mit jedem weiteren Motorrad im Pulk etwas mehr. Aus Erfahrungswerten ist bekannt, dass Motorradfahrer oft in Pulks unterwegs sind, wodurch eine Betrachtung sowie Bewertung von einzelnen Motorrädern nicht immer ausreichend ist.

## 5 Ergebnis der Befragung

Um die Ergebnisse und Erkenntnisse der psychoakustischen Messungen zu unterstützen, wurden im Rahmen einer mündlichen sowie einer Online Befragung die Meinungen einiger Anrainer zum Thema Motorradlärm eingeholt. Insgesamt konnten dadurch 41 Personen befragt werden, 25 Probanden aus der mündlichen und 16 aus der Online Befragung. Dabei wurde, wie bereits in Kapitel 3.3 beschrieben, das Belästigungspotenzial vom Verkehrslärm auf die Anrainer der Südsteirischen Grenzstraße B69 mittels eines vorab definierten Fragebogens (vgl. Abbildung 33) ermittelt. Mit Hilfe dieser Befragungen soll ermittelt werden, welche Fahrzeuggruppe von den Anrainern am störendsten empfunden wird und wie sich eine mögliche Beeinträchtigung, sowohl im täglichen Leben als auch in Anbetracht der Gesundheit und Psyche, durch den vorherrschenden Verkehrslärm an der B69 äußert. Unter anderem wird der Fokus auch auf mögliche Maßnahmen, welche gegen den derzeitigen Verkehrslärm durchgeführt werden könnten, gelegt. Eine genaue Beschreibung des Fragebogens ist in Kapitel 3.3 zu finden. Um die Antworten der Anrainer zum Thema Verkehrslärm zu verdeutlichen, werden in diesem Kapitel alle Antworten der Fragebögen ausgewertet und ein Teil davon grafisch sowie tabellarisch dargestellt. Die Antworten des gesamten Fragebogens befinden sich im Anhang [16].

Wie in Tabelle 126 zu sehen ist, nahmen an der Befragung der 41 Probanden, welche sich in 29 Frauen und 22 Männer aufspalten, teil. Das Durchschnittsalter der Frauen beträgt dabei 50,95 Jahre und das der männlichen Teilnehmer 40,59 Jahre. Bei der Ermittlung des störendsten Verkehrsgeräusches liegt, mit 38 Stimmen, die Sparte der Motorräder eindeutig an erster Stelle (Abbildung 215). Dabei war es für die Teilnehmer möglich, eine Mehrfachauswahl zu treffen (z.B. Motorräder und LKWs).

**Tabelle 126: Auswertung Fragebogen**

Geschlecht	Anzahl	Ø Alter	Ø Störfaktor Verkehrslärm (1-10)	Ø Beeintr.stärke Alltag (1-10)	Aussetzung Verkehrslärm [h]	Maßnahmen gegen Verkehrslärm		
						Ja	Nein	Vl.
weiblich	19	50,95	7,58	6,16	16,9	14	4	1
männlich	22	40,59	8,41	7,09	12,6	19	-	3

22 der 41 Probanden werden im täglichen Leben vom Verkehrslärm im Bereich Entspannung eingeschränkt, wie in Abbildung 216 zu sehen ist. Dies ist darauf zurückzuführen, da viele der befragten Anrainer ihre Freizeit gerne im Garten oder auf ihrer Terrasse verbringen, wodurch der Verkehrslärm durch die Nähe zur Hauptstraße sehr präsent ist. Weiters werden auch Konzentration und Schlaf bei einem Großteil der Teilnehmer beeinflusst, lediglich 4 Probanden gaben an, keine Beeinträchtigung durch den Verkehrslärm im Alltag zu erfahren.

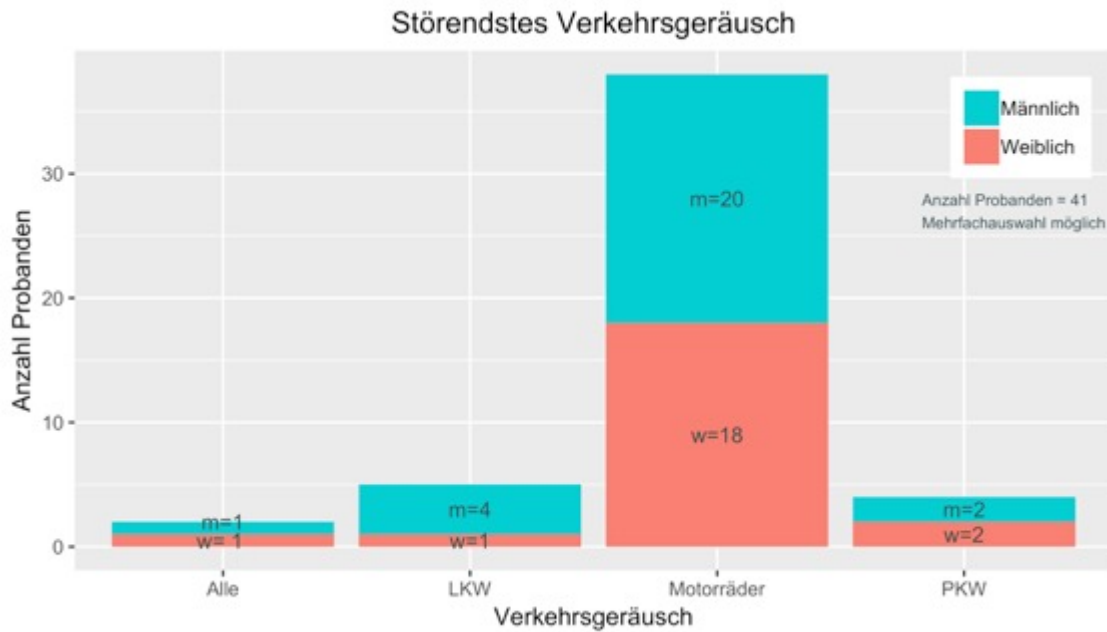


Abbildung 215: Störendstes Verkehrsgeräusch

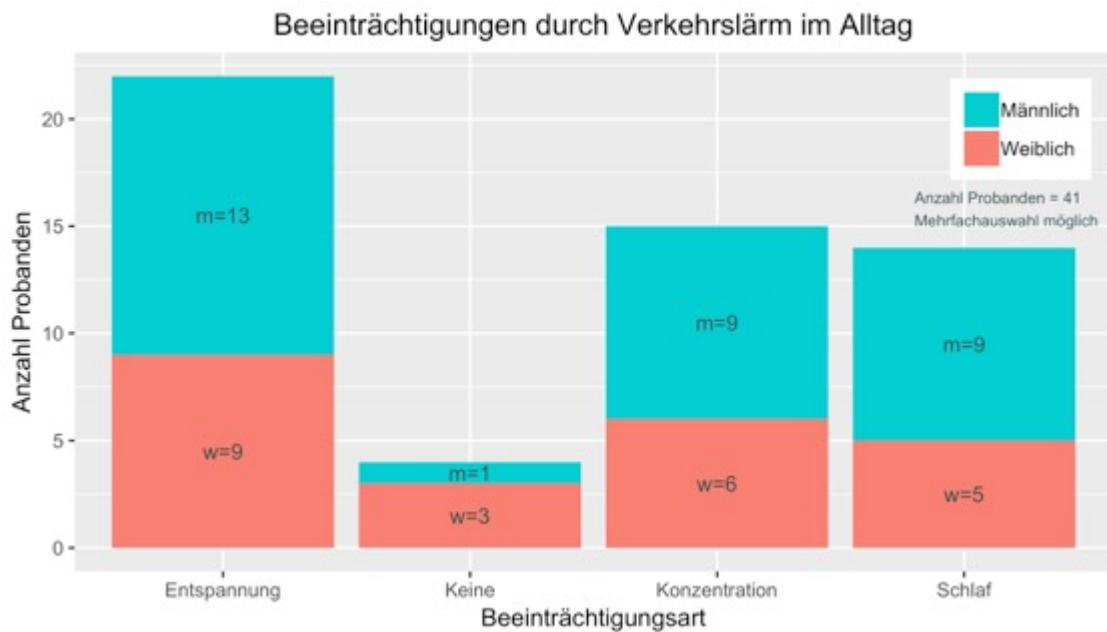


Abbildung 216: Beeinträchtigungen durch Verkehrslärm im Alltag

Auf die Frage, ob eine Beeinträchtigung im psychischen oder gesundheitlichen Bereich aufgrund des Verkehrslärms vorliegt, gaben 5 Personen an, bereits gesundheitlich (z.B. Tinnitus) davon beeinträchtigt zu sein und 6 Personen gaben an, eine psychische Beeinträchtigung aufgrund des Verkehrslärms zu erfahren (Abbildung 217).

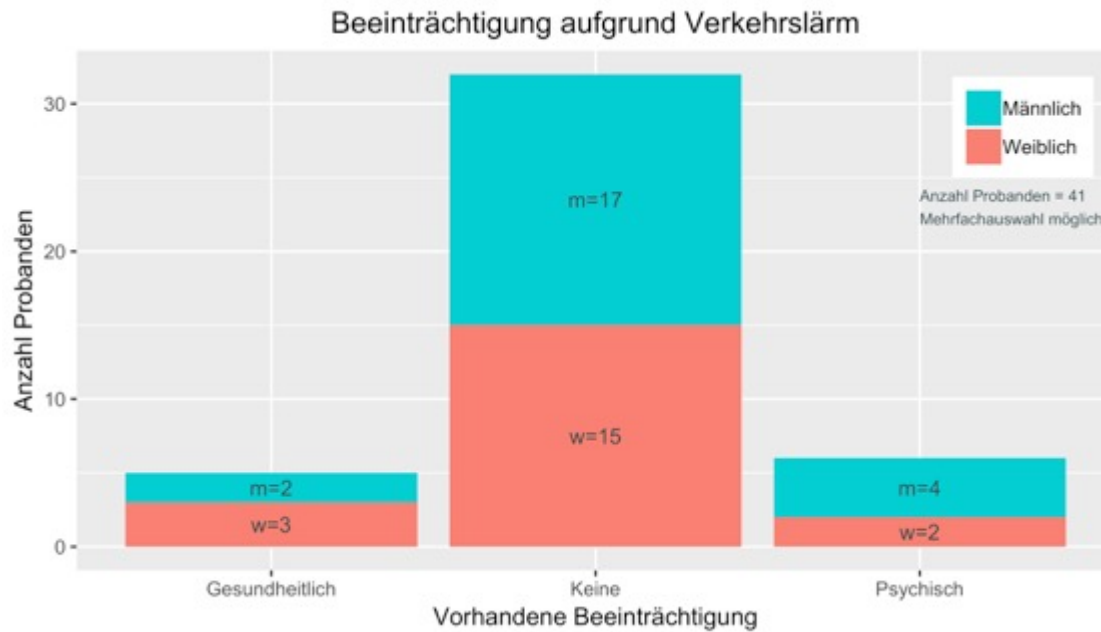


Abbildung 217: Beeinträchtigung aufgrund des Verkehrslärms

Der Großteil der Probanden spricht sich für die Durchführung von Maßnahmen gegen den Verkehrslärm aus (siehe Tabelle 126). Dabei werden Geschwindigkeitsbegrenzungen sowie Bußgelder als sinnvollste Maßnahmen angesehen. Die genaue Verteilung der von den Probanden bevorzugten Maßnahmen gegen den Verkehrslärm ist in der Abbildung 218 dargestellt, wobei eine Mehrfachauswahl möglich war. Anzumerken ist außerdem, dass die Maßnahme "Kontrollen" nicht als reguläre Alternative im Fragebogen zur Verfügung stand, allerdings haben 11 Probanden im Feld "Sonstige Maßnahmen" auf den Wunsch von verstärkten Kontrollen an der B69 plädiert, weshalb dieser Punkt in die Grafik miteingebunden wurde.

