

D
I
P
L
O
M
A
R
B
E
I
T

Wahl von repräsentativen Messpunkten neben der Fahrbahn für statistische Vorbeifahrtgeräuschpegelmessungen des Straßenverkehrs

Verfasser:

Sonja Kröpfl

Diplomarbeit für das Fachgebiet
VERKEHRSWESEN

Betreuung:

Gerd Sammer

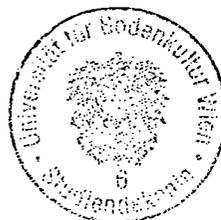
o. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Manfred Kalivoda

Dipl.-Ing. Dr. techn.

Michael Meschik

Dipl.-Ing. Dr.nat. techn.



Institut für Verkehrswesen
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur
Universität für Bodenkultur Wien

Inhalt

1.	Einleitung	3
2.	Aufgabenstellung	5
3.	Grundlagen	6
3.1	Akustische Grundlagen	6
3.1.1	Schall	6
3.1.2	Luftschall	7
3.1.3	Lärm	7
3.1.4	Frequenzbewertung A	9
3.1.5	Pegeldefinitionen	10
3.1.6	Addition von Pegeln	12
3.1.7	Schallausbreitung	12
3.2	Gesamtgeräusch einer KFZ-Vorbeifahrt (Overall Vehicle Noise)	14
3.2.1	Luftwiderstand	14
3.2.2	Antriebsgeräusche	14
3.2.3	Reifen-Fahrbahn Geräusch	15
3.2.4	Einfluss der Geschwindigkeit auf die Lärmentwicklung	18
3.3	Ermittlung der Kfz-Geräuschemissionen	18
3.3.1	Statistical Pass-By method ISO 11819-1	18
3.3.2	Immissionsberechnungsverfahren nach RVS 3.02	21
3.3.3	Immissionsberechnungsverfahren gemäß HARMONOISE	24
4.	Kfz-Geräuschmessung	28
4.1	Messgeräte	28
4.2	Messschema	28
4.3	Messstelle A 2 km 12,0	34
4.3.1	Die Mikrofonpositionen	35
4.3.2	Verwendete Messgeräte	37
4.4	Messstelle A 1 km 81,5	38
4.4.1	Die Mikrofonpositionen	38
4.4.2	Verwendete Messgeräte	41
4.5	Messstelle A 3 km 1,8	42

4.5.1	Die Mikrofonpositionen.....	43
4.5.2	Verwendete Messgeräte.....	44
5.	Auswertung.....	45
5.1	Geschwindigkeitsabhängigkeit des $L_{A,E}$	45
5.1.1	Messstelle A2 km 12.....	45
5.1.2	Messstelle A3 km 1,8.....	47
5.2	Vergleich der Mikrofonpositionen.....	49
5.2.1	Messstelle A 2 km 12.....	49
5.2.2	Messstelle A 3 km 1,8.....	56
5.3	Genauer Abstand Reifen – Mikrofon.....	62
5.3.1	Distanz Diagramme.....	64
5.4	Vergleich der Fahrstreifen.....	69
6.	Interpretation der Ergebnisse.....	71
6.1	Vertikaler Vergleich der Mikrofonpositionen.....	71
6.2	Horizontaler Vergleich der Mikrofonpositionen.....	72
6.3	Vergleich Reifen – Mikrofon Distanzen.....	72
7.	Beurteilung der Ergebnisse.....	74
8.	Kurzfassung.....	76
9.	Literaturverzeichnis.....	77
10.	Anhang.....	79

1. EINLEITUNG

Auf Österreichs Straßen kommt es seit den letzten 40 Jahren zu einem ständig steigenden Verkehrsaufkommen. Die Fahrleistung bezüglich des motorisierten Personenverkehrs stieg von rund 80.000 Millionen Personenkilometer im Jahre 1985 auf rund 150.000 Millionen Personenkilometer im Jahre 2002. Anhand der Abbildung 1 kann festgestellt werden, dass 25% der Fahrleistung des Personenverkehrs auf den öffentlichen Verkehr, Fußgängerverkehr und Radverkehr fallen und 75% auf Zweiräder, Flugverkehr und PKW Verkehr. Die Zunahme der Fahrleistung ist vor allem auf das Wachstum im PKW und Flugverkehr zurückzuführen.

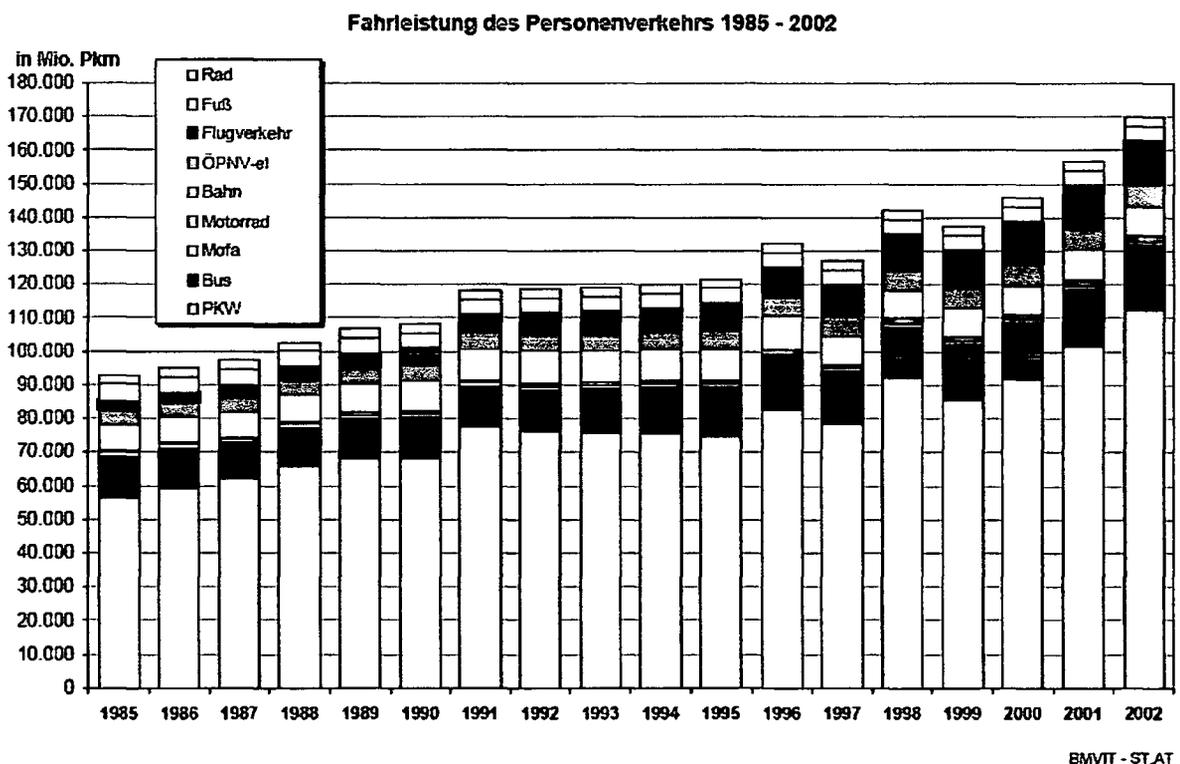


Abbildung 1: Fahrleistung des Personenverkehrs [Statistik Austria, 2003]

Obwohl in den letzten Jahren viel in lärmarme Fahrzeuge investiert wurde, konnte durch die starke Zunahme des Verkehrs der mit dem Straßenverkehr verbundenen Lärmbelastigung nicht entgegengewirkt werden. Durch technische Maßnahmen haben zwar die Spitzenpegel abgenommen, das Lärmniveau der Straße steigt aber. Für die Autofahrer selbst ist dies durch die entscheidend verbesserte Geräuschdämmung im Inneren der Fahrzeuge oft nicht

wahrnehmbar, sondern betrifft im Besonderen jene Menschen, die im Straßennahbereich leben. Ein wesentlicher Beitrag zur Herabsetzung des Verkehrslärms ist neben der Weiterentwicklung von lärmarmen Fahrzeugen die Reduzierung des Reifen/Fahrbahn-Geräusches.

Reifen/Fahrbahn-Geräusche entstehen beim Abrollen des Reifens auf der Fahrbahn und sind stark abhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit, vom Reifentyp des Fahrzeuges und von der Oberflächenbeschaffenheit der Straße. Eine Verminderung der Geräuschemissionen im Straßenverkehr ist somit von vielen Faktoren abhängig und erfordert die Betrachtung der einzelnen Lärmquellen im Straßenverkehr genauso wie deren Zusammenspiel.

Da die gesetzlichen Maximalwerte von Geräuschemissionen des Straßenverkehrs kontinuierlich abgesenkt werden, muss das Gesamtsystem mit allen möglichen Einflüssen genauer betrachtet werden, um den gesteigerten Anforderungen der Lärmgesetzgebung gerecht zu werden. [Kalivoda, et al., 2003]

Während sich in den vergangenen Jahren die Frage nach einer wirkungsvollen Methode einer spezifischen Lärmreduzierung des Verkehrslärmes immer mehr verdeutlichte, zeigen die Daten des Umweltkontrollberichtes, dass die Zahl der Österreicher, die sich insgesamt durch Lärm beeinträchtigt fühlt, sinkt.

Wurde in den 70er Jahren die Beeinträchtigung durch Lärm noch von durchschnittlich 50 % der Bevölkerung genannt, waren es in den 90er Jahren nur noch 35 % und im Jahre 2003 29,1% der Österreicher die angaben, durch Lärm gestört zu werden. Als Resümee ergibt sich somit, dass während die generelle Lärmbelästigung sinkt, ein deutlicher Anstieg der Lärmquelle Verkehr, insbesondere des Straßenverkehrslärmes stattfindet und dieser bei fehlenden Maßnahmen auch weiterhin zu erwarten ist. [Umweltbundesamt, 1993]

2. AUFGABENSTELLUNG

Ziel dieser Diplomarbeit ist es festzustellen, unter welchen Umständen es zulässig ist, die Messergebnisse des Vorbeifahrtsgeräusches von verschiedene Fahrzeugkategorien für verschiedene Messabstände ineinander überzuführen und inwieweit die tatsächlichen Ausbreitungsbedingungen von den theoretischen Ausbreitungsbedingungen gemäß RVS 3.02, 1997 abweichen.