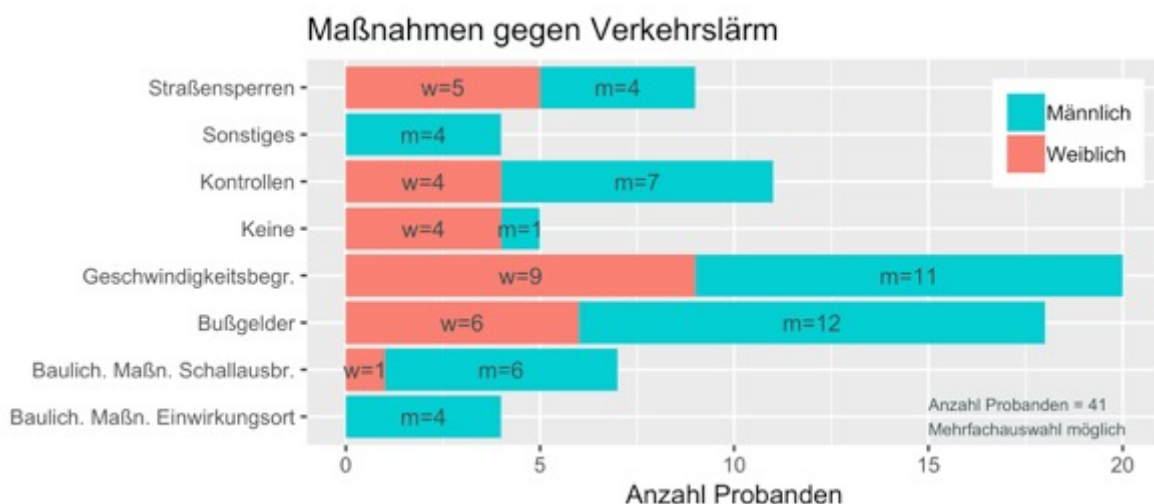


Abbildung 218: Maßnahmen gegen Verkehrslärm

Im Fragebogen wurde auch Rücksicht auf die persönliche Meinung der Probanden genommen, sowie sonstige erwünschte Maßnahmen gegen den Verkehrslärm hinterfragt. Dabei wurde auch des Öfteren auf den LKW Verkehr hingewiesen, da auch dieser, neben dem Motorradlärm, ein Problem an der B69 darstellt. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der LKW Verkehr ausschließlich unter der Woche



vorherrschend, da für Wochenenden ein LKW-Fahrverbot herrscht. Wünschenswert sind, laut Anrainer, vermehrte Kontrollen durch Polizei sowie durch fixe Radargeräte als auch Geschwindigkeitsbeschränkungen und sogar Fahrverbote für LKWs sowie Motorräder. Auch werden Kinder sowie jene Anrainer, die in den Nachtstunden arbeiten und somit tagsüber unter Schlafproblemen aufgrund des Verkehrslärms leiden, stark dadurch beeinträchtigt. Neben dem Problem des verstärkten Verkehrslärms durch Motorräder treten, laut der Befragung, durch die erhöhte Motorradichte und deren hohe Geschwindigkeiten auch vermehrt Unfälle auf. Die hohe Verkehrsdichte wird von den Anrainern sowohl als Problem für den Menschen als auch als Nachteil für das Ökosystem angesehen. Ein Teil der Befragten verwies allerdings auch darauf, dass mit dem Motorradverkehr der Tourismus einher zieht, weshalb es unwirtschaftlich wäre, Maßnahmen gegen den Motorradverkehr vorzunehmen. Wünschenswert wären unter anderem auch Geschwindigkeitsanzeigen und Verkehrsschilder mit Leuchtfunktion, wobei letzteres auf der Soboth vorhanden ist, aber laut Anrainer schon seit geraumer Zeit außer Betrieb ist. Ein weiterer Anrainer schilderte, dass bereits Lärmschutzmauern beantragt wurden, die Kosten der Errichtung müssten allerdings von den Bewohnern selbst getragen werden. Lärmschutzfenster sind teilweise schon vorhanden, diese müssten aber zumindest von 3 nebeneinander liegenden Wohnhäusern beantragt werden, damit sie in weiteren Häusern eingebaut werden.



## 6 Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerung

Im folgenden Kapitel werden Interpretationen aus den zuvor gewonnenen Ergebnissen der Messungen, Analysen und Befragungen geschlossen sowie eine anschließende Schlussfolgerung daraus gezogen.

### 6.1 Gesamtmessungen

Durch die Analysen der Gesamtmessungen konnte festgestellt werden, dass erwartungsgemäß Motorräder teils sehr viel höhere Geschwindigkeiten als PKWs aufweisen. Da die Geschwindigkeit bei den meisten akustischen und psychoakustischen Kenngrößen einen stark signifikanten Einfluss auf deren Messstärke hat, liegen die Werte der Motorräder in Folge auch meist höher, wodurch es wiederum zu einer stärkeren Belästigungswirkung kommt. Teilweise sind auch zwischen den Geschwindigkeiten der einzelnen Motorradtypen signifikante Unterschiede vorhanden, da diese sich oft stark in ihrem Fahrverhalten unterscheiden. Da das Geschwindigkeitsverhalten signifikant von den Streckenbedingungen abhängig ist, wie in weiterer Folge bei den Analysen der Einzelmessungen festgestellt wurde, ist es unzureichend, Lärmmessungen lediglich an geraden Straßenstücken, ohne Steigungen, durchzuführen, wie es in den EU-Verordnungen Nr. 97/24/EG und Nr. 540/2014 der Fall ist. Dadurch kann das tatsächliche vorherrschende Lärmpotential von Fahrzeugen nicht realistisch abgebildet werden. Auch ist eine Ermittlung weiterer akustischer und psychoakustischer Messwerte, neben dem SPL(A), notwendig, um den vorherrschenden Gesamtverkehrslärm möglichst wirklichkeitsnah abzubilden, da eine reine Betrachtung des SPL(A), wie es in den EU-Richtlinien der Fall ist, eine einseitige Betrachtung des Lärmpotentials darstellt. Denn auch wenn der SPL(A) eines Messortes im Vergleich mit anderen Messorten am niedrigsten ist und er somit als der leiseste Messort erscheint, kann sich durch die Betrachtung anderer akustischer und psychoakustischer Messgrößen dieses Ergebnis komplett verändern. Vor allem in Bezug auf Verkehrslärm ist eine ledigliche Betrachtung des SPL(A) unzureichend, da durch die A-Bewertung nicht explizit auf die tieffrequenten Geräuschanteile Rücksicht genommen wird, welche aber besonders im Verkehrslärm stark vertreten sind. Weiters kann aus den Ergebnissen der Gesamtmessung interpretiert werden, dass sich die Lärmausbreitung mit steigender Distanz zur Straße an unterschiedlichen Messorten unterschiedlich verhält. Dies konnte durch Messungen in unterschiedlichen Distanzen festgestellt werden. In der EU-Norm werden jedoch ausschließlich Messungen in einer Distanz von 7,50 m vorgenommen, wodurch die Lärmbelastung in bebautem Gebiet nicht betrachtet wird, sondern nur unmittelbar neben der Straße. Dadurch wird der Aspekt der Lärmbelastung des Menschen außer Acht gelassen.

### 6.2 Einzelmessungen

Die Ermittlung des SPL(A) erfolgt in den EU-Verordnungen Nr. 97/24/EG und Nr. 540/2014 unter weitestgehend optimalen Umgebungsbedingungen (wie z.B. ebenes Gelände, trockene Oberfläche und keine Hindernisse), welche in der Realität meist nicht gegeben sind. Enge Radien, Steigungen und die Umgebungsbedingungen des Messortes beeinflussen, laut den Analysen der Einzelmessungen, die akustischen und psychoakustischen Werte der Fahrzeuge teils sehr stark. Auch durch vorhandene Hindernisse, welche unter anderem Reflexionen des Schalls hervorrufen, besteht die Möglichkeit der Erhöhung des Schalls.

Des Weiteren wurden die EU-Verordnungen bezüglich der zulässigen Grenzwerte der Fahrzeuggeräusche unter Laborbedingungen aufgestellt und haben somit wenig mit dem realitätsnahen Lärmvorkommnissen zu tun. Dabei werden die Messungen für die

Motorradtypisierungen beispielsweise mit genau vorgegebenen Geschwindigkeiten sowie vorgegebener Gangwahl und Drehzahl durchgeführt, welche in der Realität jedoch meist stark variieren. Da die Geschwindigkeiten stark signifikante Einflüsse auf die akustischen und psychoakustischen Messwerte besitzen, ist eine Prüfung unter vereinheitlichten Randbedingungen unzureichend, um das tatsächliche Lärmpotential zu ermitteln.

In diesen Bereichen wäre eine Adaption der Grenzwerte, unter der Berücksichtigung realer Bedingungen, von Vorteil, da durch Laborbedingungen während den Lärmmessungen kein realistisches Bild des tatsächlichen Verkehrslärms geschaffen werden kann.

Wie aus den direkten Vergleichen von Motorrädern und PKWs zu erkennen ist, weisen PKWs teilweise einen höheren SPL(A) als Motorräder mit ähnlichen Geschwindigkeiten auf. Dies kann durch die Ergebnisse der Frequenzbewertung erklärt werden, da PKWs meist im Bereich von 400-1.600 Hz den höchsten SPL aufweisen und genau in diesem Frequenzbereich wird bei der A-Bewertung am stärksten bewertet. Würde nur der SPL(A) betrachtet werden, könnte die tatsächliche Lärmbelastung, welche durch Motorräder erzeugt wird, durch Schalldruckpegelmessungen nicht erkannt werden. Bei zusätzlicher Betrachtung weiterer akustischer und psychoakustischer Größen, neben dem SPL(A), stellen sich jedoch die Motorräder als deutlich "lauter" heraus. Durch diese einseitige Betrachtung des vorherrschenden Verkehrslärms wird nur ein Bruchteil der psychoakustischen Einflüsse, welche das Gesamtbild des Lärmempfindens darstellen, abgedeckt. Bei der Bewertung von Verkehrslärm, in welchem vor allem beim Motorradlärm erhöhte Messwerte im tieffrequenten Bereich vorliegen, ist, laut den Ergebnissen dieser Arbeit, eine reine Beurteilung durch die Betrachtung des SPL(A) unzureichend.

Ein weiteres Problem ist auch, dass die Hörbarkeit der meisten Motorräder deutlich länger vorhanden ist, als die der PKWs. Dies wird aber in keiner EU-Verordnung berücksichtigt, trägt jedoch zur Belästigungswirkung bei, da ein Geräusch, welches ohnehin schon als lästig empfunden wird, durch die längere Hörbarkeit vermutlich in seiner Lästigkeit gesteigert wird. Aufgrund dieser längeren Hörbarkeit der Motorräder werden Menschen in ihrem alltäglichen Leben länger beeinträchtigt (Konzentration, Entspannung, Schlaf) als durch PKWs. In den EU-Verordnungen werden die Grenzwerte der Motorräder nur durch das Volumen des Hubraums festgelegt, es wird aber keine Unterscheidung der einzelnen Fahrzeugtypen gemacht. Diese besitzen jedoch auf alle akustischen sowie psychoakustischen Messgrößen einen stark signifikanten Einfluss, wodurch eine separate Betrachtung der Fahrzeugtypen sinnvoll wäre. Des Weiteren wird in der RVS 04.02.11, welche sich mit dem Lärmschutz und der Berechnung von Schallemissionen beschäftigt, die Gruppe der Motorräder nicht betrachtet, sondern nur PKWs sowie LKWs. Da sich durch die Analysen in dieser Arbeit aber signifikante Unterschiede zwischen PKWs und Motorrädern herausstellten, wäre hier eine Adaption der Fahrzeuggruppe der Motorräder von hoher Bedeutung sowie auch eine Betrachtung von mehreren akustischen und psychoakustischen Messwerten, neben dem bereits betrachteten SPL(A).

### **6.3 Pulkfahrten**

Ein Problem ist, dass im Gegensatz zu den PKWs, Motorräder häufiger in Gruppen, den so genannten Pulks, auftreten. Diese Gruppenfahrten stellen eine stark belastende Verkehrssituation dar, denn durch die große Anzahl an Motorrädern entsteht eine langanhaltende Geräuschbelastung, welche mit jedem weiteren Fahrzeug stärker ausgeprägt wird. Durch die hohe Anzahl an unterschiedlichen Geräuschquellen sind die akustischen und psychoakustischen Messwerte meist viel stärker ausgeprägt als bei Einzelfahrzeugen. Im Unterschied zu PKWs ist es bei Motorrädern teilweise üblich, dass sie sehr

dicht hintereinander, bzw. auch nebeneinander fahren. Dadurch entsteht, je nach Pulkgröße, eine starke, langanhaltende Lärmquelle, welche nicht durch Ruhephasen unterbrochen wird. Durch diese langandauernden Lärmquellen ist es nur schwer möglich Gespräche, welche beispielsweise im Freien stattfinden, aufrecht zu erhalten. Auch findet dadurch teilweise eine starke Störung von Ruhe- oder Konzentrationsphasen der Anrainer statt. Auch hier ist eine Betrachtung mehrerer akustischer und psychoakustischer Kenngrößen wichtig, da sich die Ergebnisse stark voneinander unterscheiden können.

## **6.4 Befragung**

Aus den Ergebnissen der Befragungen lässt sich schließen, dass im Bereich der B69 vor allem direkte Anrainer vorrangig durch Motorradlärm gestört werden. Dabei werden die Menschen großteils während der Entspannung, Konzentration oder dem Schlaf beeinträchtigt. Der vorhandene Verkehrslärm stellt eventuell sogar ein gesundheitliches sowie psychisches Problem für die Anrainer dar. Um den Verkehrslärm einzudämmen wäre es notwendig, Maßnahmen wie Geschwindigkeitsbegrenzungen, Bußgelder, etc. durchzusetzen. Das Problem daran ist allerdings, dass mit den Motorrädern auch der Tourismus in diesem Gebiet einhergeht und dieser durch Verbote geschwächt werden könnte. Auf dieses sowie weitere Probleme wird im Kapitel 7 noch genauer eingegangen. Nur wenige Menschen fühlen sich in der Gegend, unmittelbar an der Südsteirischen Grenzstraße, nicht vom Motorradlärm gestört und diejenigen, die kein Problem damit haben, sind meist selbst Motorradfahrer. Dadurch gestaltet es sich als schwierig eine Lösung gegen das Lärmproblem zu finden, mit welcher der Großteil der Anrainer zufrieden ist. Fakt ist aber, dass vor allem gegen den Motorradlärm etwas unternommen werden sollte, wenn die Bedürfnisse des Großteils der Befragten befriedigt werden sollen. Durch die Befragungen wurde deutlich, dass das persönliche Empfinden nicht vollkommen durch Messwerte abgedeckt werden kann, da sich die subjektive Wahrnehmung von Mensch zu Mensch unterscheidet. In den betreffenden EU-Richtlinien werden die subjektiven Empfindungen der Menschen bezüglich des Lärmpotentials der Fahrzeuge nicht berücksichtigt, daher wäre eine Adaption dessen sinnvoll.