Dabei werden folgende nationale und internationale Richtlinien genauer betrachtet:

RVS 3.02 [Österreichische Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehr (FSV), 1997]

ISO 11819-1 [ISO 11819-1, 1997]

HARMONOISE [HARMONOISE, 2004]

Zur Beantwortung der gestellten Frage werden an mehreren Straßenquerschnitten Vorbeifahrtpegelmessungen durchgeführt, ausgewertet und verglichen. Schwerpunktmäßig werden die theoretisch ermittelten Ausbreitungsbedingungen betrachtet und interpretiert. Folgende Fragestellung soll beantwortet werden: Welche Messentfernung zu den Fahrstreifen und welche Mikrofonpositionen erweisen sich als zweckmäßig?

Nach der Literaturrecherche werden Vorbeifahrtpegelmessungen mit Mikrofonen in unterschiedlicher Entfernung von der Fahrstreifenachse durchgeführt und anschließend statistisch ausgewertet.

Durch die unterschiedlichen Anforderungen in den verschiedenen Richtlinien ergeben sich einige Schwierigkeiten bezüglich der Umsetzung.

Die ISO 11819-1 (Messung des Einflusses von Fahrbahnbelägen auf das Straßenverkehrsgeräusch, Teil 1: Statistische Vorbeifahrtmethode) sowie das harmonisierte europäische Immissionsprognosemodell (HARMONOISE) enthalten Vorschriften für die Messkonfiguration und Durchführung von Vorbeifahrtpegelmessungen. Wesentlich ist dabei, dass das Mikrofon in 7,5 m Entfernung von der Fahrstreifenmitte aufgestellt werden muss. Bei mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen hat das zur Konsequenz, dass mit einer Mikrofonaufstellung nur die Fahrzeuge auf einem Fahrstreifen gemessen werden dürfen, was einen zusätzlichen Messaufwand zur Folge hat. Da in Österreich die für 7,5 m ermittelten Geräuschemissionswerte ohnehin auf einen Referenzabstand von 1 m von der Quelle umgerechnet werden müssen, um in der RVS 3.02 verwendet werden zu können, stellt sich die Frage, ob eine Messanordnung gefunden werden kann, um für alle Richtlinien konform messen zu können.

3. GRUNDLAGEN

3.1 Akustische Grundlagen

3.1.1 Schall

Schall ist eine messbare Größe, die als Schwingungsvorgang beschrieben werden kann, der sich in verschiedenen Medien wellenförmig ausbreitet. Die mechanischen Schwingungen in elastischen Medien entstehen, wenn die kleinsten Teilchen eines elastischen Stoffes (Moleküle) durch eine äußere Kraft aus ihrer Gleichgewichtslage herausbewegt und anschließend sich selbst überlassen werden. Infolge von Elastizitäts- und Trägheitskräften pendeln die Materieteilchen periodisch um ihre ursprüngliche Ruhelage hin und her. Das Auftreten von Schall ist untrennbar an die Existenz von Materie gebunden. Schall kommt in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern vor. Im Vakuum gibt es keinen Schall. Die häufigste Form ist die Ausbreitung in Gasen (z.B. Luft) und wird daher als Luftschall bezeichnet. Tritt Schall in Flüssigkeiten (z.B. Wasser) auf, wird er als Flüssigkeitsschall bezeichnet, Schallausbreitung in festen Stoffen (z.B. Wände, Decken) nennt man Körperschall. [Kalivoda, et al., 1998]

Eine genauere Unterteilung des Schalls erfolgt in:

- (1) Hörschall, er tritt im hörbaren Bereich des Menschen auf. Wahrnehmbar für das menschliche Ohr sind Frequenzen zwischen etwa 16 Hz und 20.000 Hz, und ein Schalldruckpegelbereich von 0 dB bis 140 dB. Hörschall wird bei harmonischen Schwingungen als Ton oder Klang bezeichnet und bei unharmonischen Schwingungen und Schwingungsgemischen als Geräusch oder Knall empfunden.
- (2) Infraschall bezeichnet Schwingungen mit Frequenzen unterhalb von 16 Hz, die für das menschliche Gehör nicht wahrnehmbar sind (tritt z.B. bei Erdbebenwellen auf).
- (3) Ultraschall, bezeichnet den Schall oberhalb der menschlichen Hörschwelle, mit Frequenzen zwischen 20 kHz und 1000 MHz.
- (4) Hyperschall, bezeichnet Töne noch höherer Frequenz.

3.1.2 Luftschall

Als Luftschall wird jener Schall bezeichnet, der durch Schwankungen der Luftdichte um den statischen Luftdruck entsteht. Dabei entstehen Über- und Unterdruck, der sich örtlich und zeitlich auszugleichen versucht.

Luftschall liegt im hörbaren Bereich des menschlichen Gehörs und kann auch durch Anregung fester Körper zu Schwingungen hervorgerufen werden, wenn diese Körper mit der Luft in Berührung stehen. Der primär entstehende Körperschall wird dabei auf die Luft übertragen, d.h. in die Luft abgestrahlt. Die Zeitintervalle zwischen diesen Schwingungsvorgängen können einander gleich, dann spricht man von einer periodischen Schwingung, oder voneinander verschieden sein, eine so genannte nicht periodische Schwingung.

Die Frequenzzusammensetzung einer akustischen Messgröße wird in der Akustik mit Hilfe von Terzfiltern, Oktavfiltern oder mit Schmalbandanalysatoren (FFT) durchgeführt. Eine häufige Unterteilung des Frequenzbandes erfolgt in Terz- oder Oktavschritte. Jede Frequenzhalbierung bzw. Verdoppelung bedeutet eine Oktave: 5000 Hz liegen 2 Oktaven unter 20000 Hz. Die Oktave wird wiederum in Terzen aufgeteilt. Drei Terzen entsprechen einer Oktave. Die Mittelfrequenzen sowie die Ober -und Untergrenzen je Terz- bzw. Oktavband sind international genormt. [ÖNORM S 9012]

3.1.3 Lärm

Eine umfassende und häufig verwendete Definition von Lärm beschreibt „Lärm als unerwünschten, störenden und belästigenden Schall“ [ÖNORM S 5004].

Lärm zählt zu den am weitest verbreiteten Belastungen für Mensch und Umwelt. Der Straßenverkehr ist die gravierendste Lärmquelle in Europa. Die Belastungssituation ist durch zwei gegenläufige Entwicklungen gekennzeichnet. Die technischen Verbesserungen an Pkw, Lkw und Bussen, sowie die zunehmende Einrichtung von verkehrsberuhigten Zonen führen zu einer Minderung der Belastungen. Dem wirken die Zunahme der Kfz-Zahlen und die Gesamtfahrleistungen entgegen. So hat sich seit 1960 der Personenverkehr nahezu verdreifacht und der Güterverkehr im gleichen Zeitraum mehr als verdoppelt, mit weiter steigender Tendenz.

Die von unterschiedlichen Verkehrsträgern emittierten Geräusche belästigen bei gleichem äquivalentem Dauerschallpegel unterschiedlich stark, grundsätzlich können jedoch drei wesentliche Formen der Lärmbelastigungen, abhängig von der Lärmstärke, unterschieden werden:

- (1) Psychosoziale Lärmwirkungen (Lästigkeit, Belästigung) resultieren im Wesentlichen aus Störungen von Kommunikation, Ruhe und Entspannung. Sie beeinträchtigen die Lebensqualität und führen langfristig zu Verhaltensänderungen.
- (2) Die Störung kognitiver Leistungen resultiert aus verminderter Sprachverständlichkeit, Bindung mentaler Verarbeitungskapazität, Ablenkung von der Arbeitsaufgabe oder indirekt infolge lärmbedingter Schlafstörungen.
- (3) Störungen des Schlafes werden als besonders gravierend empfunden, zumal diese konsekutiv auch Befinden und Leistung am Tage beeinträchtigen. Sie sind vordringlich zu untersuchen, weil das Verkehrsaufkommen in der Nacht stärker als am Tage ansteigt. [Kalivoda et. al, 1998]

Die Lautstärke eines Geräusches wird durch die Höhe seines Schalldruckpegels gemessen und in dB (Dezibel) beschrieben. Aufgrund des logarithmischen Maßstabs bedeuten Veränderungen der Lautstärke folgendes für das menschliche Ohr:

- 1 dB Minderung: kaum merkbar
- 3 dB Minderung: deutlich merkbar
- 5 dB Minderung: Reduzierung um 30 %
- 10 dB Minderung: Halbierung der Lautheit

Um der unterschiedlichen Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs für unterschiedlich hohe Töne Rechnung zu tragen, wird aus dem energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} der so genannte A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel LA_{eq} gebildet. Die A-Bewertung kann vom Messgerät automatisch durchgeführt werden und wird in allen einschlägigen österreichischen Gesetzen, Normen und Richtlinien verwendet.