## **6.5 Schlussfolgerung**

Obwohl die Grenzwerte für PKWs sowie LKWs in der EU-Verordnung 540/2014 gesenkt wurden, wurde die Verordnung für Motorräder seit dem Jahr 1997 nicht verändert [EP, 1997], womit seit über 20 Jahren dieselben Grenzwerte für die Typisierung von Motorrädern in der EU vorliegen. Allerdings hat sich auch bei der EU-Verordnung 540/2014 hinsichtlich der Methode zur Ermittlung der Fahrzeuggeräusche nicht viel verändert, denn wie in den meisten Richtlinien und Normen wird auch in den EU-Verordnungen Nr. 97/24/EG sowie Nr. 540/2014 nur der A-bewertete Schalldruckpegel zur Bewertung von zulässigen Grenzwerten bzw. Richtwerten herangezogen.

In den EU-Verordnungen werden somit weder psychoakustische Kenngrößen noch realitätsnahe Bedingungen oder das subjektive Empfinden des Menschen zur Ermittlung der Grenzwerte berücksichtigt. Wie die Analysen und Bewertungen dieser Arbeit zeigen, spielen sehr viele unterschiedliche Aspekte bei der korrekten Ermittlung vom vorherrschenden Lärmpotential eine signifikante Rolle. Eine einseitige Betrachtung des SPL(A), welche unter Laborbedingungen erfolgt, wie es derzeit in den EU-Verordnungen der Fall ist, ist somit für die Ermittlung des vorherrschenden Verkehrslärms unzureichend. Dadurch kann es zu einem verfälschten Bild des tatsächlichen Motorradlärms und somit zu einer unzureichenden Beurteilung kommen.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Punkte dieser Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick der derzeitigen Situation durch die Erkenntnisse aus dieser Arbeit gegeben. Im Rahmen des Ausblicks werden mögliche Lösungsansätze sowie damit einhergehende Probleme und ein Resümee daraus behandelt.

### 7.1 Zusammenfassung

In Österreich, und damit auch der Steiermark, ist der Motorradverkehr und die damit einhergehende Verkehrslärmbelastung, vor allem im ländlichen Gebiet, stark vertreten. So auch an der Südsteirischen Grenzstraße B69, im Gebiet der Ortschaft Soboth. Dies stellt teilweise eine starke Belastung für die hiesigen Anrainer dar. In den bisher vorhandenen Normen und Richtlinien, wie zum Beispiel der EU-Verordnung Nr. 97/24/EG, welche sich mit bestimmten Bauteilen und Merkmalen von zweirädrigen und dreirädrigen Kraftfahrzeugen beschäftigt, wird das Lärmpotential von Motorrädern lediglich durch den A-bewerteten Schalldruckpegel und mittels Messungen unter Laborbedingungen bestimmt. Somit werden akustische und psychoakustische Kenngrößen, wie der C-bewertete Schalldruckpegel, Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke, in dieser Verordnung außer Acht gelassen, genauso wie reale Strecken- und Fahrzeugbedingungen. Da diese Aspekte jedoch eine wesentliche Rolle zur realistischen Abbildung des vorherrschenden Verkehrslärms darstellen, wurde im Zuge dieser Arbeit mittels Gesamtlärm- und Einzellärmmessungen sowie Befragungen der Anrainer an der B69, das tatsächliche Lärmpotential, mit dem Hauptfokus auf den Motorradlärm, ermittelt. Dabei wurde die EU-Verordnung Nr. 97/24/EG als Grundlage herangezogen und auf realistische Bedingungen umgelegt. Zu Beginn wurde eine Literaturrecherche mit den Hauptthemen Grundlagen der Akustik, Lärm, Psychoakustik und Statistik durchgeführt.

Nachfolgend wurde vorerst ein Messkonzept erstellt, in welchem die verwendeten Messgeräte, der Ort der Messung, die Anordnung der Messgeräte sowie die Abläufe und die Dokumentation der Messungen definiert wurden. Als Messgeräte wurden zwei Kunstköpfe ausgewählt, welche in weiterer Folge in unterschiedlichen Abständen zur betrachteten Fahrstreifenachse errichtet werden. Zur unterstützenden Geschwindigkeitsmessung wurde ein Seitenradar gewählt. Als Ort der Messung wurden vier Standpunkte mit unterschiedlichen Streckeneigenschaften bestimmt. Dafür wurden, vorerst theoretisch, eine Gerade ohne signifikanter Steigung, eine Kurve ohne signifikante Steigung, eine Gerade mit signifikanter Steigung sowie eine Kurve mit signifikanter Steigung gewählt. Dabei war es wichtig, dass genügend Platz für die Aufstellung der Kunstköpfe (mindestens 50 m ab der zu betrachtenden Fahrstreifenachse) vorhanden ist, außerdem sollten möglichst keine Hindernisse und Lärmquellen, welche die Messung beeinflussen könnten, vorhanden sein. Durch eine vor-Ort-Beschau an der B69 wurden passende Standpunkte, welche die vorab definierten Randbedingungen erfüllten, ausgewählt.

Die Messungen wurden in den Sommermonaten 2018, an mehreren Wochenenden, durchgeführt. Pro Standort erfolgten die Messungen in jeweils zwei Durchgängen. Dabei wurde der erste Kunstkopf in beiden Durchgängen mit einem Abstand von 7,50 m zur Fahrstreifenachse errichtet. Der zweite Kunstkopf wurde in Durchgang 1 mit 25 m Distanz und in Durchgang 2 mit 50 m Distanz zur Fahrstreifenachse aufgeständert. Bei den Messungen wurde pro Durchgang, in einem Zeitraum von ca. 2 Stunden, das gesamte Verkehrslärmaufkommen aufgezeichnet und mittels einer vorab definierten Tabelle die einzelnen Fahrzeugtypen mit ihren gefahrenen Geschwindigkeiten händisch dokumentiert. Die Motorräder wurden dabei in unterschiedliche Typen (Chopper, Enduro, Naked Bike,

Supersport und Tourenmotorrad) unterteilt, außerdem wurden PKWs und sonstige Fahrzeuge bzw. allfällige Störquellen dokumentiert.

Aus diesen Messungen wurden sowohl die Gesamt- als auch die Einzellärmmessungen entnommen. Mittels des Programms ArtemiS SUITE wurden die Aufnahmen nochmals durchgehört und aus den Gesamtmessungen einzelne Motorräder und PKWs, welche möglichst störungsfrei zu hören waren, ausgeschnitten. Aus den Gesamt- sowie Einzelaufnahmen wurden im Anschluss mit dem Programm ArtemiS SUITE der SPL(A), SPL(C), die Lautheit, Rauigkeit, Schärfe und Schwankungsstärke über die Zeit sowie das Frequenzspektrum ausgewertet. Weiterfolgend wurden die Auswertungen auf verschiedene Aspekte untersucht und mittels des Statistikprogramms R-Project analysiert.

Zuerst wurden die Gesamtmessungen analysiert, mit dem Fokus auf die gefahrenen Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugtypen und Vergleiche der einzelnen Messorte, bezüglich der ermittelten akustischen und psychoakustischen Messgrößen, angestellt. Hier konnte festgestellt werden, dass die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen einigen der einzelnen Fahrzeuge sowie zwischen den Messorten signifikant hoch sind. Dies spielt eine wichtige Rolle, denn in den Einzelmessungen konnte herausgefunden werden, dass die Geschwindigkeit, je nachdem welche akustische oder psychoakustische Kenngröße betrachtet wird, einen starken Einfluss auf die Messergebnisse besitzt. Bei der Betrachtung der Messwerte in vergrößertem Abstand verhält sich die Abnahme der Messwerte, je nach Messort, unterschiedlich stark.

Durch die Varianzanalysen der Einzelmessungen stellte sich heraus, dass die unterschiedlichen Umgebungs- und Fahrzeugeigenschaften auf die akustischen und psychoakustischen Messwerte unterschiedlich stark einwirken. Dabei wurden die Einflüsse der Fahrzeugart, des Kurvenradius, der Steigung, der gefahrenen Geschwindigkeit sowie die Umgebungsbedingungen des Messortes selbst auf die unterschiedlichen Messwerte untersucht. Es konnte auch ein starker Unterschied der Signifikanzen in den unterschiedlichen Messdistanzen festgestellt werden.

Als weiterfolgende Untersuchung wurde eine Kruskal-Wallis Analyse der Einzelmessungen durchgeführt. Dabei konnten Vergleiche zwischen den Fahrzeugtypen für jede einzelne untersuchte akustische und psychoakustische Kenngröße pro Messort angestellt werden. Dadurch wurden teilweise signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen herausgefunden. Außerdem wurde festgestellt, dass sich die Messwerte der überprüften akustischen und psychoakustischen Kenngrößen stark unterscheiden. Beispielsweise wurde bei der Gruppe der Chopper in der ersten Analyse festgestellt, dass sie beim SPL(A) den geringsten Wert aufweisen, beim SPL(C) aber den zweithöchsten und bei der Lautheit mit Abstand den höchsten Wert.

Weiterführend wurden bei den Einzelmessungen paarweise Vergleiche durchgeführt. Es wurden pro Messort die akustischen und psychoakustischen Messgrößen der unterschiedlichen Motorradtypen mit PKWs in ähnlichen Geschwindigkeitsbereichen (max. 5 km/h Differenz) verglichen. Der Vorteil daran ist, dass, auch wenn sich z.B. Maximal- und Minimalwerte der verglichenen Fahrzeuge nicht stark unterscheiden, der unterschiedliche Verlauf der Fahrzeugmesswerte deutlich erkannt werden kann. Dabei wurde ersichtlich, dass Motorräder einen teils unruhigeren Verlauf als PKWs aufweisen. Außerdem wiesen die Motorräder, beim Vergleich mit den Verläufen in größeren Messabständen, meist eine mindere Verringerung mit steigender Messdistanz als die PKWs auf, was auf eine längere Hörbarkeit schließen lässt. Durch die Vergleiche der Frequenzspektren wurde deutlich, dass die Motorräder vor allem auch im tieffrequenten Bereich einen hohen SPL aufweisen, wodurch die Wichtigkeit der Betrachtung des SPL(C) unterstrichen wird.

Ergänzend zu den Einzel- und Gesamtmessungen wurden noch Motorräder, welche im Pulk unterwegs waren, betrachtet und mit einzelnen Motorrädern, welche eine ähnliche Geschwindigkeit wie der Pulk im Durchschnitt aufwiesen, verglichen. Die Messwerte ergaben dabei, dass die Pulks mit jedem weiteren Fahrzeug höhere Werte aufweisen. Teilweise wiesen die akustischen und psychoakustischen Kenngrößen der Pulks doppelt so hohe Werte wie die Einzelfahrzeuge auf.

Ergänzend zu den Messungen und Analysen wurden Befragungen der Anrainer der B69 durchgeführt. Dabei konnten die Meinungen von 25 Probanden durch eine persönliche Befragung und von 16 Personen durch eine Online Befragung eingeholt werden. Somit wurden in Summe 41 Personen befragt. Mittels eines vorab definierten Fragebogens wurde die Belästigungswirkung des Verkehrs an der Südsteirischen Grenzstraße ermittelt, sowie allfällige Beeinträchtigungen durch den vorherrschenden Lärm und gewünschte Maßnahmen gegen den Verkehrslärm. Dabei erwies sich vor allem der Motorradlärm als störend im alltäglichen Leben, wie beispielsweise bei der Entspannung, Konzentration und während des Schlafes. Als Maßnahmen gegen den Motorradlärm wurden Geschwindigkeitsbegrenzungen und Bußgelder sowie verstärkte Kontrollen als sinnvoll angesehen. Einige der Probanden äußerten ihre Bedenken bezüglich des, mit dem Motorradverkehr einhergehenden, Tourismus und dass dieser durch allfällige Maßnahmen geschwächt werden könnte.

Bei den Vergleichen der Maximalwerte der Einzelfahrzeuge mit den zulässigen Fahrzeuggrenzwerten laut EU-Verordnung Nr. 97/24/EG, wurde ersichtlich, dass vor allem an Messort 1 (Gerade ohne Steigung) sowie Messort 4 (Gerade mit Steigung) über die Hälfte der überprüften Motorräder den Grenzwert von 80 dB übersteigen. Bei den überprüften PKWs liegen (laut EU Verordnung Nr. 540/2014) sogar 100% der Stichproben über den zulässigen Grenzwerten.

Bei der Interpretation der Ergebnisse wurde festgestellt, dass in den derzeitigen Verordnungen und Richtlinien wesentliche Charakteristika vom tatsächlich erzeugten Motorradlärm außer Acht gelassen werden. Da in den meisten Richtlinien lediglich eine Betrachtung des SPL(A) erfolgt, werden wichtige Kenngrößen der Akustik sowie Psychoakustik nicht beleuchtet. Auch kann durch eine Messung unter Laborbedingungen, wie es derzeit in den EU-Verordnungen Nr. 97/24/EG sowie Nr. 540/2014 der Fall ist, nicht das maximal vorherrschende Lärmpotential ermittelt werden, denn durch unterschiedliche Radien, Steigungen, Geschwindigkeiten, Fahrzeugtypen sowie Umgebungsbedingungen wurden unterschiedlich hohe Messgrößen ermittelt, wodurch eine Untersuchung dessen sinnvoll ist. Weiters bringen Messungen in unterschiedlichen Distanzen die Erkenntnis, dass Motorräder eine längere Hörbarkeit als PKWs aufweisen, welche sich auch an unterschiedlichen Messorten different verhält.