3.1.4 Frequenzbewertung A

Die Tonhöhe eines Schalls hängt von der Häufigkeit der Druckschwankungen ab, wobei die Anzahl der Druckschwankungen pro Sekunde Frequenz genannt wird und in der Einheit „Hertz“ (Abkürzung Hz) angegeben wird. Das menschliche Gehör ist für verschiedene Frequenzen unterschiedlich empfindlich. Es nimmt tieffrequente Geräusche und hochfrequente Geräusche bei gleicher Lautstärke als schwächer, leiser wahr als sie eigentlich sind und ist bei sehr tiefen und hohen Frequenzen weniger empfindlich als im mittleren Frequenzbereich. Dieser mittlere Frequenzbereich von etwa 500 Hz bis 4000 Hz entspricht dem Großteil der uns umgebenden, natürlichen Alltagsgeräusche, insbesondere der Sprache. Dieser Effekt, der unterschiedlichen Frequenzempfindlichkeit ist zusätzlich von der Geräuschstärke (= dem Pegel) abhängig und erschwert die Messtechnik in der Praxis. Aus diesem Grund wurde eine für die praktische Messung vorgeschriebene Korrekturkurve, die so genannte „A-Bewertung“, vereinbart. Somit konnten bessere Ergebnisse für die empfundenen Geräusche, die zusätzlich von der Geräuschstärke abhängig sind, erzielt werden. [Kalivoda, et al., 1998]

Es ergibt sich somit folgende Formel:

$$L(t) = 10 \cdot \lg \sum 10^{[L_f(t) - \Delta L_f]/10}$$

ΔL_f = Pegelzuschlag oder Pegelabschlag

Bei tiefen und hohen Frequenzen wird ein international genormter Pegel vom gemessenen Pegel abgezogen und im mittleren Frequenzbereich erfolgt ein Pegelzuschlag. Heute werden so gemessenen Schallpegel international durch einen Index A gekennzeichnet ($L_A = A$ bewerteter Schallpegel) und in dB(A) angegeben.

3.1.5 Pegeldefinitionen

Die folgenden Pegel werden in diversen Richtlinien für die Berechnung herangezogen und werden aus diesem Grund in diesem Kapitel genauer erläutert.

Schallpegel

Schalldruckpegel [dB]

$$L_p = 10 \cdot \lg\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0}$$

p... effektiver Schalldruck

p₀...Bezugsschalldruck (ausgedrückt in der gleichen Einheit wie p)

Der Bezugsschalldruck für Luftschall ist p₀ = 20 μ Pa = 20 μ N/m².

Schalleistungspegel [dB]

$$L_w = 10 \cdot \lg \frac{W}{W_0}$$

W...Schalleistung

W₀...Bezugsschalleistung (ausgedrückt in der gleichen Einheit wie W)

Die Bezugsschalleistung für Luftschall ist

$$W_0 = 10^{-12} W = 1 pW$$

Energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq}

Viele Schallereignisse, beispielsweise Verkehrslärm, sind zeitlich mehr oder weniger schwankende Größen. Während der Vorbeifahrt eines Fahrzeuges treten recht hohe Pegel auf, in der übrigen Zeit herrscht Ruhe. Für die Beschreibung eines zeitlich schwankenden Schallereignisses benötigt man ein Verfahren, das für ein bestimmtes Zeitintervall (Messzeit t 1 bis t 2) einen repräsentativen Durchschnittswert liefert.

Das weltweit zurzeit am häufigsten verwendete Verfahren zur Bildung eines zeitlichen Mittelwertes aus einem schwankenden Geräusch ist der energieäquivalente Dauerschallpegel

L_{eq} . Der energieäquivalente Dauerschallpegel wird als jener errechnet, der bei Geräuschen mit schwankendem Schalldruckpegel energieäquivalent ist. Das bedeutet, dass auch bei der zeitlichen Mittelung nicht Pegel, sondern Energien summiert werden. Aus diesen summierten Energien wird schlussendlich ein Pegel gebildet. Der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} berücksichtigt alle Geräuschanteile entsprechend ihrer Dauer, Häufigkeit und Intensität im betrachteten Zeitraum. Die Höhe des L_{eq} ist abhängig von:

- (1) verkehrsbezogenen Parametern (Anzahl der Pkw und Lkw, Geschwindigkeit der Fahrzeuge)
- (2) straßenbezogenen Parametern (Fahrbahndecke und Längsneigung)
- (3) Ausbreitungsbedingungen (Topographie, Dämpfungen, Abschirmungen)

Einzelereignispegel $L_{A,E}$

Der Schallereignispegel $L_{A,E}$ oder SEL dient der Beschreibung einzelner Schallereignisse und hat bei einer Sekunde Dauer den gleichen Energiegehalt wie das über den gesamten Zeitverlauf schwankende, gesamte Schallereignis einer Vorbeifahrt. Im Gegensatz zum A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ ist der $L_{A,E}$ Zeit unabhängig, wodurch eine bessere Vergleichbarkeit der einzelnen Schall-Ereignisse erreicht werden kann.

Der Einzelereignispegel $L_{A,E}$ errechnet sich aus der Formel:

$$L_{A,E} = L_{A,eq} + 10 \lg T$$

Maximalpegel $L_{A,max}$

Der Maximalpegel ist der höchste, während der Messzeit auftretende A-bewertete Schalldruckpegel.

3.1.6 Addition von Pegeln

Die Addition und Subtraktion von Pegelwerten erfolgt aufgrund der mathematischen Rechenvorschriften für Logarithmen durch die energetische Summation der Einzelpegel $L(t)$:

$$L(t) = 10 \cdot \lg \sum 10^{L_f(t)/10}$$

Die in den einzelnen Frequenzbändern abgestrahlte Geräuschenergie wird zur Gesamtenergie des Geräusches summiert und daraus wird erneut ein Pegelwert gebildet. Da mit dieser Methode nicht die Einzelpegel, sondern die einzelnen Energieinhalte addiert werden, wird ein derart gebildeter Pegel als "energetisch addiert" oder "energieäquivalent" bezeichnet.

Eine Schallpegelminderung oder eine Schallpegelerhöhung um die Hälfte bzw. um das Doppelte bewirkt bei Linienschallquellen (z.B. einer Straße), durch die zylindrische Ausbreitungsrichtung der Schallwelle, einen Pegelunterschied von 3 dB. So ergibt die Addition von 60 dB + 60 dB nicht 120dB, sondern einen Wert von 63dB.

Bei punktförmigen Schallquellen (z.B. einer Maschine) ergibt sich ein Pegelunterschied von 6 dB. Dies liegt an der kugelförmigen Ausbreitungsrichtung der Schallwellen.

3.1.7 Schallausbreitung

Von einer kugelförmigen Schallquelle breitet sich die Schalleistung nach allen Raumrichtungen annähernd strahlenförmig aus. Im freien Schallfeld, d.h. bei ungestörter Schallausbreitung, nimmt der Schalldruckpegel daher bei zunehmender Entfernung zur Schallquelle in dem Maße ab, wie sich die abgestrahlte Schalleistung auf immer größer werdende Hüllflächen um die Schallquelle verteilt. Für den Zusammenhang zwischen dem Schalldruckpegel (L_1) auf einer Hüllfläche (S_1) im Abstand (r_1) vom Mittelpunkt der Quelle und dem Schalldruckpegel (L_2) auf einer Hüllfläche (S_2) im Abstand (r_2) gilt dann in größerer Entfernung von der Schallquelle (Fernfeld) die Beziehung:

$$L_2 = L_1 - 10 \left(\lg \frac{S_2}{S_1} \right)$$

Für kugelförmige oder halbkugelförmige Schallabstrahlungen (näherungsweise punktförmige Schallquellen im freien Raum oder auf reflektierender Grundfläche) erhält man daraus:

$$L_2 = L_1 - \Delta L_r = L_1 - 20 \left(\lg \frac{r_2}{r_1} \right)$$

Eine Verdoppelung des Abstandes bedeutet demnach eine Pegelabnahme um 6 dB, Verzehnfachung des Abstandes eine Abnahme um 20 dB. Für den in der Praxis ebenfalls häufig auftretenden Fall der linienförmigen Schallquelle (schallabstrahlende Rohrleitung, stark befahrene Straße) ergibt sich für zylinderförmige Abstrahlung aus folgender Gleichung die Beziehung:

$$L_2 = L_1 - \Delta L_r = L_1 - 10 \left(\lg \frac{r_2}{r_1} \right)$$

Das bedeutet bei Verdoppelung des Abstandes erfolgt eine Pegelabnahme um 3 dB, bei Verzehnfachung des Abstandes eine Abnahme von 10 dB. Die Abstände r_1 und r_2 gelten dabei stets senkrecht zur Linienquelle. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit hängt vom jeweiligen Medium ab und beträgt bei Luftschall, der Gegenstand dieser Arbeit ist, bei Zimmertemperatur etwa 340 m/s. Für den Höreindruck sind die Lautstärke und die Tonhöhe besonders wichtig.

3.2 Gesamtgeräusch einer KFZ-Vorbeifahrt (Overall Vehicle Noise)

Das Gesamtgeräusch einer KFZ-Vorbeifahrt unterteilt sich in das Geräusch, das durch den Luftwiderstand an den verschiedenen Karosseriekanten entsteht (Wind Turbulence Noise), das Geräusch des Antriebsstrangs (Power Unit Noise) und das Geräusch, das durch die Wechselwirkung von Fahrbahnoberfläche und darüber rollendem Reifen bedingt wird (Tyre Road Noise). [Kalivoda, et al., 2003]

3.2.1 Luftwiderstand

Als Luftwiderstand wird jener Teil des Widerstands von Fahrzeugen bezeichnet, der durch die Verdrängung der umgebenden Luft und durch deren Reibung an der Fahrzeugoberfläche entsteht. Er ist neben dem Luftdruck von der senkrecht zur Bewegungsrichtung weisenden Fläche und der Formgebung abhängig. Der aerodynamische cw-Wert bezeichnet den Luftwiderstand bei festen Körpern, insbesondere bei Kraftfahrzeugen.

Bei relativ kleinen Körpern mit großer Masse, wie beispielsweise bei Fahrzeugen, können der Luftwiderstand und die Geräusche, die durch den Luftwiderstand entstehen, vernachlässigt werden, da die Geräuschenstehung bei Vorbeifahrten hauptsächlich durch die Motoren sowie durch die Reibung zwischen Rad und Fahrstreifenoberfläche hervorgerufen wird.

Die im Antriebsstrang eines Kfz entstehenden verschiedenen Geräusche lassen sich wie folgt unterteilen:

3.2.2 Antriebsgeräusche

Motorgeräusch, dieses unterteilt sich vorwiegend in:

- (1) Gaswechselgeräusche, welche durch die pulsierende Strömung der angesaugten Luft und der ausströmenden Abgase hervorgerufen werden. Die schallabstrahlenden Bauteile sind im Wesentlichen die Oberflächen der luft-, gemisch- und abgasführenden Teile.

- (2) Verbrennungsgeräusche, werden hervorgerufen durch schlagartigen Zylinderdruckanstieg und die durch Zylinderdruckschwankungen. Die abstrahlenden Teile sind u.a. der Zylinderkopf und Ventildeckel sowie der Einlass- und Auslasskrümmer.
- (3) Triebwerksgeräusche, entstehen durch Stöße in den Pleuellagern, Kurbelwellenlagern sowie durch Kolbenschläge.
- (4) Steuerungsgeräusche, entstehen durch Ventilstöße unmittelbar bei der Nockenwelle und deren Antrieb, im Einspritzpumpenantrieb, der Einspritzpumpe und den Einspritzdüsen. Die schallabstrahlenden Bauteile sind der Zylinderkopf, die Räderkastendeckel und das Einspritzpumpengehäuse.

3.2.3 Reifen-Fahrbahn Geräusch

Entstehungsmechanismen

Auf der Fahrbahnoberfläche entsteht durch das Abrollen eines Reifens Schall, der als Reifen-Fahrbahn-Geräusch bezeichnet wird. Dieser Schall breitet sich über die ihn umgebende Luft aus. Die Fahrbahneigenschaften spielen sowohl bei der Schallanregung und Schallabstrahlung als auch bei der Schallausbreitung eine Rolle. In Abbildung 2 werden die verschiedenen Arten des Rollgeräusches dargestellt.

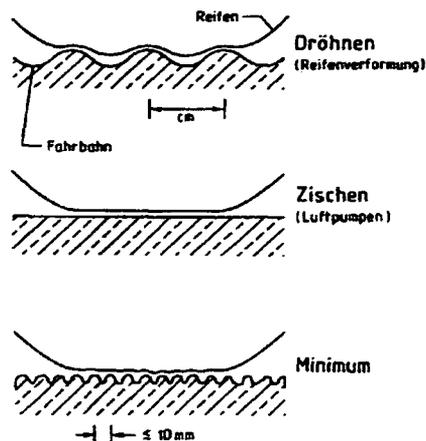


Abbildung 2: Die verschiedenen Arten des Rollgeräusches [Sommer, 1992]

...the ... of ...

Schallanregung

Hinsichtlich der Schallanregung werden zwei Arten von Mechanismen unterschieden:

- (1) Anregung mechanischer Schwingungen des Reifens
- (2) Auslösung aerodynamischer Vorgänge in der Kontaktfläche

Mechanische Anregung

Die Verformung des Reifens durch den Rollvorgang und das Eindringen von Rauigkeitselementen der Fahrbahnoberfläche in die (profilierte) Lauffläche führen zu einer lokalen Änderung der dynamischen Steife und damit zu einer parametrischen Kraftanregung. Der Zusammenhang zwischen Fahbahnrauigkeit und entstehender Kraftverteilung im Reifen-Fahrbahn-Kontakt ist somit nicht linear, wodurch auch der Zusammenhang zwischen Fahbahnrauigkeit und messbarer Schalldruckverteilung nicht linear ist. Anzahl, Form und Ausdehnung der Kontaktflächen und damit auch der Kontaktdruckverteilung zwischen Reifen (Profil) und Fahrbahn können je nach Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche stark variieren. Abbildung 3 zeigt die mechanische Schwingungsanregung am rollenden Reifen.

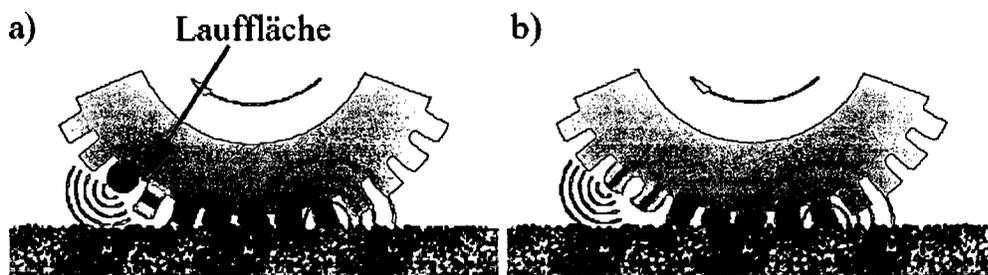


Abbildung 3: Mechanische Schwingungsanregung am rollenden Reifen. Entstehung (a) radialer Schwingungen und (b) tangentialer Schwingungen an Profilklötzen und Lauffläche [Beckenbauer, et al., Seite 1, 2003]

Die Anregung des Reifens zu mechanischen Schwingungen betrifft auch die Profilklötze im Kontaktbereich. Die Klötze werden beim Abrollen unter Einwirkung großer tangentialer und radialer dynamischer Kräfte verformt, dies führt wiederum zur Anregung von Schwingungen.

Kommt der Profilklotz wieder los, schwingt er sowohl in radialer als auch tangentialer Richtung aus. Hinsichtlich der mechanischen Anregung sind also die dynamischen Verformungen der Profilklotze und der Lauffläche durch den Abrollvorgang und die Fahrbahntextur zu unterscheiden. Adhäsionskräfte und Gleitreibungseffekte (sticksnap bzw. stickslip Effekte) zwischen Profilklotzen und Fahrbahn verstärken diese Effekte unter Umständen, stellen jedoch keine grundsätzlich neuen Entstehungsmechanismen dar.

Aerodynamische Anregung

Luft ist ein kompressibles Medium. Dies führt dazu, dass die Luft in der Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahn im Gegensatz zu Wasser nicht nur verdrängt, sondern bei hohem Staudruck in den Hohlräumen auch komprimiert wird. Bei zu hohem Staudruck von Wasser schwimmt der Reifen wegen der sehr geringen Kompressibilität des Mediums auf („Aquaplaning“). Rollt der Reifen weiter, kommen diese Hohlräume wieder frei und die eingeschlossene Luft wird entspannt („air-pumping“). Die räumliche Trennung zwischen Profileinlauf, an dem die Luft eingesaugt wird, und dem Profilauslauf, an dem die komprimierte Luft ausströmt, ist akustisch von Bedeutung. Sie führt zur Abstrahlung höher frequenter Schallanteile ($f > 1$ kHz), wogegen sich tieffrequente Schallanteile mit im Vergleich zur Länge der Reifenaufstandsfläche großen Wellenlängen bereits unmittelbar an der Kontaktfläche aufgrund der Gegenphasigkeit der Vorgänge am Profilein- und am Profilauslauf kompensieren. Rotation und Fortbewegung des Reifens und die Verdrängung an Hindernissen in der Kontaktfläche (Fahrbahnrauigkeit) führen zur Strömung der Luft durch die von Profil und Fahrbahn gebildeten Kanäle, Hohlräume und Begrenzungsflächen.

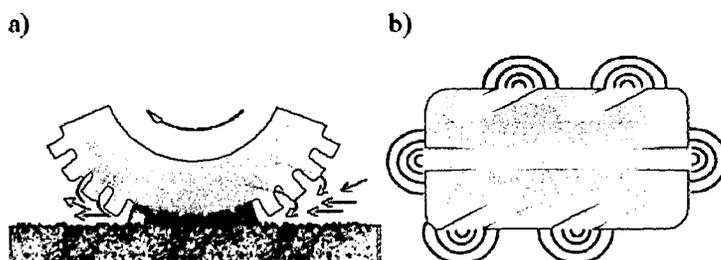


Abbildung 4: Aerodynamische Schwingungsanregung am rollenden Reifen (a) air-pumping, (b) schwingende Luftsäulen im Reifen-Fahrbahn-Kontakt [Beckenbauer, et al, Seite 2, 2003]

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

3.2.4 Einfluss der Geschwindigkeit auf die Lärmentwicklung

Wenn ein Pkw in hohen Getriebegängen (4. oder 5. Gang) gefahren wird, dominiert das Abrollgeräusch der Reifen auf der Fahrbahn. Fährt man dagegen hochoberig mit niedrigen Getriebegängen, tritt das von Motor und Getriebe abgestrahlte Geräusch in den Vordergrund. Das reine Rollgeräusch eines Mittelklasse-Pkws mit 55 kW Nennleistung beträgt bei 50 km/h in 7,5 m Entfernung etwa 66 dB(A). Wird dasselbe Fahrzeug im 4. Gang gefahren, steigt der Pegel bei der Vorbeifahrt auf etwa 68 dB(A) an und im 2. Gang beträgt der Pegel dieses Fahrzeuges bereits fast 77 dB(A). Entsprechend frühes Hochschalten, kann speziell im städtischen Bereich die Geräuschemission beim Pkw senken.

3.3 Ermittlung der Kfz-Geräuschemissionen

3.3.1 Statistical Pass-By method ISO 11819-1

Die ISO Norm 11819-1 legt ein Verfahren zum Vergleich der Verkehrsgeräusche auf unterschiedlichen Straßenoberflächen bei verschiedenen Verkehrszusammensetzungen fest, um die einzelnen Arten von Straßenoberflächen zu bewerten. Diese Norm bietet somit eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung von Geräuschemissionswerten für die Immissionsberechnungsverfahren RVS 3.02 und HARMONOISE und beinhaltet eine äußerst detaillierte Anweisung zur Auswahl des Straßenabschnittes. Das statistische Vorbeifahrtverfahren (SPB-Verfahren, SPB = Statistical Pass-By) zielt im Wesentlichen auf zweierlei ab:

- (1) es dient der Klassifizierung von Oberflächen in typischem und üblichem Zustand hinsichtlich ihrer Einflüsse auf das Verkehrsgeräusch (Klassifizierung der Oberflächen) und
- (2) es kann zur Bewertung des Einflusses verschiedener Oberflächen auf das Verkehrsgeräusch an bestimmten Orten benutzt werden, unabhängig von Zustand und Alter der Straße.