Aus den Untersuchungen und Ergebnisse dieser Arbeit konnte der Schluss gefasst werden, dass mit der Ermittlung des Verkehrslärms, laut den derzeit vorhandenen Richtlinien und Verordnungen, das tatsächliche Lärmaufkommen, vor allem von Motorrädern, nicht realistisch wiedergespiegelt werden kann. Somit werden schon bei den Typisierungen der Motorräder Werte herangezogen, welche nicht der Realität entsprechen. Da in der EU-Verordnung Nr. 97/24/EG sowie Nr. 540/2014 nur eine Betrachtung an einer geraden Strecke, mit vorab definierten Strecken- und Fahrzeugbedingungen, erfolgt, befinden sich diese Ergebnisse fernab der tatsächlich auftretenden Werte. Weiters wird in den EU-Verordnungen und auch in den meisten anderen Richtlinien, ausschließlich der SPL(A) betrachtet, wodurch nur ein Bruchteil, der tatsächlich auftretenden akustischen und psychoakustischen Auswirkungen, ermittelt wird. Außerdem wird das subjektive Empfinden des Menschen außer Acht gelassen, ohne welches aber der tatsächlich wahrgenommene Verkehrslärm nur schwer dargestellt werden kann. Derzeit wird in der RVS 04.02.11, welche zur Berechnung von Schallemissionen herangezogen wird, die Fahrzeugklasse Motorräder nicht eigens berücksichtigt, sondern nur PKWs



sowie LKWs. In vielen ländlichen Gebieten, wie auch an der Südsteirischen Grenzstraße, stellen allerdings vor allem diese ein Problem dar.

Durch diese Arbeit wurde deutlich, dass eine Einbindung von Motorrädern in den derzeitigen Verordnungen und Richtlinien sowie eine realistischere und detailliertere Ermittlung des Verkehrslärms, mit genauerer Betrachtung von akustischen und psychoakustischen Kenngrößen, notwendig wäre.

## 7.2 Lösungsansätze

Um den vorherrschenden Verkehrslärm, welcher sich vor allem in ländlichen Gebieten und an Passstraßen in den Sommermonaten aufgrund des steigenden Motorradaufkommens erhöht zu minimieren, könnten folgende Lösungsansätze in den betroffenen Gebieten integriert werden:

- Lärminderung am Fahrzeug
  - Durch Schalldämpfer an Auspuffanlagen
  - Lärmarme Reifen
  - Technische Neuerungen durch Konstruktionen leiser Motoren, Reifenentwicklung, neue Betriebsweisen
- Förderungen statt Verbote
  - Förderungen für Elektromobilität
  - Förderungen für lärmarme Fahrzeuge
- Grenzwerte auf gesetzlicher Ebene ändern
  - Absenkung der vorhandenen Grenzwerte
  - Psychoakustische Kenngrößen bei Gesetzgebung miteinbeziehen
  - Erstellen der Gesetze unter realen Bedingungen und nicht unter Laborbedingungen
  - Genauere Unterteilung der Fahrzeugtypen

- Geschwindigkeitsbegrenzungen

Eine Möglichkeit um den Verkehrslärm zu senken wäre das Hinabsetzen der Geschwindigkeitsbegrenzungen, eventuell mit einer zeitlichen Beschränkung auf die Sommermonate, in welchen das Verkehrsaufkommen erfahrungsgemäß besonders hoch ist. Eine weitere Möglichkeit wäre eine Absenkung der Geschwindigkeitsbegrenzungen für ausgewählte Fahrzeuggruppen, wie etwa die der Motorräder und LKWs. Ein positiver Nebeneffekt der Geschwindigkeitsbegrenzungen wäre, dass damit voraussichtlich auch die Senkung der Unfallwahrscheinlichkeit einhergeht.

- Vermehrte Kontrollen

Kontrollen könnten vermehrt eingesetzt werden, in Form von:

- Geschwindigkeitskontrollen (stationär oder mobil), da der verursachte Lärm teils mit den gefahrenen Geschwindigkeiten zusammenhängt
  - Kontrollen der Fahrzeuggeräusche
- Erhöhte Bußgelder
    - Bei übertreten der zulässigen Geschwindigkeiten
    - Bei übertreten des zulässigen dB Grenzwertes
  - Fahrverbote
    - Nachtfahrverbot für Motorräder (z.B. von 22-6 Uhr)
    - Generelles Fahrverbot für Motorräder

- LKW-Fahrverbot
- Bauliche Maßnahmen

Zur Minimierung des Verkehrslärms, ohne Änderung der Geschwindigkeitsbegrenzungen, allerdings mit erhöhtem baulichem und kostentechnischem Aufwand, sind bauliche Maßnahmen, sowohl am Schallausbreitungsweg als auch unmittelbar am Einwirkungsort, in Erwägung zu ziehen.

- Schallausbreitungsweg  
In Form von z.B.: Schallschutzwände, -überdeckungen, Einhausungen, gezielte Bepflanzung, geräuscharme Fahrbahnoberflächen, Instandhaltung und Sanierung der Fahrbahn (z.B. erhöhen Schlaglöcher die Lärmbelastung)
- Einwirkungsort  
In Form von Schallschutzfenstern
- Bodenmarkierungen  
z.B. Ellipsenförmige Markierungen neben der Mittellinie in Kurven. Hauptzweck davon ist die Steigerung der Verkehrssicherheit, damit die Motorradfahrer die Kurven nicht zu weit mittig anfahren, könnte aber auch dem Schnellfahren entgegenwirken.
- Warnhinweise
  - Beschilderungen mit eingängigen Texten
  - Geschwindigkeitsanzeigen
  - dB Anzeigen

### 7.3 Probleme

In Kapitel 7.2 wurden zahlreiche mögliche Lösungsansätze für das Problem des Verkehrslärms, mit Schwerpunkt auf den Motorradlärm, genannt. Allerdings beinhalten die meisten der Lösungsansätze auch noch Probleme, an denen es weiter zu arbeiten gilt.

Bauliche Maßnahmen mögen zwar effektiv sein, allerdings würde deren Realisierung vermutlich hohe Kosten verursachen. Die Durchführung von baulichen Maßnahmen würde vor allem im Beispiel der B69 aus kostentechnischen Gründen nicht im Bereich des Möglichen sein, da das Land Steiermark nicht über die nötigen Zahlungsmittel für die Straßeninstandhaltung verfügt, denn in der Ausgabe der Kleinen Zeitung vom 14.08.2018 wurde über einen geplanten Rückbau der Soboth berichtet (dieser wurde nicht durchgeführt), in welchem erwähnt wurde, dass der Bau eines Radweges finanziell nicht realisierbar sei. [Wieser, 2018] Somit werden auch etwaige andere bauliche Maßnahmen über den gesamten Streckenverlauf vermutlich nicht finanzierbar sein. Des Weiteren würden Schallschutzwände, sowie Einhausungen über die gesamte Strecke das Landschaftsbild negativ beeinflussen.

Auch bei Schallschutzfenstern würde ein Problem in finanzieller Hinsicht entstehen. Auch wenn dieses Problem nicht vorhanden wäre, so fühlt sich ein Großteil der Anrainer doch hauptsächlich beim Entspannen im Freien durch den Lärm beeinträchtigt, wodurch Schallschutzfenster keine ganzheitliche Lösung darstellen würden.

Um Lärminderungen am Fahrzeug zu realisieren, braucht es Unterstützung von gesetzlicher Ebene, um beispielsweise Schalldämpfer für Auspuffanlagen verpflichtend zu machen oder bei den Fahrzeugtypisierungen unterschiedliche akustische und psychoakustische Aspekte miteinzubeziehen sowie Messungen unter realistischen Bedingungen einzuführen. Viele Motorradfahrer schätzen hingegen den verursachten Lärm der Motorräder, wofür vielfach die Auspuffanlagen der Fahrzeuge



verändert werden, um einen noch stärkeren "Sound" zu erzielen. Eine Änderung auf gesetzlicher Ebene könnte allerdings eine Lösung auf langfristiger Basis darstellen und nicht nur auf ein bestimmtes Gebiet, sondern auf den gesamten Motorradverkehr eine lärmindernde Wirkung erzielen.

Geschwindigkeitsbeschränkungen könnten positiv zur Lärminderung beitragen, da die Geschwindigkeit einen großen Aspekt zur Lärmbildung beiträgt. Eine Geschwindigkeitsbeschränkung nur für Motorräder ist derzeit nicht durchführbar, da derzeit in der Verkehrsordnung, laut StVO 1960, keine Zusatztafeln für Geschwindigkeitsbegrenzungen, welche ausschließlich für Motorradfahrer gelten, vorhanden sind. Damit gelten für Motorräder dieselben Geschwindigkeitsbegrenzungen wie für PKWs. Ein weiteres Problem bei Geschwindigkeitsbegrenzungen ist, dass laut Erfahrungswerten, vor allem Motorradfahrer diese Beschränkungen stark überschreiten. Um diese Überschreitungen einzudämmen, wären vermehrte Geschwindigkeitskontrollen eine Möglichkeit.

Die Vermehrung der Kontrollen sowie die Erhöhung der Bußgelder könnten zur Folge haben, dass neben den verringerten Geschwindigkeiten auch weniger Motorradfahrer die Strecke aufsuchen würden. Das wäre einerseits natürlich von Vorteil, da somit der Lärm gemindert werden kann, andererseits für die Wirtschaft vermutlich ein großer Nachteil. Im Beispiel der Söbath wird ein Großteil des Tourismus von Motorradfahrern bestimmt, auf welche, laut Befragung der Anrainer, nur schwer zu verzichten wäre. Auch wäre eine Kontrolle des Schalldruckpegels nur eine einseitige Betrachtung des Lärmspektrums, da zur realitätsnahen Beurteilung des Lärms auch die Betrachtung der psychoakustischen Messgrößen notwendig wäre.

Ein Nachfahrverbot würde nur einen sehr geringen Anteil des Verkehrslärms minimieren, wäre aber im Vergleich zu anderen Maßnahmen relativ kostengünstig und ohne schwerwiegende negative Auswirkungen durchführbar. Ein generelles Fahrverbot für Motorräder würde, wie zuvor schon erwähnt, die Wirtschaft stark beeinträchtigen, aufgrund des ausbleibenden Anteils der Motorradfahrer im Tourismus.

Warnhinweise in Form von Schildern oder Leuchthinweisen liegen im relativ einfach zu realisierenden Bereich, allerdings werden solche Schilder des Öfteren von den Verkehrsteilnehmern ignoriert, vor allem wenn die Strecke regelmäßig befahren wird und die Warnschilder somit bekannt sind. An der Söbath wurde bereits ein Warnschild mit dem Leuchthinweis "Leiser" angebracht, welches laut Anrainern allerdings seit geraumer Zeit außer Betrieb zu sein scheint.

## 7.4 Resümee

Wie in den vorhergegangenen Kapiteln zu sehen, gibt es zwar einige Lösungsansätze um das Problem des Verkehrslärms, vor allem des Motorradlärms, zu lösen, allerdings gehen mit diesen Lösungen auch erneute Probleme einher. Der Motorradverkehr bildet einen großen Teil des Tourismus im ländlichen Raum Österreichs und somit auch einen Teil der Wirtschaft. Es gestaltet sich als große Aufgabe, sowohl die Gruppe der Motorradfahrer als auch die betroffenen Anrainer zufrieden zu stellen.

Aus den Untersuchungen und Ergebnisse dieser Arbeit konnte der Schluss gefasst werden, dass mit der Ermittlung des Verkehrslärms, laut den derzeit vorhandenen Verordnungen und Richtlinien, das tatsächliche Lärmaufkommen, vor allem von Motorrädern, nicht realistisch wiedergespiegelt werden kann. Somit werden schon bei den Typisierungen der Motorräder Werte herangezogen, welche nicht der Realität entsprechen. Da in der EU-Verordnung 97/24/EG nur eine Betrachtung an einer geraden Strecke, mit vorab definierten Strecken- und Fahrzeugbedingungen, erfolgt, befinden sich diese Ergebnisse fernab der tatsächlich auftretenden Werte. Weiters wird in den EU-Verordnungen und auch in den meisten anderen Richtlinien, ausschließlich der SPL(A) betrachtet, wodurch nur ein Bruchteil,

der tatsächlich auftretenden akustischen und psychoakustischen Auswirkungen, ermittelt wird. Überdies wird das subjektive Empfinden des Menschen außer Acht gelassen, ohne welches aber der tatsächlich wahrgenommene Verkehrslärm nur schwer ermittelt werden kann. Derzeit wird in der RVS 04.02.11, welche zur Berechnung von Schallemissionen herangezogen wird, die Fahrzeugklasse der Motorräder nicht eigens berücksichtigt, sondern nur PKWs sowie LKWs. In vielen ländlichen Gebieten, wie auch an der Südsteirischen Grenzstraße, stellen allerdings vor allem Motorräder ein Problem dar. Durch diese Arbeit wurde deutlich, dass eine Einbindung von Motorrädern in den Normen und Richtlinien der Lärmermittlung wertvoll wäre. Es ist eine realistischere und detailliertere Ermittlung des Verkehrslärms, mit genauerer Betrachtung von akustischen und psychoakustischen Kenngrößen, notwendig, um ein realitätsnahes Bild des menschlichen Hörempfindens abzubilden. Eine grundlegende Änderung der Ermittlung von Fahrzeuggeräuschgrenzwerten auf gesetzlicher Ebene würde zwar einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen, könnte jedoch auf langfristiger Basis positive Resultate und eine Besserung des vorherrschenden Motorradlärmproblems erzielen.