Bei diesem Verfahren werden Straßenabschnitte betrachtet, an denen die Vorbeifahrten gemessen werden. Das Verfahren gilt für frei fließenden Verkehr bei konstanten zulässigen

Geschwindigkeiten von mindestens 50 km/h. Unter anderen Bedingungen wenn der Verkehr nicht frei fließt, wie an Kreuzungen oder bei stauendem Verkehr, ist der Einfluss der Straßenoberfläche von untergeordneter Bedeutung. Eine genaue Unterteilung erfolgt bei den unterschiedlichen Geschwindigkeitsbeschränkungen der Straßen, in städtische, vorstädtische und ländliche Straßen. Die Geschwindigkeitsbeschränkungen im städtischen Gebiet reichen von 45 km/h bis 64 km/h, im vorstädtischen Gebiet von 65 km/h bis 99 km/h und im ländlichen Gebiet von 100 km/h und darüber hinaus.

Zur Beurteilung der unterschiedlichen Straßenoberflächen werden die Fahrzeugtypen in zwei Kategorien unterteilt. In der ersten Kategorie befinden sich Personenkraftwagen. In der zweiten Kategorie befinden sich schwere Fahrzeuge mit zwei Achsen und mehr als vier Rädern, wie zum Beispiel Lastwägen und Autobusse.

Eine genauere Unterteilung der zweiten Kategorie erfolgt in:

- (1) schwere Fahrzeuge mit 2 Achsen und
- (2) schwere Fahrzeuge mit mehr als 2 Achsen.

Für das statistische Vorbeifahrtverfahren werden ausschließlich Fahrzeuge gemessen, die in den Kategorien genauer beschrieben werden und daher für die Messung wichtig sind. Fahrzeuge auf die in den Kategorien nicht näher eingegangen wird, haben einen so geringen prozentuellen Anteil am gesamt Verkehrsaufkommen und üben einen so geringen Einfluss auf das Messergebnis aus, dass sie für dieses Messverfahren nicht herangezogen werden.

Auswahl des Straßenabschnittes

Die Auswahl des Straßenabschnittes erfolgt nach folgenden Kriterien:

- (1) An beiden Straßenseiten sollte 30 m akustische freie Fläche anschließen, für Geschwindigkeiten über 100 km/h sind 50 m akustische freie Fläche an beiden Seiten des Mikrophonstandorts erforderlich, da die akustische Oberflächenreflexion von Gegenständen unter 10 dB betragen muss. Als Richtwert kann auch die Distanz von

25 m akustische frei Fläche vom Mikrofonstandort gewählt werden, um richtige Rahmenbedingungen für die Messung darzustellen.

- (2) Der Straßenverlauf muss gerade und als ebene Fläche verlaufen. Straßenkurven, unebene Flächen ebenso wie anschließende Straßengräben und Dämme sind für diese Art der Messung unbrauchbar. Straßengräben müssen mindestens 5 m von der Messstelle entfernt sein. Straßenzäune beeinflussen die Messergebnisse nicht und können ignoriert werden.
- (3) Hintergrundgeräusche müssen unter 10 dB des Maximalpegels von der Vorbeifahrt liegen.
- (4) Die Straßenoberfläche sollte in einem guten Zustand sein.
- (5) Bei der Vorbeifahrtsmessung ist darauf zu achten, dass von jeder Fahrzeugkategorie ausreichend viele Fahrzeuge aufgezeichnet werden, um eine normgemäße Messung durchführen zu können. Von der Kategorie 1 sollen mindestens 100 Fahrzeuge, von der Kategorie 2a (schwere Fahrzeuge mit 2 Achsen) mindestens 30 Fahrzeuge und von der Kategorie 2b (schwere Fahrzeuge mit mehr als 2 Achsen) sollen mindestens 30 Fahrzeuge aufgezeichnet werden. Es besteht auch die Möglichkeit von der Kategorie 2a und 2b in Summe 80 Fahrzeuge aufzuzeichnen.
- (6) Bei der Messung sollen nur einzelne Vorbeifahrten aufgezeichnet werden. Eine Differenz von 6 dB zwischen dem A-bewerteten Schalldruckpegel und dem Maximalpegel sollte gegeben sein.

Mikrofonposition

Die horizontale Mikrofonposition befindet sich 7,5 m (+/- 0,1 m) von der Mitte des ersten Fahrstreifens. Ist die notwendige akustische freie Fläche bei der ersten nicht gegeben, ist es auch möglich, den zweiten Fahrstreifen für die Messung heranzuziehen. Idealerweise sollte die Oberfläche zwischen der Mikrofonposition und der Testlinie dasselbe Material aufweisen. Können diese Anforderungen nicht erfüllt werden, sollte zumindest die Hälfte der Fläche zwischen der Mikrofonposition und der Testlinie ähnliche akustische Eigenschaften aufweisen wie die gewählte Straßenoberfläche. Wenn es sich um vegetative Oberflächen bis 3,75 m nahe der Mikrofonposition handelt, wie zum Beispiel Gras, sollte die Oberfläche so kurz wie möglich gehalten werden. Die Höhe des Mikrophons liegt bei vorgegebenen 1,2 m (+/- 0,1 m).

Die Geschwindigkeit des jeweiligen Fahrzeuges wird in dem Moment gemessen, in dem der Fahrzeugmittelpunkt den Mikrofonstandort passiert. Die Messdauer einer gemessenen Vorbeifahrt beträgt 15 Sekunden. Für Einflussgrößen wie die Temperatur sind Lufttemperaturen vorgeschrieben. Die Lufttemperatur sollte 1 m bis 1,5 m nahe der Straßenoberfläche gemessen werden, um die Einflussparameter wie Windgeschwindigkeit und direkte Sonneneinstrahlung möglichst gering zu halten und die Werte sollen zwischen 5°C und 50°C liegen. Die Straßenoberfläche muss trocken sein und die optimale Straßenoberfläche für diese Messung hat eine dichte und einheitliche Oberfläche mit einer maximalen Korngröße von 11 mm bis 16 mm. Vom akustischen Standpunkt aus entspricht das dem Split-Mastix Asphalt mit der vorgegebenen Korngröße. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die ausgewählten Straßenabschnitte etwa derselben Altersklasse entsprechen. [ISO 11819-1, 1997]

Auswertung

Bei der Vorbeifahrtmessung wird der Maximalpegel, (der höchste während der Messzeit auftretende A-bewertete Schalldruckpegel) von einer bestimmten Anzahl von Vorbeifahrten gemessen. Jede einzelne Vorbeifahrt wird zusammen mit der Geschwindigkeit des Fahrzeuges aufgezeichnet und anschließend ausgewertet.

3.3.2 Immissionsberechnungsverfahren nach RVS 3.02

Die Richtlinie befasst sich mit der Lärmbelastung durch den Straßenverkehr in bebautem wie auch in unbebautem Gebiet. Ziel ist es, die Lärmbelastung zu verringern oder gering zu halten, um die Immissionsgrenzwerte des jeweiligen Gebietes nicht zu überschreiten. In dieser Richtlinie wird der A-bewertete Schallpegel herangezogen, der die augenblickliche Stärke der Schallimmission kennzeichnet. Der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel, besonders geeignet für Schallereignisse mit schwankendem Schallpegel, dient der Ermittlung des Immissionsschallpegels am Immissionsort. Als Schallquelle wird die Emissionslinie berechnet, die sich in 0,5 m Höhe über der Fahrstreifenmitte befindet. Die RVS unterscheidet, auf gleiche Weise wie die ISO, drei Fahrzeugkategorien: Personenkraftwagen (Pkw), leichte und schwere Lastkraftwagen (Lkw und sLKW).

Die erste Kategorie beinhaltet neben Personenkraftwagen auch Lieferfahrzeuge ohne Zwillingsbereifung, Wohnwagengespanne und Wohnmobile. In der Kategorie leichte Lastkraftwagen befinden sich Autobusse, Lkw ohne Anhänger und Krafträder, in die Kategorie schwere Lastkraftwagen werden Sattelschlepper und Lkw mit Anhänger eingeteilt. Ein wichtiger Einfluss auf die Lärmbelastung ergibt sich auch durch die Verkehrsstärke. Die Ermittlung der Verkehrsstärke erfolgt aufgrund automatischer Dauerzählstellen, händischer Verkehrszählungen oder der Ermittlung aus einer 24-stündigen Querschnittszählung an einem Werktag.

Die Messung des Immissionsschallpegels hat bis Windgeschwindigkeiten von 3 m/sek zu erfolgen und bei einer eindeutigen Hauptwindrichtung ist diese in Richtung der Schallausbreitung zu messen. Die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung werden in einer Höhe von 3 m gemessen und dokumentiert. Eine Messung darf bei ungünstigen Wetterlagen wie Schneefall, Niederschlag oder dichtem Nebel nicht durchgeführt werden. Die Messdauer hängt von der Verkehrsstärke und der Verkehrszusammensetzung ab, es sollte jedoch eine kennzeichnende Verkehrssituation an einem Messquerschnitt gemessen werden. Bei Verkehrsstärken über 200 Kfz/h sollen mindestens 200 Kfz gemessen werden.

Die Berechnung der Schallemission wird durch den vom Verkehr verursachten A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel in 1 m Abstand von der Emissionslinie beschrieben. Durch die Wahl des Abstandes in 1 m Entfernung wird der Einfluss durch die Schallausbreitungsfaktoren besonders gering gehalten. Die Emissionslinie wird von folgenden verkehrs- und straßenbezogenen Faktoren bestimmt:

- (1) Anzahl der Pkw pro Stunde
- (2) Geschwindigkeit der Pkw in km/h
- (3) Anzahl der leichten Lkw pro Stunden
- (4) Anzahl der lärmarmen leichten Lkw pro Stunde
- (5) Anzahl der schweren Lkw pro Stunde
- (6) Anzahl der lärmarmen schweren Lkw pro Stunde
- (7) Geschwindigkeit der Lkw in km/h
- (8) Fahrbahnoberfläche
- (9) Längsneigung

Der Immissionsschallpegel errechnet sich aus der Schallemission mit dem Einfluss der Schallausbreitung.

In der RVS werden zwei verschiedene Berechnungen erläutert:

- (1) Die Berechnung einzelner Abschnitte, dazu wird die Emissionslinie in einzelne Abschnitte zerlegt und als punktförmige Schallquelle berechnet.
- (2) Die Berechnung für die „lange und gerade“ Straße, die für einheitliche Ausbreitungsbedingungen eingesetzt werden und anschließend berechnet werden.

Diese Methode wird auch als Profilmethode bezeichnet, da die Berechnung in einem Profil, quer zur Straße erfolgt. Die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche und die Geschwindigkeitsbeschränkungen sind vor der Messung festzustellen.

Die Bezeichnung „lange“ Straße, trifft zu, wenn sich der Schall ohne Abminderung durch Hindernisse rechts und links von der Straße auf jeweils 3 m ausbreiten kann. Der angegebene Abstand soll senkrecht zur Straße angegeben werden. Ein schallabschirmendes Hindernis, darf in dem Bereich nur in konstanter Höhe, im Bezug zur Fahrbahn und senkrecht vom Immissionsort auf die Straße verlaufen. Als „gerade“ Straßen werden bezüglich der Schallemission homogen verlaufende Flächen bezeichnet. [Österreichische Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehr (FSV), 1997]

3.3.3 Immissionsberechnungsverfahren gemäß HARMONOISE

Das harmonisierte europäische Immissionsprognosemodell (HARMONOISE) wurde im Rahmen der Europäischen Lärmpolitik (Umweltlärmrichtlinie) ins Leben gerufen und beinhaltet eine Liste von Fahrzeugkategorien, die für die Lärmmessung in Europa verwendet werden und als Richtlinie dienen.

Es gibt fünf Hauptkategorien, die zur Datenauswertung herangezogen werden. Diese Hauptkategorien teilen sich in 18-22 Unterkategorien, die zur Datenerfassung notwendig sind und genau definiert werden (siehe Abbildung 5).

- (1) In der ersten Fahrzeughauptkategorie befinden sich Leichtfahrzeuge mit den Unterkategorien, Personenkraftwagen mit 2 Achsen und 4 Rädern, Vans, Pickup-Fahrzeuge und Personenkraftwagen mit Anhänger, die eine Achsenanzahl von maximal 4 Achsen aufweisen mit maximal 2 Rädern pro Achse. Eine weitere Unterkategorie bilden Elektrofahrzeuge und Hybridfahrzeuge, die bemessen nach dem Jahre 2003 wegen ihrer geringen Anzahl noch keine eigene Fahrzeugkategorie bilden.
- (2) Die zweite Hauptkategorie beinhaltet Busse mit 2 Achsen und 6 Rädern. Leichte Lastkraftwagen und schwere Vans mit 2 Achsen und 6 Rädern, zweiachsige O-Busse und zweiachsige Fahrzeuge, die speziell zur Lärminderung entwickelt wurden. (Diese letzte Unterkategorie beinhaltet jedoch keine geräuscharmen Fahrzeuge, die in Österreich mit einem grünen L gekennzeichnet sind.)
- (3) Schwere Fahrzeuge bilden die dritte Hauptkategorie mit 3-4-achsigen Bussen, schweren Lastkraftwagen mit 3 oder mehr Achsen, 3-4-achsigen O-Bussen und 3-4-achsigen Fahrzeugen, die speziell zur Lärminderung entwickelt wurden. (Diese letzte Unterkategorie beinhaltet jedoch keine geräuscharmen Fahrzeuge, die in Österreich mit einem grünen L gekennzeichnet sind.)
- (4) Die vierte Hauptkategorie beinhaltet alle bisher noch nicht aufgezählten Schwerfahrzeuge, wie zum Beispiel Traktoren, Tankfahrzeuge und andere landwirtschaftliche Fahrzeuge.
- (5) Zweiräder bilden die fünfte und somit letzte Hauptkategorie, mit den Unterkategorien Mopeds und Motorräder, wobei auch dreirädrige Motorräder zu dieser Gruppe gezählt werden.

Zum Zweck der Lärmemissionsvermeidung von Straßenfahrzeugen führt diese Unterteilung wegen der genauen Gliederung der Unterkategorien zu den genauesten Ergebnissen. Meist sind Detaildaten (Unterkategorien) nicht vollständig vorhanden. Aus diesem Grund gibt es die Möglichkeit, die fehlenden Werte prozentuell anzugeben und nur die Hauptkategorien zu verwenden. Wenn nur die jeweiligen Werte der Leicht- und Schwerfahrzeuge vorhanden sind, können diese verwendet werden, wenn die fehlenden Subkategorien proportional ergänzt werden.

Main category (type)	No.	Sub-categories: Example of vehicle types	Notes
Light vehicles	1a	Cars (incl MPV:s up to 7 seats)	2 axles, max 4 wheels
	1b	Vans, SUV, pickup trucks, RV, car+trailer or car+caravan ⁽¹⁾ , MPV:s with 8-9 seats	2-4 axles ⁽¹⁾ , max 2 wheels per axle
	1c	Electric vehicles, hybrid vehicles driven in electric mode ⁽²⁾	Driven in combustion engine mode: See note
Medium heavy vehicles	2a	Buses	2 axles (6 wheels)
	2b	Light trucks and heavy vans	2 axles (6 wheels) ⁽³⁾
	2c	Medium heavy trucks	2 axles (6 wheels) ⁽³⁾
	2d	Trolley buses	2 axles
	2e	Vehicles designed for extra low noise driving	2 axles ⁽⁵⁾
Heavy vehicles	3a	Buses	3-4 axles
	3b	Heavy trucks ⁽⁴⁾	3 axles
	3c	Heavy trucks ⁽⁴⁾	4-5 axles
	3d	Heavy trucks ⁽⁴⁾	≥6 axles
	3e	Trolley buses	3-4 axles
	3f	Vehicles designed for extra low noise driving	3-4 axles ⁽⁵⁾
Other heavy vehicles	4a	Construction trucks (partly off-road use) ⁽⁴⁾	
	4b	Agr. tractors, machines, dumper trucks, tanks	
Two-wheelers	5a	Mopeds, scooters	Include also 3-wheel motorcycles
	5b	Motorcycles	

(1) 3-4 axles on car & trailer or car & caravan

(2) Hybrid vehicles driven in combustion engine mode: Classify as either 1a or 1b

(3) Also 4-wheel trucks, if it is evident that they are >3.5 tons

(4) If a high exhaust is noted, identify this in the test report. Categorize this as 3b', 3c', 3d' or 4a'

(5) For example, there are some delivery trucks designed for extra low noise (meeting more stringent standards than the current EU limiting levels) combined with a driving mode called "Whisper mode" making it possible to drive in a residential area with much lower noise emission than for a conventional delivery truck. All trucks and buses especially designed in accordance with these ideas are counted in this category.

Abbildung 5: Darstellung der Haupt- und Unterkategorien nach HARMONOISE [Sandberg, Seite 28, 2003]

Die Straßenoberflächen weisen wichtige Faktoren auf, die eine Messung wesentlich beeinflussen können. Optimale Bedingungen sind gegeben durch eine Standardstraßenoberfläche (wie zum Beispiel Split-Mastix-Asphalt), maximale Korngrößen von 11-16mm, ein maximales Alter der Straße von vier Jahren, da generell neuere Straßenoberflächen leiser sind als ältere und einen nicht abgenutzten Straßenzustand.

Personenkraftwagen im städtischen und stadtnahen Raum

Bei Personenkraftwagen im städtischen Gebiet dominiert der Reifenlärm bei allen Fahrbedingungen. Eine Ausnahme bildet die Beschleunigung vom Fahrzeugstillstand, oder einer niedrigen Geschwindigkeit, bei denen die Motorgeräusche den entscheidenden Faktor darstellen. Bei höherer Geschwindigkeit ($\geq 30\text{km/h}$) dominiert der Reifenlärm und die Motorgeräusche sind im Verhältnis dazu geringer. Hauptsächlich ältere Fahrzeuge und Dieselfahrzeuge bilden hierbei eine Ausnahme, bei ihnen stellen die Motorgeräusche einen wesentlichen Beitrag bis zu Geschwindigkeiten von etwa 50 km/h.

Ab einer Geschwindigkeit von 50 km/h, wie sie im stadtnahen Raum vorkommen, tragen die Motorengeräusche zu gleichen Teilen wie der Reifenlärm zum A-bewerteten Schallpegel bei. Wesentliche Unterschiede bei den Schallpegelergebnissen werden bestimmt durch die Beladung eines Fahrzeuges. Demnach liefert ein Fahrzeug derselben Kategorie mit einer Beladung andere Werte als ein unbeladenes Fahrzeug.

Lastkraftfahrzeuge auf Landstraßen

Auf Landstraßen mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 70-90 km/h dominieren die Reifengeräusche für die Fahrzeugkategorie Lastkraftwagen. Die unterschiedliche Reifenausstattung ruft die größten Unterschiede der Fahrzeuge hervor, wobei diese Unterschiede für die zweite Kategorie wesentlich größer sind, als für die erste Kategorie. Die Bereifung von Lastkraftfahrzeugen unterscheidet sich im Wesentlichen durch folgende fünf Punkte:

- (1) Reifenanzahl variiert bezüglich der verschiedenen Achsen und der unterschiedlichen Bereifung dieser Achsen. Die Reifenanzahl reicht von vier Rädern für kleinere

Lastkraftwagen bis maximal 24 für schwere Lastkraftwagen. Diese unterschiedliche Reifenanzahl beeinflusst die Lärmemissionswerte bis zu 6 dB(A).

- (2) Die Unterschiede zwischen den Reifentypen, da die Griffigkeit vom jeweiligen Reifentyp abhängig ist und dadurch ein jeweils unterschiedlicher Reifenlärm entsteht.
- (3) Bei der Bereifung von Lastkraftwagen wird immer häufiger, an Stelle von Zwillingsreifen, ein Reifen mit entsprechend großer Breite verwendet. Aktuelle Studien zeigen aber noch keine eindeutigen und klaren Auswirkungen des Lärmverhaltens.
- (4) Etwa 50 % der Reifen sind runderneuert und es ist noch nicht abzusehen inwiefern dadurch die Lärmemissionswerte beeinflusst werden.
- (5) Gebrauchträder weisen durch ihre Abnutzungserscheinungen ein anderes Lärmverhalten auf als neue Reifen. [Sandberg, 2003]

4. KFZ-GERÄUSCHMESSUNG

Dieses Kapitel gibt Aufschluss über die verwendeten Messgeräte, das Messschema und die anschließende Datenanalyse jener drei Messungen an Autobahnen die für diese Arbeit herangezogen wurden.