## 8 Literaturverzeichnis

Basemap [2018]: *Kartenausschnitt [online]*

[https://www.basemap.at/application/#{%22center%22:\[1675000.1671493123,5889834.540018017\],%22zoom%22:15.24749145507812,%22rotation%22:0,%22layers%22:%221000000000%22}](https://www.basemap.at/application/#{%22center%22:[1675000.1671493123,5889834.540018017],%22zoom%22:15.24749145507812,%22rotation%22:0,%22layers%22:%221000000000%22}) [29.08.2018].

Basemap [2019]: *Kartenausschnitt [online]*

[https://www.basemap.at/application/#{%22center%22:\[1674816.6207145634,5889951.521612888\],%22zoom%22:14.645074462890618,%22rotation%22:0,%22layers%22:%221000000000%22}](https://www.basemap.at/application/#{%22center%22:[1674816.6207145634,5889951.521612888],%22zoom%22:14.645074462890618,%22rotation%22:0,%22layers%22:%221000000000%22}) [19.06.2019].

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT, 2017): *EU-Verordnung für leisere Kfz. [online]*

[http://www.laerminfo.at/ueberlaerm/laermquellen/strassenverkehr/kfz\\_grenzwerte.html](http://www.laerminfo.at/ueberlaerm/laermquellen/strassenverkehr/kfz_grenzwerte.html) [03.07.2018].

Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R. (2018): *Multivariate Analysemethoden; Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer, Münster; Magdeburg; Berlin; Trier, ISBN 978-3-662-56655-8, 2018.

Bourier, G. (1996): *Beschreibende Statistik*. Springer Gabler, Regensburg, ISBN 978-3-658-21486-9, 1996.

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV, 2014): *[online]*

[https://news.wko.at/news/oesterreich/2014-02-21\\_EV\\_Verkehrsgeschwindigkeitsmessgeraete.pdf](https://news.wko.at/news/oesterreich/2014-02-21_EV_Verkehrsgeschwindigkeitsmessgeraete.pdf) [18.06.2019].

Direct Industry (2019): *Kunstkopf, [online]* [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/195770-13243285.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/195770-13243285.jpg) [14.05.2019].

Europäisches Parlament (EP, 1997): *Verordnung (EU) Nr. 97/24/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17.06.1997 über bestimmte Bauteile und Merkmale von zweirädrigen und dreirädrigen Kraftfahrzeugen*.

Europäisches Parlament (EP, 2014): *Verordnung (EU) Nr. 540/2014 des europäischen Parlaments und des Rates vom 16.04.2014 über den Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen und Austauschschalldämpferanlagen sowie zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 70/157/EWG*.

Fastl H., Menzel D., Maier W. (2006): *Entwicklung und Verifikation eines Lautheits-Thermometers. [online]*

[https://www.researchgate.net/publication/268292044\\_Entwicklung\\_und\\_Verifikation\\_eines\\_Lautheits-Thermometers](https://www.researchgate.net/publication/268292044_Entwicklung_und_Verifikation_eines_Lautheits-Thermometers) [01.07.2019].

Forschungsgesellschaft Straße, Schiene und Verkehr (FSV): *Richtlinie RVS 04.02.11 Umweltschutz Lärm- und Luftschadstoffe*. Wien, 2008.

GIS Steiermark: *Distanzmessung. [online]*

[https://gis.stmk.gv.at/atlas/\(S\(rne2wncbfzilsr5tb0x3bcx\)\)/init.aspx?ks=das&cms=da&karte=adr](https://gis.stmk.gv.at/atlas/(S(rne2wncbfzilsr5tb0x3bcx))/init.aspx?ks=das&cms=da&karte=adr) [19.06.2019].

Genuit, K. (2010): *Sound-Engineering im Automobilbereich*. Kapitel 7, Springer, Berlin; Heidelberg, DOI 10.1007/978-3-642-01415-4\_7

- Genuit, K.; Fiebig, A. (2014): *Kritische Betrachtung zum Thema „Lärm“-Messung: Erweiterung von Lärmprognosen durch die Psychoakustik. Lärmbekämpfung, Band 9. [online]*  
[https://www.researchgate.net/publication/288397350\\_A\\_critical\\_view\\_on\\_measurements\\_of\\_noise\\_Improvements\\_on\\_noise\\_annoyance\\_predictions\\_by\\_psyoacoustics?enrichId=rgreq-d9ee772380fefa2fb89d730871e91ab5-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzl4ODM5NzM1MDtBUzo0NzY](https://www.researchgate.net/publication/288397350_A_critical_view_on_measurements_of_noise_Improvements_on_noise_annoyance_predictions_by_psyoacoustics?enrichId=rgreq-d9ee772380fefa2fb89d730871e91ab5-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzl4ODM5NzM1MDtBUzo0NzY) [12.05.2018].
- Hauswirth I. (2016): *Binaural aufnahmen und wiedergeben*, Application Note 07/16. [online]  
[https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application\\_notes/Binaural\\_Aufnahmen\\_und\\_Wiedergeben\\_d.pdf](https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application_notes/Binaural_Aufnahmen_und_Wiedergeben_d.pdf) [13.08.2018].
- Hauswirth I. (2017): *Frequenzbewertung von Luftschallsignalen*, Application Note 12/17. [online]  
[https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application\\_notes/Frequenzbewertung\\_d.pdf](https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application_notes/Frequenzbewertung_d.pdf) [10.05.2019].
- Hauswirth I. (2018<sup>A</sup>): *Lautheits- und Schärfeberechnungen in der ArtemiS SUITE*, Application Note 02/18. [online] [https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application\\_notes/Psychoakustische-Analysen\\_I\\_d.pdf](https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application_notes/Psychoakustische-Analysen_I_d.pdf) [10.05.2019].
- Hauswirth I. (2018<sup>B</sup>): *Berechnung psychoakustischer Parameter in der ArtemiS SUITE*, Application Note 01/18. [online] [https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application\\_notes/Psychoakustische-Analysen\\_II\\_d.pdf](https://www.head-acoustics.com/downloads/de/application_notes/Psychoakustische-Analysen_II_d.pdf) [06.07.2018].
- Head acoustics (2018): *HSU III.2 Kunstkopfmikrofon mit ICP-Mikrofonen. [online]*  
[https://www.head-acoustics.com/de/nvh\\_hsu\\_III\\_2.htm](https://www.head-acoustics.com/de/nvh_hsu_III_2.htm) [08.07.2018].
- Hedderich J.; Sachs L. (2018): *Angewandte Statistik, Methodensammlung mit R, 16. Auflage.* Springer Spektrum, Großenaspe; Schwentental, ISBN 978-3-662-56657-2, 2018.
- Hochschule Luzern (HSLU, 2019): *Ressourcen für empirische Methoden, Kruskal-Wallis-Test. [online]* <https://www.empirical-methods.hslu.ch/entscheidbaum/unterschiede/zentrale-tendenz/kruskal-wallis-test/> [10.05.2019].
- Kachelmann, J. (2019): *Wettermesswerte [online]*  
<https://kachelmannwetter.com/at/site/impressum> [13.05.2019].
- Kalivoda, M. T.; Steiner, J. W. (1998): *Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik.* Springer, Wien; New York, ISBN 3-211-83131-2, 1998.
- Kloepfer, M.; Griefahn, B.; Kaniowski, A.M.; Klepper, G.; Lingner, S.; Steinebach, G.; Weyer, H.W.; Wysk, P.: *Leben mit Lärm?.* Schriftenreihe der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen, Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung, Band 28, Springer, Bad Neuenahr-Ahrweiler; Berlin, ISBN-10 3-540-34509-4, 2006.
- Länderarbeitsgruppe umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG, 2010): *Leitfaden Wohnumfeld- und Freizeitlärm. [online]*  
[https://www.gesundheit.bremen.de/archiv/aktuelles/leitfaden\\_wohnumfeld\\_und\\_freizeitlaerm-10760](https://www.gesundheit.bremen.de/archiv/aktuelles/leitfaden_wohnumfeld_und_freizeitlaerm-10760) [19.06.2019].

- Leitner, E.; Finckh U.: *Akustik; Schall, Klänge, Töne und Geräusche. [online]*  
<https://www.leifiphysik.de/akustik> [15.05.2019].
- Lercher, P. (2009): *Hahntennjochstraße (L 246) Sozialmedizinisch-hygienisches Gutachten zur Lärmsituation der Anrainer im Siedlungsbereich (km 0,5 – km 1,5) mit besonderer Berücksichtigung der saisonalen Zusatzbelastung durch den Motorradverkehr. Gutachten, Götzens, 2009.*
- Mentorium GmbH (2019): *Einfachfaktorielle & Mehrfachfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA), [online]* <https://www.statistik-nachhilfe.de/ratgeber/statistik/induktive-statistik/statistische-modellbildung-und-weitere-methoden/varianzanalysen/einfaktorielle-mehrfaktorielle-varianzanalyse-anova> [13.05.2019].
- Möser, M. (2015): *Technische Akustik*. Springer Vieweg, Berlin, ISBN 978-3-662-47704-5, 2015.
- Niedermeier, M. (2006): *ADAC Straßenverkehrslärm. [online]*  
[https://www.adac.de/\\_mmm/pdf/fi\\_strassenverkehrslaerm\\_1106\\_238780.pdf](https://www.adac.de/_mmm/pdf/fi_strassenverkehrslaerm_1106_238780.pdf)  
[06.07.2018].
- Österreichisches Normungsinstitut (ON, 2010): *Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung. ÖNORM S 5021, Wien, 2010. [online]*  
[http://www.rechtsanwalt-schupfer.at/cms/media/%C3%96NORM-S5021\\_2010-4-1-%C3%B6rtliche\\_%C3%BCber%C3%B6rtliche-Raumplanung.pdf](http://www.rechtsanwalt-schupfer.at/cms/media/%C3%96NORM-S5021_2010-4-1-%C3%B6rtliche_%C3%BCber%C3%B6rtliche-Raumplanung.pdf) [13.08.2018].
- Quäldich (2018): *Höhenprofil Soboth. [online]*  
<http://www.quaeldich.de/paesse/soboth/> [10.12.2018].
- Raggam R. B.; Cik M.; Höldrich R. R.; Fallast K.; Gallasch E.; Lackner A.; Marth E. (2006): *Personal noise ranking of road traffic: Subjective estimation versus psychological parameters under laboratory conditions*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, Graz. [online]  
<https://iem.kug.ac.at/fileadmin/media/iem/altdaten/projekte/publications/paper/personal/IJHEH.pdf> [17.10.2019].
- Schmidt, M. (2011): *Methoden zur Einhaltung von Auslöse- und maximalen Expositionswerten zum Lärm*. Abschlussbericht, Dortmund; Berlin; Dresden, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. [online]  
[https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Berichte/F1898.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Berichte/F1898.pdf?__blob=publicationFile&v=4) [13.08.2018].
- Sierzega Elektronik GmbH (Sierzega, 2016): *Verkehrserfassungsgerät SR4. [online]*  
<https://www.sierzega.com/LinkClick.aspx?fileticket=7FSalcUqJFE%3d&tabid=198&portalid=0&language=en-US> [18.06.2019].
- Stadt Graz (2018): *Verkehrslärmkataster. [online]*  
<http://www.umwelt.graz.at/cms/beitrag/10083912/4849630/> [06.07.2018].
- Statista (2019): *Anzahl der Motorräder. [online]*  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/288120/umfrage/motorrad-bestand-in-oesterreich/> [06.06.2019].
- Statistik Austria (2019): *Ankünfte und Nächtigungen nach Herkunftsländern im Kalenderjahr 2018 endgültige Ergebnisse ÖSTERREICH. [online]*

- [https://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/tourismus/beherbergung/ankuenfte\\_naechtigungen/index.html](https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/tourismus/beherbergung/ankuenfte_naechtigungen/index.html) [12.06.2019].
- TAS Sachverständigenbüro für Technische Akustik SV-GmbH (TAS SV-GmbH, 2018): *Schalltechnische Grundlagen*. 3. Kapitel, Umgebungslärm. [online]  
[https://www.tas.at/userupload/editorupload/files/files/Handbuch/HB-Umgebungslaerm\\_Kap03\\_x3.pdf](https://www.tas.at/userupload/editorupload/files/files/Handbuch/HB-Umgebungslaerm_Kap03_x3.pdf) [03.08.2018].
- TAS Sachverständigenbüro für Technische Akustik SV-GmbH (TAS SV-GmbH, 2019): *Richtwerte, Schwellenwerte, Planungsrichtwerte*. 4. Kapitel, Umgebungslärm. [online]  
[https://www.tas.at/userupload/editorupload/files/files/Handbuch/HB-Umgebungslaerm\\_Kap04\\_x3.pdf](https://www.tas.at/userupload/editorupload/files/files/Handbuch/HB-Umgebungslaerm_Kap04_x3.pdf) [14.05.2019].
- Umweltbundesamt (2018): *Schalldruckpegel, energieäquivalenter Dauerschallpegel und Lärmindizes*. [online]  
<https://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/laerm/schalldruckpegel> [29.08.2018].
- Umweltservice Graz (2018): *Schalltechnik*. [online]  
<http://www.umweltservice.graz.at/infos/laerm/schalltechnik.pdf> [08.07.2018].
- Wieser, T. (2019): *Hinauf zur Soboth*. In: Kleine Zeitung, Ausgabe vom 14.08.2018, [online]  
[https://www.kleinezeitung.at/steiermark/suedsuedwest/5479733/Hinauf-zur-Soboth\\_Die-B69-soll-verschmaelert-werden](https://www.kleinezeitung.at/steiermark/suedsuedwest/5479733/Hinauf-zur-Soboth_Die-B69-soll-verschmaelert-werden) [03.06.2019].
- Willems, W. M.; Häupl, P.; Höfker, G.; Homann, M.; Kölzow, C.; Maas, A.; Nocke, C.; Riese, O. (2017): *Lehrbuch der Bauphysik*, 8. Auflage, Springer, Dortmund; Dresden; Bochum; Münster; Stuttgart; Kassel; Oldenburg; Braunschweig, ISBN 978-3-658-16074-6, (2017).
- Wirtschaftspsychologische Gesellschaft (WPGS, 2019): *Erhebungsverfahren der Marktforschung: Die Befragung* [online]  
<https://wpgs.de/fachtexte/befragungsformen/1-erhebungsverfahren-der-marktforschung-die-befragung/> [17.09.2019].
- Zeller, P. (2018): *Handbuch Fahrzeugakustik*. 3. Auflage, Springer Vieweg, München, ISBN 978-3-658-18520-6, 2018.
- Zucchini, W.; Schlegel, A.; Nenadić, O.; Sperlich, S. (2009): *Statistik für Bachelor- und Masterstudenten, Eine Einführung für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler*. Springer, Universität Göttingen, e-ISBN 978-3-540-88987-8, 2009.

## 9 Anhang

### [1] Gesamtmessungen Allgemein

Nr.	Messort	Messort Nr.	Steigung [%]	Radius [m]	Dauer [min]	Anzahl Fahrzeuge	
						Motorräder	PKWs
1_1	Gerade ohne Steigung	1	3,3	-	150,84	181	201
1_2	Gerade ohne Steigung	1	3,3	-	124,26	123	188
2_1	Kurve ohne Steigung	2	0,3	130	109,68	178	206
2_2	Kurve ohne Steigung	2	0,3	130	120,3	148	239
3_1	Kurve mit Steigung	3	9,6	125	81,31	289	171
3_2	Kurve mit Steigung	3	9,6	125	120,66	108	131
4_1	Gerade mit Steigung	4	8,6	600	120,00	221	214
4_2	Gerade mit Steigung	4	8,6	600	139,86	123	177

### [2] Gesamtmessungen gekürzt

Nr.	Messort	Messort Nr.	Steigung [%]	Radius [m]	Dauer [min]	Anzahl Fahrzeuge	
						Motorräder	PKWs
1_1	Gerade ohne Steigung	1	3,3	-	81,31	80	94
1_2	Gerade ohne Steigung	1	3,3	-	81,31	75	118
2_1	Kurve ohne Steigung	2	0,3	130	81,31	133	148
2_2	Kurve ohne Steigung	2	0,3	130	81,31	99	152
3_1	Kurve mit Steigung	3	9,6	125	81,31	181	120
3_2	Kurve mit Steigung	3	9,6	125	81,31	102	125
4_1	Gerade mit Steigung	4	8,6	600	81,31	147	152
4_2	Gerade mit Steigung	4	8,6	600	81,31	100	127

### [3] Einzelmessungen Fahrzeugliste

Einzelmessungen			Messabstand [m]		Geschwindigkeit [km/h]	Uhrzeit	Datum
Nr.	Fahrzeugart	Messort Nr.	Kunstkopf 1	Kunstkopf 2			
1	Supersport	1	7,5	25	138	09:20	21.07.18
2	Chopper	1	7,5	25	68	10:53	21.07.18
3	Enduro	1	7,5	25	97	10:43	21.07.18
4	Naked bike	1	7,5	25	95	11:10	21.07.18
5	Naked bike	1	7,5	25	136	11:47	21.07.18
6	Naked bike	1	7,5	25	76	11:29	21.07.18
7	PKW	1	7,5	25	73	11:43	21.07.18
8	PKW	1	7,5	25	62	09:38	21.07.18

9	Supersport	1	7,5	25	109	11:24	21.07.18
10	Tourenmotorrad	1	7,5	25	126	10:54	21.07.18
11	Tourenmotorrad	1	7,5	25	99	11:12	21.07.18
12	Enduro	1	7,5	50	93	13:32	21.07.18
13	Naked bike	1	7,5	50	89	13:29	21.07.18
14	Naked bike	1	7,5	50	107	13:56	21.07.18
15	Naked bike	1	7,5	50	99	12:43	21.07.18
16	PKW	1	7,5	50	87	12:18	21.07.18
17	PKW	1	7,5	50	105	12:54	21.07.18
18	Supersport	1	7,5	50	161	12:05	21.07.18
19	Supersport	1	7,5	50	119	12:06	21.07.18
20	Supersport	1	7,5	50	118	14:10	21.07.18
21	Tourenmotorrad	1	7,5	50	98	12:15	21.07.18
22	Tourenmotorrad	1	7,5	50	91	13:56	21.07.18
23	Tourenmotorrad	1	7,5	50	88	12:13	21.07.18
24	Chopper	2	7,5	25	64	11:27	28.07.18
25	Chopper	2	7,5	25	64	10:17	28.07.18
26	Naked bike	2	7,5	25	61	10:51	28.07.18
27	Naked bike	2	7,5	25	70	11:47	28.07.18
28	Naked bike	2	7,5	25	79	11:15	28.07.18
29	PKW	2	7,5	25	73	10:58	28.07.18
30	PKW	2	7,5	25	81	10:59	28.07.18
31	Supersport	2	7,5	25	86	10:53	28.07.18
32	Supersport	2	7,5	25	71	11:24	28.07.18
33	Tourenmotorrad	2	7,5	25	60	11:12	28.07.18
34	Tourenmotorrad	2	7,5	25	66	11:15	28.07.18
35	Tourenmotorrad	2	7,5	25	76	10:31	28.07.18
36	Tourenmotorrad	2	7,5	25	67	10:37	28.07.18
37	Tourenmotorrad	2	7,5	25	74	10:49	28.07.18
38	Naked bike	2	7,5	25	60	11:22	28.07.18
39	Naked bike	2	7,5	25	69	11:25	28.07.18
40	Chopper	2	7,5	50	63	13:21	28.07.18
41	Chopper	2	7,5	50	61	13:13	28.07.18
42	Enduro	2	7,5	50	62	12:13	28.07.18
43	Naked bike	2	7,5	50	63	12:44	28.07.18
44	Naked bike	2	7,5	50	76	12:23	28.07.18
45	PKW	2	7,5	50	74	12:20	28.07.18



46	PKW	2	7,5	50	78	13:10	28.07.18
47	PKW	2	7,5	50	43	13:33	28.07.18
48	Supersport	2	7,5	50	82	12:32	28.07.18
49	Supersport	2	7,5	50	80	12:50	28.07.18
50	Supersport	2	7,5	50	85	13:09	28.07.18
51	Supersport	2	7,5	50	72	13:00	28.07.18
52	Supersport	2	7,5	50	76	13:53	28.07.18
53	Tourenmotorrad	2	7,5	50	52	12:21	28.07.18
54	Tourenmotorrad	2	7,5	50	73	12:24	28.07.18
55	Tourenmotorrad	2	7,5	50	72	12:53	28.07.18
56	Tourenmotorrad	2	7,5	50	67	12:42	28.07.18
57	Chopper	3	7,5	25	62	10:22	29.07.18
58	Naked bike	3	7,5	25	41	10:32	29.07.18
59	Naked bike	3	7,5	25	54	11:22	29.07.18
60	PKW	3	7,5	25	69	10:19	29.07.18
61	PKW	3	7,5	25	54	11:11	29.07.18
62	Supersport	3	7,5	25	42	10:31	29.07.18
63	Tourenmotorrad	3	7,5	25	57	10:24	29.07.18
64	Tourenmotorrad	3	7,5	25	76	10:33	29.07.18
65	Tourenmotorrad	3	7,5	25	46	10:59	29.07.18
66	Tourenmotorrad	3	7,5	25	65	11:05	29.07.18
67	Tourenmotorrad	3	7,5	25	58	11:13	29.07.18
68	Tourenmotorrad	3	7,5	25	58	11:26	29.07.18
69	Tourenmotorrad	3	7,5	25	76	11:36	29.07.18
70	Enduro	3	7,5	25	76	11:42	29.07.18
71	Enduro	3	7,5	25	57	11:47	29.07.18
72	Supersport	3	7,5	25	77	11:53	29.07.18
73	Chopper	3	7,5	50	46	12:46	29.07.18
74	Chopper	3	7,5	50	59	13:32	29.07.18
75	Chopper	3	7,5	50	48	13:39	29.07.18
76	PKW	3	7,5	50	48	12:35	29.07.18
77	PKW	3	7,5	50	65	12:49	29.07.18
78	Tourenmotorrad	3	7,5	50	54	13:11	29.07.18
79	Tourenmotorrad	3	7,5	50	54	13:14	29.07.18
80	Tourenmotorrad	3	7,5	50	58	13:20	29.07.18
81	Tourenmotorrad	3	7,5	50	53	13:22	29.07.18
82	Tourenmotorrad	3	7,5	50	64	13:36	29.07.18

83	Tourenmotorrad	3	7,5	50	59	13:42	29.07.18
84	Naked bike	4	7,5	25	115	09:27	05.08.18
85	Naked bike	4	7,5	25	90	10:21	05.08.18
86	Naked bike	4	7,5	25	120	10:44	05.08.18
87	PKW	4	7,5	25	104	10:36	05.08.18
88	PKW	4	7,5	25	67	10:47	05.08.18
89	Supersport	4	7,5	25	93	10:08	05.08.18
90	Supersport	4	7,5	25	108	11:11	05.08.18
91	Tourenmotorrad	4	7,5	25	108	09:41	05.08.18
92	Tourenmotorrad	4	7,5	25	110	09:45	05.08.18
93	Tourenmotorrad	4	7,5	25	97	10:43	05.08.18
94	Tourenmotorrad	4	7,5	25	84	11:03	05.08.18
95	Chopper	4	7,5	50	66	12:26	05.08.18
96	Naked bike	4	7,5	50	64	11:58	05.08.18
97	Naked bike	4	7,5	50	65	11:59	05.08.18
98	PKW	4	7,5	50	52	13:04	05.08.18
99	PKW	4	7,5	50	75	11:45	05.08.18
100	Supersport	4	7,5	50	70	12:23	05.08.18
101	Supersport	4	7,5	50	77	12:34	05.08.18
102	Supersport	4	7,5	50	86	12:58	05.08.18
103	Supersport	4	7,5	50	66	13:52	05.08.18
104	Tourenmotorrad	4	7,5	50	52	12:39	05.08.18
105	Tourenmotorrad	4	7,5	50	83	13:03	05.08.18
106	Tourenmotorrad	4	7,5	50	78	13:43	05.08.18

**Gesamtmessung****[4] SPL(A)**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(A)]							
1_1	7,50	38,72	48,31	53,67	56,21	61,59	96,92	44,31	77,45
1_2	7,50	36,79	46,99	50,55	54,08	58,85	97,21	42,88	76,56
2_1	7,50	36,93	41,84	52,65	54,61	66,01	93,65	38,51	76,54
2_2	7,50	36,79	43,49	53,58	55,09	65,44	89,28	39,42	75,71
3_1	7,50	41,12	46,43	52,01	56,44	66,67	97,56	44,50	76,34
3_2	7,50	42,53	51,31	56,13	58,36	64,51	91,25	46,53	75,65
4_1	7,50	35,72	44,11	59,75	57,62	68,38	102,06	36,50	78,71

4_2	7,50	35,95	41,68	57,14	55,83	66,50	100,44	36,87	77,76
-----	------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	-------

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(A)]							
1_1	25	38,72	48,31	53,67	56,21	61,59	96,92	44,31	77,45
1_2	50	36,79	46,99	50,55	54,08	58,85	97,21	42,88	76,56
2_1	25	36,93	41,84	52,65	54,61	66,01	93,65	38,51	76,54
2_2	50	36,79	43,49	53,58	55,09	65,44	89,28	39,42	75,71
3_1	25	41,12	46,43	52,01	56,44	66,67	97,56	44,50	76,34
3_2	50	42,53	51,31	56,13	58,36	64,51	91,25	46,53	75,65
4_1	25	35,72	44,11	59,75	57,62	68,38	102,06	36,50	78,71
4_2	50	35,95	41,68	57,14	55,83	66,50	100,44	36,87	77,76

**[5] SPL(C)**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(C)]							
1_1	7,50	42,73	53,35	60,17	61,19	67,88	96,78	48,61	77,77
1_2	7,50	38,21	52,04	58,55	59,68	65,7	102,01	46,21	78,70
2_1	7,50	37,29	49,88	58,58	58,06	65,62	89,86	41,99	74,04
2_2	7,50	36,17	52,27	59,84	58,89	65,81	87,96	41,39	73,44
3_1	7,50	43,29	53,84	60,57	60,72	66,59	90,77	48,96	74,51
3_2	7,50	43,6	54,83	59,77	60	64,72	84,58	48,94	71,82
4_1	7,50	36,05	49,87	58,28	58,45	66,62	94,56	41,34	76,52
4_2	7,50	37,16	47,25	53,34	54,11	60,45	86,55	42,07	68,45