4.1 Messgeräte

Schallpegelmesser:

Schallpegelmesser der Klasse 0,7 mit Freifeldmikrophon mit der Anzeigedynamik „schnell“ wurden für diese Messungen verwendet. Die Anforderungen an Schallpegelmesser sind in der Eichvorschrift festgelegt. Bei der Auswahl von Messgeräten ist insbesondere darauf zu achten, dass der Dynamikbereich und der Messbereich für den jeweiligen Verwendungszweck ausreichend sind. Im amtlichen und rechtsgeschäftlichen Verkehr unterliegen die Schallpegelmesser der Eichpflicht. Die Nacheichfrist beträgt zwei Jahre.

Mikrophone:

Die Übertragungseigenschaften von Mikrofonen werden neben dem jeweils ausgenützten Wandlerprinzip davon bestimmt, dass der einwirkende Schalldruck eine Relativbewegung zwischen zwei elastisch verbundenen Körpern erzeugt. Man unterscheidet zwischen Kondensatormikrofonen, elektrodynamischen Mikrofonen und piezoelektrischen Mikrofonen (auch Kristallmikrophone genannt). In der akustischen Messtechnik kommen vorwiegend Kondensatormikrophone aufgrund ihres linearen Frequenzganges zum Einsatz.

4.2 Messschema

Alle Messungen fanden jeweils an einem Tag statt, wobei die reine Messzeit, ohne Messaufbau und Anreise, sechs-sieben Stunden betrug. Für jede Messung benötigt man eine Betretungsbewilligung, die in Form eines Bescheides von der jeweilig zuständigen Behörde ausgestellt wurde, sowie eine ausreichende und ordnungsgemäße Beschilderung und Kennzeichnung der Messstelle, durchgeführt von der Autobahnmeisterei.

Bei den Messungen wurden entsprechend der RVS 3.02 und der ISO 11819-1 Norm die Vorbeifahrten von Pkw, Lkw und s Lkw digital aufgezeichnet und es wurde darauf geachtet,

so viele Vorbeifahrten zu erfassen, dass eine normgerechte Auswertung erfolgen konnte. Zusätzlich zu der Vorbeifahrtgeräuschaufzeichnung wurde die Geschwindigkeit mittels Radarmessgerät gemessen und parallel zu den vorbeifahrenden Fahrzeugen mitnotiert und auch die meteorologischen Daten wurden neben den akustischen Daten und Geschwindigkeitsmessungen erfasst.

Im Messbereich wurde darauf geachtet, dass keine Geschwindigkeitsbeschränkungen vorhanden waren und auch keine unmittelbaren Abfahrmöglichkeiten oder Rastmöglichkeiten bestanden, um die Vorbeifahrtmessungen bei fließendem Verkehr durchführen zu können. Zu Beginn der Messung wurde das Aggregat zur Stromversorgung 60 m weit von der direkten Messstelle entfernt aufgestellt, betankt und gestartet, um die Stromversorgung zu gewährleisten. Auf dem Messtisch wurden die Geräte nacheinander aufgebaut und für die Messung betriebsbereit gemacht.

Die Messpositionen (MP) wurden mit einem Messband markiert, jeweils 7,5 m vom Fahrstreifenmittelpunkt entfernt, und zwei Masten wurden darauf aufgebaut, an welchen die Mikrophone (M) in den folgenden Höhen befestigt wurden (siehe auch Abbildung 10):

- (1) Das erste Mikrophon in 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in einer Höhe von 0,5 m. Dieser Messpunkt entspricht der HARMONOISE-Mikrophonposition zur Erfassung des Rollgeräusches von Fahrzeugen auf dem zweiten Fahrstreifen.
- (2) Mikrophon zwei in 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in einer Höhe von 1,2 m. Dieser Messpunkt entspricht dem Standardemissionspunkt gemäß RVS 3,02 für Fahrzeuge auf dem zweiten Fahrstreifen sowie der HARMONOISE-Mikrophonposition zur Erfassung des Antriebsgeräusches von Fahrzeugen auf dem zweiten Fahrstreifen.
- (3) Mikrophon drei in 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in einer Höhe von 2,0 m. Dieser Messpunkt befindet sich in halbem Abstand zwischen den Fahrzeugen auf dem ersten Fahrstreifen und dem Messpunkt MP6.
- (4) Mikrophon vier in 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in einer Höhe von 4,0 m. Dieser Messpunkt entspricht der HARMONOISE-Mikrophonposition zur Erfassung des Strömungsgeräusches von Fahrzeugen auf dem zweiten Fahrstreifen.

- (5) Mikrophon fünf in 7,5 m Entfernung von der Achse des ersten Fahrstreifens und in einer Höhe von 1,2 m, gemäß RVS 3,02 und HARMONOISE für Fahrzeuge auf dem ersten Fahrstreifen.
- (6) Mikrophon sechs in 7,5 m Entfernung von der Achse des ersten Fahrstreifens und in einer Höhe von 4,0 m nach HARMONOISE.

Bevor die Mikrophone in der richtigen Messposition befestigt werden konnten, wurde jedes Mikrophon mit einem Akustikkalibrator kalibriert (bei 100 Hz ein Schallsignal von 93,8 dB). Abschließend wurde noch das Radargerät an eine Batterie angeschlossen und die Kamera wurde in die richtige Position gebracht, um die Vorbeifahrten aufzuzeichnen. Abbildung 6 zeigt den Messtisch mit dem Temperatur- und Luftfeuchtmessgeräten, sowie den Zählgeräten zur Fahrzeugerkennung im Vordergrund, dahinter das MEDA Analysesystem, der Echtzeit-Schallanalysator und die zwei Mikrophonvorverstärker (von links nach rechts).

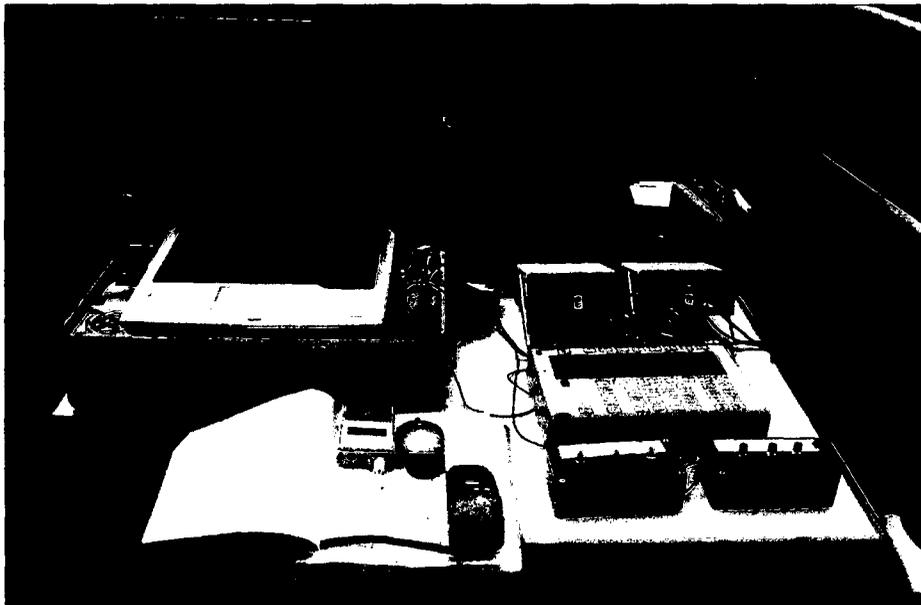


Abbildung 6: Messtisch mit Messgeräten

Datenanalyse

Die Analyse der Daten erfolgt im Anschluss an die Messung. Dabei werden für jede Messserie (eine Messserie umfasst den Zeitabschnitt von 10 aufgezeichneten Fahrzeugen, die unter den vorgegebenen Bedingungen für die Messung in Frage kommen) Pegel-über-Zeit-Diagramme (siehe Abbildung 7) erstellt, in denen sowohl der von den Mikrofonen aufgenommene Pegel sowie die händisch eingegebene Fahrzeugkategorie (sLKW, LKW oder PKW) enthalten sind. Aus diesen Diagrammen kann anschließend das individuelle Zeitintervall einer Vorbeifahrt aus der Messserie geschnitten werden und für jede Vorbeifahrt wird eine Pegelberechnung durchgeführt. Aus dieser Berechnung können dann verschiedene Beurteilungskriterien wie zum Beispiel der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel einer Vorbeifahrt LA_{eq} oder der A-bewertete Schallereignispegel einer Vorbeifahrt LA_E abgeleitet werden.

Wie das Zeitfenster gewählt werden muss um die Vorbeifahrt hinreichend genau beschreiben zu können zeigt Abbildung 7: Pegel-Zeitverlauf einer sLKW-Vorbeifahrt gemessen in 7,5 m Entfernung und 1,2 m Höhe. Diese exemplarisch Darstellung des Pegelschriebs zeigt eine typische sLKW Vorbeifahrt ($v = 87 \text{ km/h}$) in 7,5 m Entfernung von der Fahrstreifenachse und in einer Höhe von 1,2 m über Belagsoberkante. Der A-bewertete Schallereignispegel LA_E dieser Vorbeifahrt beträgt 92,5 dB(A). Das zugehörige Zeitfenster ist in Abbildung 7: Pegel-Zeitverlauf einer sLKW-Vorbeifahrt gemessen in 7,5 m Entfernung und 1,2 m Höhe mit vertikalen roten Linien gekennzeichnet. Der Pegelschrieb steigt von 78 dB auf knapp 92 dB an, womit der Pegelunterschied mehr als 10 dB beträgt. Ergeben sich Differenzen größer als 10 dB können eventuell auftretende, begleitende Geräuschabstrahlungen (zusätzliche, nicht der zu untersuchenden Vorbeifahrt zugehörige Geräuschquellen, Reflexionen, etc.) unberücksichtigt bleiben, da sie keine wesentlichen Auswirkungen auf den errechneten Schallereignispegel haben. Solche zusätzlichen Geräuschquellen sind in Abbildung 7: Pegel-Zeitverlauf einer sLKW-Vorbeifahrt gemessen in 7,5 m Entfernung und 1,2 m Höhe mit einem roten Kreis gekennzeichnet.