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(C)]							
1_1	25	42,73	53,35	60,17	61,19	67,88	96,78	48,61	77,77
1_2	50	37,69	45,41	48,72	51,50	57,66	77,94	42,62	66,58
2_1	25	37,29	49,88	58,58	58,06	65,62	89,86	41,99	74,04
2_2	50	36,17	52,27	59,84	58,89	65,81	87,96	41,39	73,44
3_1	25	43,29	53,84	60,57	60,72	66,59	90,77	48,96	74,51
3_2	50	43,60	54,83	59,77	60,00	64,72	84,58	48,94	71,82
4_1	25	36,05	49,87	58,28	58,45	66,62	94,56	41,34	76,52

4_2	50	37,16	47,25	53,34	54,11	60,45	86,55	42,07	68,45
-----	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**[6] Lautheit**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[sone]							
1_1	7,50	1,88	5,27	8,26	11,72	13,40	147,79	3,10	34,98
1_2	7,50	1,69	4,40	6,34	10,06	10,99	145,42	3,11	32,50
2_1	7,50	1,87	3,51	7,41	11,85	16,57	96,63	2,42	34,96
2_2	7,50	1,84	3,89	7,66	11,33	15,26	89,16	2,58	32,28
3_1	7,50	2,70	4,57	7,25	12,44	17,65	148,12	3,39	35,10
3_2	7,50	2,67	4,95	6,74	11,17	14,78	99,23	3,75	31,64
4_1	7,50	1,60	3,99	10,39	13,76	18,75	174,58	1,97	38,60
4_2	7,50	1,70	3,50	8,95	12,13	16,26	179,79	2,10	35,28

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[sone]							
1_1	25	1,98	5,05	7,60	9,51	11,71	94,5	3,17687	22,15266
1_2	50	1,62	3,64	5,24	6,98	8,88	56,557	2,72016	16,06340
2_1	25	1,88	3,28	6,34	8,54	11,99	67,758	2,41991	21,00203
2_2	50	1,83	3,30	5,59	6,75	8,94	45,487	2,30267	15,11419
3_1	25	2,82	4,80	8,02	10,17	14,10	86,485	3,59234	22,93983
3_2	50	2,63	5,15	7,34	8,77	11,54	44,004	3,71518	17,50817
4_1	25	1,66	3,03	6,26	9,47	12,48	97,86	2,01782	27,33450
4_2	50	1,75	2,70	4,25	6,14	8,23	69,958	2,12239	15,61437

**[7] Rauigkeit**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[asper]							
1_1	7,50	0,00403	0,01561	0,02431	0,03166	0,03798	1,12958	0,00986	0,07073
1_2	7,50	0,00391	0,01353	0,02111	0,02808	0,03448	0,70600	0,00840	0,06601
2_1	7,50	0,00425	0,01274	0,02559	0,04147	0,04419	2,39825	0,00838	0,11141
2_2	7,50	0,00331	0,01357	0,02667	0,03534	0,04326	1,98313	0,00836	0,08063
3_1	7,50	0,00439	0,01399	0,02311	0,03812	0,04222	1,70785	0,00941	0,09412

3_2	7,50	0,00423	0,01668	0,02658	0,03611	0,04254	0,87054	0,01031	0,08170
4_1	7,50	0,00310	0,01646	0,03450	0,04514	0,05113	2,52383	0,00819	0,10740
4_2	7,50	0,00411	0,01439	0,03072	0,03739	0,04674	1,71752	0,00838	0,08240

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[asper]							
1_1	25	0,00387	0,01489	0,02198	0,02643	0,03236	0,76566	0,00945	0,05422
1_2	50	0,00628	0,01641	0,02155	0,02456	0,02933	0,16022	0,00840	0,06601
2_1	25	0,00376	0,01261	0,02209	0,03219	0,03516	1,37610	0,00827	0,08031
2_2	50	0,00347	0,01214	0,01971	0,02310	0,02860	0,77297	0,00777	0,04649
3_1	25	0,00380	0,01562	0,02349	0,03444	0,03500	1,63157	0,01020	0,08333
3_2	50	0,00434	0,01703	0,02595	0,03200	0,03774	0,97826	0,01023	0,06837
4_1	25	0,00352	0,01296	0,02220	0,02718	0,03260	1,12722	0,00811	0,05638
4_2	50	0,00421	0,01169	0,01679	0,01988	0,02490	0,34687	0,00837	0,04024

**[8] Schärfe**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[acum]							
1_1	7,50	0,75510	1,53200	1,80600	1,93900	2,21970	4,60580	1,34108	2,99784
1_2	7,50	1,09900	1,56200	1,83600	1,86600	2,13000	3,53900	1,32071	2,49469
2_1	7,50	0,84360	1,37330	1,56580	1,78870	2,27550	3,77580	1,20972	2,71545
2_2	7,50	0,64120	1,39310	1,59030	1,81020	2,22730	3,89000	1,24172	2,82507
3_1	7,50	0,98190	1,46850	1,79860	1,92660	2,32600	4,66780	1,29900	2,88615
3_2	7,50	1,03600	1,74300	2,46600	2,50800	3,15700	4,73900	1,40358	3,90038
4_1	7,50	0,72950	1,31570	1,42820	1,65130	1,82870	3,22600	1,19445	2,77015
4_2	7,50	0,81000	1,33300	1,45500	1,67500	1,94700	3,21000	1,21677	2,67672

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[acum]							
1_1	25	0,75510	1,53200	1,80600	1,93900	2,21970	4,60580	1,39509	3,23633
1_2	50	1,09900	1,56200	1,83600	1,86600	2,13000	3,53900	1,33898	2,20523
2_1	25	0,84360	1,37330	1,56580	1,78870	2,27550	3,77580	1,27203	2,87862
2_2	50	0,64120	1,39310	1,59030	1,81020	2,22730	3,89000	1,28885	2,78522
3_1	25	0,98190	1,46850	1,79860	1,92660	2,32600	4,66780	1,41636	3,27766

3_2	50	1,03600	1,74300	2,46600	2,50800	3,15700	4,73900	1,54318	4,02337
4_1	25	0,72950	1,31570	1,42820	1,65130	1,82870	3,22600	1,27584	2,78966
4_2	50	0,81000	1,33300	1,45500	1,67500	1,94700	3,21000	1,35138	2,67999

**[9] Schwankungsstärke**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[vacil]							
1_1	25	0,00077	0,00339	0,00554	0,00852	0,01009	0,16053	0,00205	0,02479
1_2	50	0,00080	0,00314	0,00491	0,00694	0,00853	0,11345	0,00186	0,01838
2_1	25	0,00063	0,00282	0,00429	0,00635	0,00676	0,17815	0,00152	0,01711
2_2	50	0,00082	0,00301	0,00434	0,00587	0,00655	0,07264	0,00157	0,01588
3_1	25	0,00063	0,00230	0,00365	0,00503	0,00560	0,11847	0,00144	0,01202
3_2	50	0,00068	0,00220	0,00368	0,00478	0,00576	0,07763	0,00129	0,01168
4_1	25	0,00057	0,00314	0,00462	0,00631	0,00718	0,13448	0,00152	0,01691
4_2	50	0,00054	0,00328	0,00488	0,00756	0,00771	0,65607	0,00168	0,01705

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[vacil]							
1_1	25	0,00060	0,00280	0,00409	0,00685	0,00715	0,20890	0,00179	0,02159
1_2	50	0,00069	0,00209	0,00284	0,00350	0,00383	0,11959	0,00135	0,00785
2_1	25	0,00086	0,00276	0,00395	0,00585	0,00642	0,11020	0,00163	0,01657
2_2	50	0,00070	0,00285	0,00422	0,00649	0,00738	0,23734	0,00154	0,01788
3_1	25	0,00061	0,00241	0,00341	0,00436	0,00483	0,10054	0,00151	0,00989
3_2	50	0,00066	0,00235	0,00329	0,00425	0,00472	0,07639	0,00143	0,01024
4_1	25	0,00046	0,00234	0,00361	0,00555	0,00621	0,21348	0,00133	0,01560
4_2	50	0,00045	0,00170	0,00258	0,00520	0,00411	0,93728	0,00114	0,00825

**Gesamtmessungen gekürzt****[10] SPL(A)**

Messort	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(A)]							
1	7,50	39,750	47,525	51,890	54,795	59,280	97,065	44,291	76,255
2	7,50	37,150	42,405	52,285	54,440	65,135	91,465	39,036	76,100
3	7,50	42,715	48,775	53,250	57,135	65,280	94,405	45,603	75,969
4	7,50	35,910	44,435	59,250	57,240	67,725	96,480	36,618	78,131

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(A)]							
1_1	25	40,410	49,930	53,300	55,050	59,210	84,870	46,341	68,514
1_2	50	37,700	42,770	47,250	49,360	55,200	80,490	40,793	62,890
2_1	25	36,650	40,860	47,820	48,560	55,020	79,210	38,151	62,326
2_2	50	37,730	42,280	50,170	51,590	60,090	83,630	39,100	67,610
3_1	25	44,540	52,030	57,130	56,570	60,480	81,620	47,608	65,278
3_2	50	46,240	49,550	53,150	55,570	61,210	86,870	48,212	67,766
4_1	25	35,990	40,490	51,230	51,840	60,830	92,740	36,522	71,361
4_2	50	36,230	38,620	45,080	47,120	54,400	78,810	37,010	63,132

**[11] SPL(C)**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(C)]							
1	7,50	41,165	54,460	61,170	61,900	68,400	100,870	46,993	79,937
2	7,50	37,580	50,950	60,390	60,525	69,270	96,555	42,762	79,719
3	7,50	43,255	53,140	59,985	61,420	68,965	96,960	47,664	79,128
4	7,50	36,595	54,430	63,535	62,720	71,140	99,705	42,523	80,831

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[dB(C)]							
1_1	25	42,730	54,070	61,320	61,850	68,610	94,670	48,169	78,138
1_2	50	38,330	46,140	52,280	53,350	59,250	87,190	42,373	68,298
2_1	25	36,170	53,360	60,530	59,790	66,540	87,960	43,146	74,098
2_2	50	38,120	50,200	58,730	58,210	65,610	89,860	42,315	74,277
3_1	25	43,600	54,830	59,770	60,000	64,720	84,580	48,939	71,822
3_2	50	45,890	53,110	59,790	60,200	66,190	89,260	48,885	74,329
4_1	25	36,050	48,950	58,210	58,010	66,440	93,610	40,536	76,191
4_2	50	37,160	47,530	53,760	54,480	60,950	81,240	42,137	69,050

**[12] Lautheit**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[sone]							
1	7,50	2,072	4,919	7,289	10,600	11,771	146,602	3,287	32,014
2	7,50	1,858	3,667	7,227	11,361	15,468	92,897	2,551	33,408
3	7,50	2,685	4,649	6,731	11,583	15,871	123,673	3,538	33,026
4	7,50	1,669	4,092	10,163	13,265	17,985	134,926	2,008	37,147

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[sone]							
1_1	25	2,345	5,327	7,816	9,446	11,589	72,284	3,453	21,048
1_2	50	1,756	3,542	5,073	6,728	8,438	56,557	2,745	15,298
2_1	25	1,826	3,312	5,439	6,679	8,725	45,487	2,415	14,966
2_2	50	1,876	3,295	6,252	8,495	11,924	57,703	2,421	20,885
3_1	25	2,633	5,149	7,335	8,765	11,544	44,004	3,715	17,508
3_2	50	2,818	4,627	7,490	9,878	13,738	86,485	3,554	22,728
4_1	25	1,664	3,114	6,715	9,717	12,987	97,860	1,948	27,314
4_2	50	1,755	2,716	4,446	6,282	8,567	42,668	2,146	15,743

**[13] Rauigkeit**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[asper]							
1	7,50	0,00423	0,01315	0,02085	0,02760	0,03400	0,86035	0,00869	0,06402
2	7,50	0,00378	0,01269	0,02462	0,03723	0,04241	2,19069	0,00832	0,09221
3	7,50	0,00444	0,01518	0,02425	0,03681	0,04179	1,28919	0,00984	0,08517
4	7,50	0,00360	0,01649	0,03356	0,04247	0,04968	1,71296	0,00834	0,09860

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[asper]							
1_1	25	0,00428	0,01429	0,02108	0,02601	0,03234	0,52768	0,00977	0,05422
1_2	50	0,00393	0,01198	0,01794	0,02070	0,02649	0,24583	0,00827	0,04069
2_1	25	0,00390	0,01192	0,01922	0,02303	0,02823	0,77297	0,00782	0,04646
2_2	50	0,00376	0,01259	0,02188	0,03156	0,03490	1,37610	0,00828	0,07684
3_1	25	0,00434	0,01703	0,02595	0,03200	0,03774	0,97826	0,01023	0,06837
3_2	50	0,00473	0,01523	0,02279	0,03401	0,03420	1,63157	0,01011	0,07598
4_1	25	0,00352	0,01346	0,02300	0,02788	0,03337	1,12722	0,00812	0,05765
4_2	50	0,00422	0,01185	0,01709	0,02007	0,02524	0,34687	0,00846	0,04012



**[14] Schärfe**

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[acum]							
1	7,5	0,93805	1,58145	1,95090	2,01305	2,39635	3,86485	1,35259	2,88359
2	7,5	0,76080	1,38245	1,58940	1,79835	2,26360	3,80880	1,22089	2,72561
3	7,5	1,00895	1,60655	2,15070	2,22475	2,75340	4,70340	1,35398	3,39858
4	7,5	0,88340	1,32230	1,43350	1,65435	1,82515	3,20250	1,19983	2,75531

Messung Nr.	Abstand [m]	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[acum]							
1_1	25	0,78030	1,62230	1,95470	2,03450	2,40840	3,87310	1,38097	2,92192
1_2	50	1,05100	1,58200	1,93400	1,99900	2,39600	3,96300	1,37402	2,78269
2_1	25	0,65420	1,45690	1,68420	1,82880	2,19210	3,72050	1,27557	2,68882
2_2	50	0,84960	1,44550	1,70680	1,91400	2,41650	4,92030	1,27288	2,88128
3_1	25	0,95910	1,93060	2,46640	2,59170	3,17900	4,94510	1,54318	4,02337
3_2	50	1,02700	1,64800	2,02500	2,18400	2,67200	4,47300	1,44130	3,29719
4_1	25	0,82740	1,43950	1,59760	1,79950	2,08170	3,23820	1,27496	2,85745
4_2	50	0,99500	1,52400	1,78300	1,90000	2,27600	3,05300	1,34888	2,66368

**[15] Schwankungsstärke**

Messung Nr.	Abstand	Minimum	1. Quantil	Median	Mean	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[vacil]							
1	7,50	0,00091	0,00340	0,00568	0,00814	0,01000	0,13699	0,00196	0,02237
2	7,50	0,00073	0,00298	0,00435	0,00594	0,00672	0,08329	0,00160	0,01589
3	7,50	0,00066	0,00221	0,00359	0,00485	0,00558	0,09805	0,00136	0,01138
4	7,50	0,00066	0,00313	0,00465	0,00725	0,00734	0,39528	0,00155	0,01660

Messung Nr.	Abstand	Minimum	1. Quantil	Median	arithm. Mittel	3. Quantil	Maximum	5. Perzentil	95. Perzentil
		[vacil]							
1_1	25	0,00107	0,00307	0,00466	0,00769	0,00880	0,20890	0,00193	0,02323
2_1	25	0,00070	0,00307	0,00471	0,00683	0,00835	0,07003	0,00171	0,01895
3_1	25	0,00066	0,00235	0,00329	0,00425	0,00472	0,07639	0,00143	0,01024
4_1	25	0,00061	0,00232	0,00347	0,00530	0,00580	0,21348	0,00129	0,01409
1_2	50	0,00069	0,00193	0,00273	0,00354	0,00379	0,11959	0,00127	0,00840
2_2	50	0,00086	0,00278	0,00399	0,00578	0,00644	0,08529	0,00166	0,01618
3_2	50	0,00061	0,00237	0,00336	0,00439	0,00480	0,10054	0,00149	0,00992
4_2	50	0,00045	0,00168	0,00253	0,00645	0,00405	0,93728	0,00113	0,00874

**[16] Antworten Fragebogen**

Nr.	Befragungsmethode	Geschlecht	Alter	Ausbildung	Beruf
1	Persönlich	w	60	Beamtin	Pensionistin
2	Persönlich	w	63	Lehre	Pensionistin
3	Persönlich	m	58	Lehre	Bäcker
4	Persönlich	m	31	Lehre	Elektriker
5	Persönlich	m	49	Lehre	Mechaniker
6	Persönlich	m	23	HTL	Student
7	Persönlich	w	43	Studium	Lehrerin
8	Persönlich	m	71	Bundesheer	Pensionist
9	Persönlich	w	51	Lehre	Bürokauffrau
10	Persönlich	w	61	Lehre	Hausfrau
11	Persönlich	m	63	Beamter	Pensionist
12	Persönlich	m	46	Lehre	Schlossermeister
13	Persönlich	w	65	Hauptschule	Hausfrau
14	Persönlich	m	82	Hauptschule	Pensionist
15	Persönlich	w	69	Hauptschule	Pensionistin
16	Persönlich	w	18	HLW	Schülerin
17	Persönlich	m	18	Lehre	Lehrling
18	Persönlich	w	68	Pflegehelferin	Pensionistin
19	Persönlich	m	58	Polizei	Polizist
20	Persönlich	w	42	Lehre	Einzelhandelskauffrau
21	Persönlich	w	73	Lehre	Pensionistin
22	Persönlich	m	50	Studium	Lehrer
23	Persönlich	w	66	Hauptschule	Pensionistin
24	Persönlich	m	61	Maurer	Pensionist
25	Persönlich	w	53	Lehre	Bürokauffrau
26	Online	w	32	Lehre	Landwirt
27	Online	w	45	Matura	Angestellte
28	Online	m	34	Lehrabschluss	Angestellter
29	Online	m	21	Matura	Student
30	Online	m	27	BMS	Certifying Technician
31	Online	m	23	Matura	IT Technik
32	Online	m	29	Werkmeister	Elektrokonstrukteur
33	Online	m	27	Matura	Ingenieur
34	Online	w	49	Fachschule	Landwirtin
35	Online	w	47	Lehre	Hausfrau
36	Online	w	40	Matura	Grafikerin
37	Online	m	19	Lehre	Maschinenbautechniker
38	Online	w	23	Matura	Studentin
39	Online	m	37	Matura	Angestellter

40	Online	m	44	FH	Beamter
41	Online	m	22	Lehre	Landwirt

Nr.	Störendstes Verkehrsgeräusch	Aussetzung Verkehrslärm [h]	Möglichkeit Beeinträchtigung	Beeinträchtigung vorhanden	Beeinträchtigungsart
1	Alle	24	Nein	trifft nicht zu	Keine
2	Autos, Motorräder	24	Ja	trifft nicht zu	Keine
3	Motorräder	18	Nein	trifft nicht zu	Keine
4	Motorräder	14	Ja	trifft eher zu	Gesundheitlich
5	Motorräder	12	Nein	trifft nicht zu	Keine
6	Motorräder	10	Ja	trifft nicht zu	Keine
7	Motorräder	24	Ja	trifft nicht zu	Keine
8	Alle	8	Nein	trifft nicht zu	Keine
9	Motorräder	12	Nein	trifft nicht zu	Keine
10	Motorräder	24	Ja	trifft nicht zu	Keine
11	Motorräder	10	Ja	trifft nicht zu	Keine
12	Autos; Motorräder	10	Ja	trifft eher zu	Psychisch
13	Motorräder	12	Nein	trifft nicht zu	Keine
14	Motorräder	14	Ja	trifft eher zu	Psychisch
15	Motorräder	24	Ja	trifft nicht zu	Keine
16	Motorräder	15	Ja	trifft nicht zu	Keine
17	Motorräder	24	Ja	trifft nicht zu	Keine
18	Motorräder	12	Nein	trifft nicht zu	Keine
19	Motorräder	24	Ja	trifft nicht zu	Keine
20	Motorräder	16	Nein	trifft nicht zu	Keine
21	Motorräder	24	Ja	trifft sehr zu	Gesundheitlich
22	Motorräder	15	Nein	trifft nicht zu	Keine
23	Motorräder	24	Nein	trifft nicht zu	Keine
24	Autos; Motorräder	24	Ja	trifft nicht zu	Keine
25	Motorräder	24	Nein	trifft nicht zu	Keine
26	Motorräder	1	-	trifft nicht zu	Keine
27	PKW, Motorräder	1	-	trifft nicht zu	Psychisch
28	Motorräder	6	-	trifft nicht zu	Keine
29	Motorräder, LKW	10	-	trifft nicht zu	Keine

30	Motorräder	4,5	-	trifft nicht zu	Keine
31	LKW	12	-	trifft eher zu	Psychisch
32	Motorräder, LKW	3	-	trifft nicht zu	Keine
33	Motorräder	12	-	trifft nicht zu	Keine
34	Motorräder	18	-	trifft eher zu	Psychisch, Gesundheitlich
35	Motorräder	24	-	trifft eher zu	Gesundheitlich
36	Motorräder, LKW	12	-	trifft nicht zu	Keine
37	Motorräder	12	-	trifft nicht zu	Keine
38	Motorräder	6	-	trifft nicht zu	Keine
39	Motorräder	8	-	trifft nicht zu	Keine
40	Motorräder, LKW	12	-	trifft eher zu	Psychisch, Gesundheitlich
41	Motorräder	15	-	trifft nicht zu	Keine

Nr.	Störfaktor Verkehrslärm	Beeinträchtigung durch Verkehrslärm	Beeinträchtigung im Alltag	Beeinträchtigung.-stärke
1	3	mittelmäßig	Entspannung	8
2	10	sehr beeinträchtigt	Schlaf, Entspannung	9
3	9	mittelmäßig	Schlaf, Entspannung	8
4	10	sehr beeinträchtigt	Schlaf, Konzentration	7
5	10	mittelmäßig	Konzentration	5
6	9	sehr beeinträchtigt	Konzentration	8
7	10	sehr beeinträchtigt	Konzentration	10
8	8	mittelmäßig	Schlaf	7
9	8	mittelmäßig	Konzentration, Entspannung	7
10	10	sehr beeinträchtigt	Schlaf	9
11	7	mittelmäßig	Schlaf, Entspannung	9
12	10	sehr beeinträchtigt	Entspannung	10
13	4	nicht beeinträchtigt	Keine Beeinträchtigung	0
14	10	mittelmäßig	Schlaf	7
15	8	mittelmäßig	Konzentration	9

16	9	mittelmäßig	Konzentration	8
17	7	mittelmäßig	Schlaf, Entspannung	6
18	8	nicht beeinträchtigt	Schlaf	7
19	10	sehr beeinträchtigt	Schlaf, Entspannung, Konzentration	9
20	8	mittelmäßig	Entspannung	4
21	10	sehr beeinträchtigt	Entspannung	9
22	8	mittelmäßig	Entspannung	6
23	7	mittelmäßig	Schlaf	6
24	10	mittelmäßig	Konzentration, Entspannung	10
25	8	mittelmäßig	Konzentration	2
26	0	nicht beeinträchtigt	Keine	0
27	8	nicht beeinträchtigt	Entspannung	4
28	8	mittelmäßig	Entspannung	8
29	10	mittelmäßig	Entspannung, Konzentration	8
30	8	mittelmäßig	Konzentration	5
31	10	mittelmäßig	Schlaf, Entspannung	7
32	1	nicht beeinträchtigt	Keine	0
33	6	mittelmäßig	Entspannung	6
34	10	sehr beeinträchtigt	Schlaf, Konzentration, Entspannung	10
35	10	mittelmäßig	Entspannung	5
36	6	mittelmäßig	Entspannung	6
37	10	mittelmäßig	Konzentration, Entspannung	8
38	7	nicht beeinträchtigt	Keine	4
39	5	mittelmäßig	Entspannung	5
40	9	sehr beeinträchtigt	Schlaf, Konzentration, Entspannung	9
41	10	mittelmäßig	-	8

Nr.	Durchführung Maßnahmen	Maßnahmenart
1	Ja	Kontrollen
2	Nein	Keine
3	Ja	Straßensperren
4	Ja	Bußgelder, Kontrollen
5	Ich weiß nicht	Keine
6	Ja	Bauliche Maßnahmen am Einwirkungsort, Bußgelder
7	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen, Bußgelder, Straßensperren
8	Ja	Kontrollen
9	Ja	Kontrollen
10	Ja	Verkehrstafeln
11	Ich weiß nicht	Kontrollen
12	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen, Bauliche Maßnahmen am Schallausbreitungsweg, Kontrollen
13	Nein	Keine
14	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen
15	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen
16	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen
17	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen
18	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen
19	Ja	Bauliche Maßnahmen am Einwirkungsort, Bauliche Maßnahmen am Schallausbreitungsweg
20	Ich weiß nicht	Keine
21	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen, Kontrollen
22	Ja	Bußgelder
23	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen
24	Ja	Geschwindigkeitsbegrenzungen, Bußgelder, Kontrollen

25	Nein	Keine
26	Nein	Geschw.begr.
27	Ja	Bußgelder, Straßensperren, Kontrollen
28	Ja	Geschw.begr., Bußgelder, Straßensperren
29	Ja	Geschw.begr., Baul. Maßn. Schallausbr., Baul. Maßn. Einw.ort, Bußgelder, Straßensperren
30	Ja	Bußgelder
31	Ich weiß nicht	Geschw.begr., Sonstiges
32	Ja	Baul. Maßn. Schallausbr.
33	Ja	Baul. Maßn. Schallausbr., Bußgelder
34	Ja	Bußgelder, Straßensperren
35	Ja	Bußgelder
36	Ja	Geschw.begr., Bußgelder, Straßensperren
37	Ja	Geschw.begr., Bußgelder, Sonstiges, Kontrollen
38	Ja	Geschw.begr., Bußgelder, Straßensperren
39	Ja	Geschw.begr., Bußgelder, Straßensperren
40	Ja	Geschw.begr., Baul. Maßn. Schallausbr., Baul. Maßn. Einw.ort, Bußgelder, Sonstiges, Kontrollen
41	Ja	Geschw.begr., Bußgelder, Sonstiges