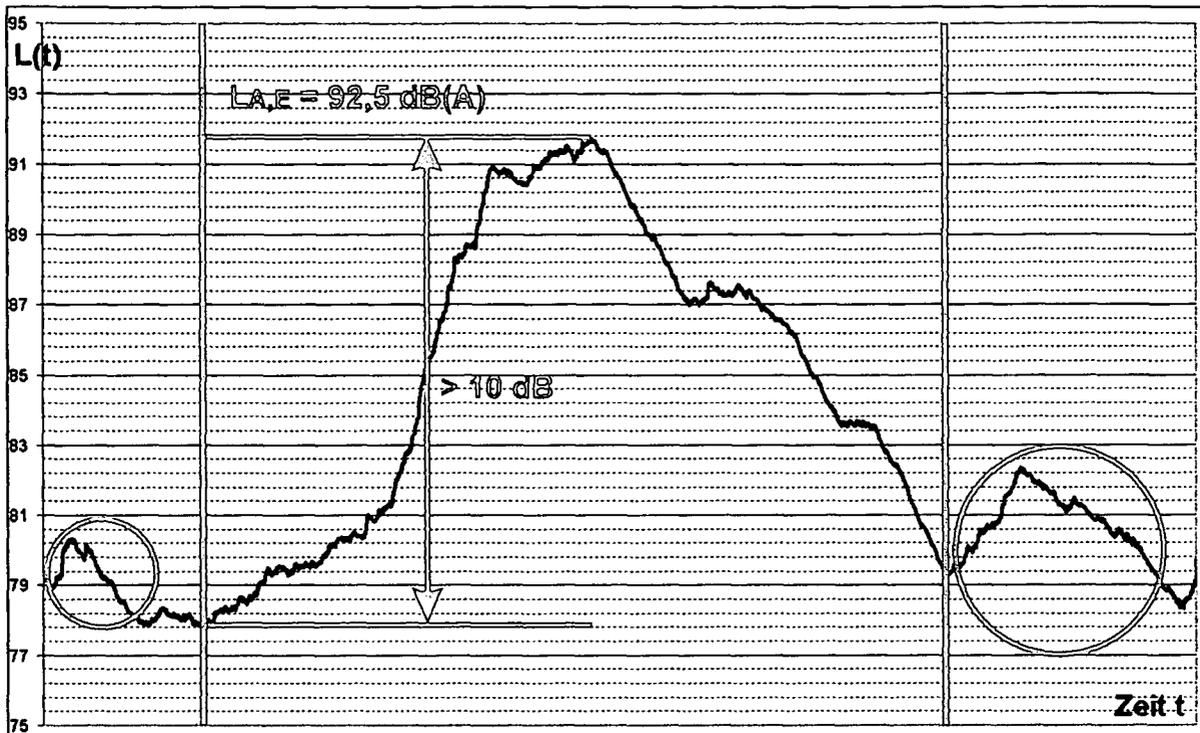


Abbildung 7: Pegel-Zeitverlauf einer sLKW – Vorbeifahrt gemessen in 7,5 m Entfernung und 1,2 m Höhe über Fahrbahnoberkante.

Die gewonnenen Daten werden anschließend statistisch analysiert (Korrelationen zwischen den Mikrofonpositionen, Fahrzeugarten, Geschwindigkeiten und den verschiedenen Oberflächenbeschaffenheiten) um eine Beurteilung zu ermöglichen.

Beurteilungspegel

Es gibt grundsätzlich mehrere Möglichkeiten ein impulshaftes Geräusch zu beurteilen. Die ISO Norm 11819-1 sieht vor, den maximalen A-bewerteten Schallpegel $L_{A,max}$ bei der Vorbeifahrt der Beurteilung zugrunde zu legen. Der $L_{A,max}$ ist grundsätzlich gut geeignet, die Auswirkungen von Geräuschspitzen zu beschreiben. Der Nachteil dieser Beurteilungsgröße liegt jedoch darin, dass der $L_{A,max}$ sehr stark auf einzelne Pegelspitzen reagiert und ein weiterer wesentlicher Nachteil liegt darin, dass alle Immissionsberechnungsmodelle auf A-bewerteten energieäquivalenten Pegeln basieren und nicht auf Maximalpegeln. Aus diesem Grund wird parallel zum $L_{A,max}$ der A-bewertete Schallereignispegel $L_{A,E}$ ermittelt, mit dem die gewonnenen Werte gegenübergestellt werden.

Der A-bewertete Schallereignispegel $L_{A,E}$ gibt die gesamte Schallenergie wieder, die bei der Vorbeifahrt abgestrahlt wird und kann somit einfach in einen energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ bzw. einen Immissionspegel umgerechnet werden.

4.3 Messstelle A 2 km 12,0

Die erste Messung fand am 01.06.2005 auf der A 2 Süd-Autobahn in Richtung Graz, bei km 12, auf einer Split-Mastix Oberfläche statt. Der Messungszeitraum umfasste sieben Stunden (reine Messzeit von 9 bis 16 Uhr). Die erste Messung fand bei idealen Messbedingungen, nämlich bei Temperaturen um 21°C, einer relativen Luftfeuchte von 40% und Windgeschwindigkeiten um 3 m/s statt.

Wie anhand des Querschnittes der A 2 Süd-Autobahn (Abbildung 8) zu sehen ist, besteht die A2 aus Zweirichtungsfahrbahnen mit jeweils dreistreifigen Straßen. Der Messquerschnitt musste neben dem Pannenstreifen, der eine Breite von 2,5 m beträgt, eine zusätzliche Ausweiche mit 3,5 m Breite aufweisen, um für die erste Messung als gewählte Messstelle in Frage zu kommen.

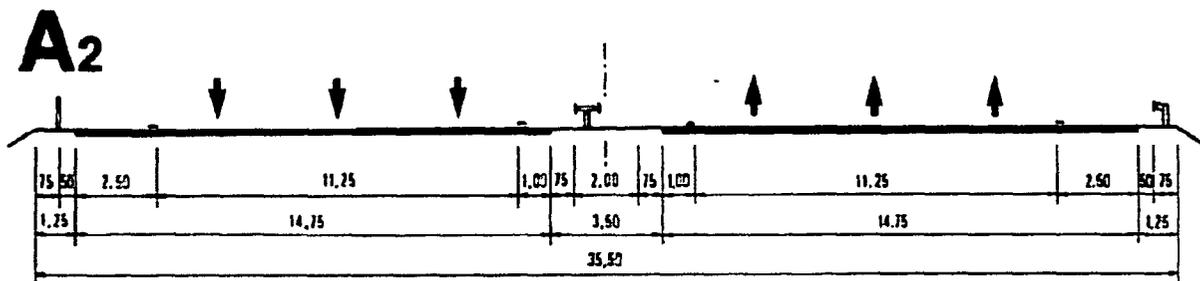


Abbildung 8: Querschnitt der A 2 Süd-Autobahn [Österreichische Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehr (FSV), 1997]



Abbildung 9: Messaufbau der ersten Messung A2 Südautobahn Fahrtrichtung Graz 01.06.05 mit einer Split-Mastix Oberfläche

4.3.1 Die Mikrofonpositionen

Die Mikrofonpositionen wurden wie folgt gewählt:

- M1: 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in 0,5 m Höhe über Fahrbahnoberkante. Dieser Messpunkt entspricht der HARMONOISE-Mikrofonposition zur Erfassung des Rollgeräusches von Fahrzeugen auf dem zweiten Fahrstreifen.
- M2: 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in 1,2 m Höhe über Fahrbahnoberkante. Dieser Messpunkt entspricht dem Standardemissionspunkt gem. RVS 3,02 für Fahrzeuge auf dem zweiten Fahrstreifen sowie der HARMONOISE-Mikrofonposition zur Erfassung des Antriebsgeräusches von Fahrzeugen auf dem zweiten Fahrstreifen.
- M3: 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in 2,0 m Höhe über Fahrbahnoberkante.
- M4: 7,5 m Entfernung von der Achse des zweiten Fahrstreifens und in 4,0 m Höhe über Fahrbahnoberkante. Dieser Messpunkt entspricht der HARMONOISE-Mikrofonposition zur Erfassung des Strömungsgeräusches von Fahrzeugen auf dem zweiten Fahrstreifen.
- M5: 7,5 m Entfernung von der Achse des ersten Fahrstreifens und in 1,2 m Höhe über Fahrbahnoberkante. Dieser Messpunkt entspricht dem Standardemissionspunkt gem. RVS 3,02 für Fahrzeuge auf dem ersten Fahrstreifen sowie der HARMONOISE-Mikrofonposition zur Erfassung des Antriebsgeräusches von Fahrzeugen auf dem ersten Fahrstreifen.
- M6: 7,5 m Entfernung von der Achse des ersten Fahrstreifens und in 4,0 m Höhe über Fahrbahnoberkante. Dieser Messpunkt entspricht der HARMONOISE-Mikrofonposition zur Erfassung des Strömungsgeräusches von Fahrzeugen auf dem ersten Fahrstreifen.

Mit dem digitalen Aufnahmesystem wurden die Pegel der Vorbeifahrten mit den entsprechenden Mikrofonkanälen (eins bis sechs, für die Mikrofonpositionen M1 bis M6) aufgezeichnet. Auf den Kanälen sieben (für den ersten Fahrstreifen) und acht (für den zweiten Fahrstreifen) wurden händisch die Zuordnungen zu den Fahrzeugkategorien

eingetragen und angemerkt, bei welchen Fahrten es sich um unbeeinflusste Vorbeifahrten handelt. Nur diese wurden für die weitere Auswertung herangezogen.

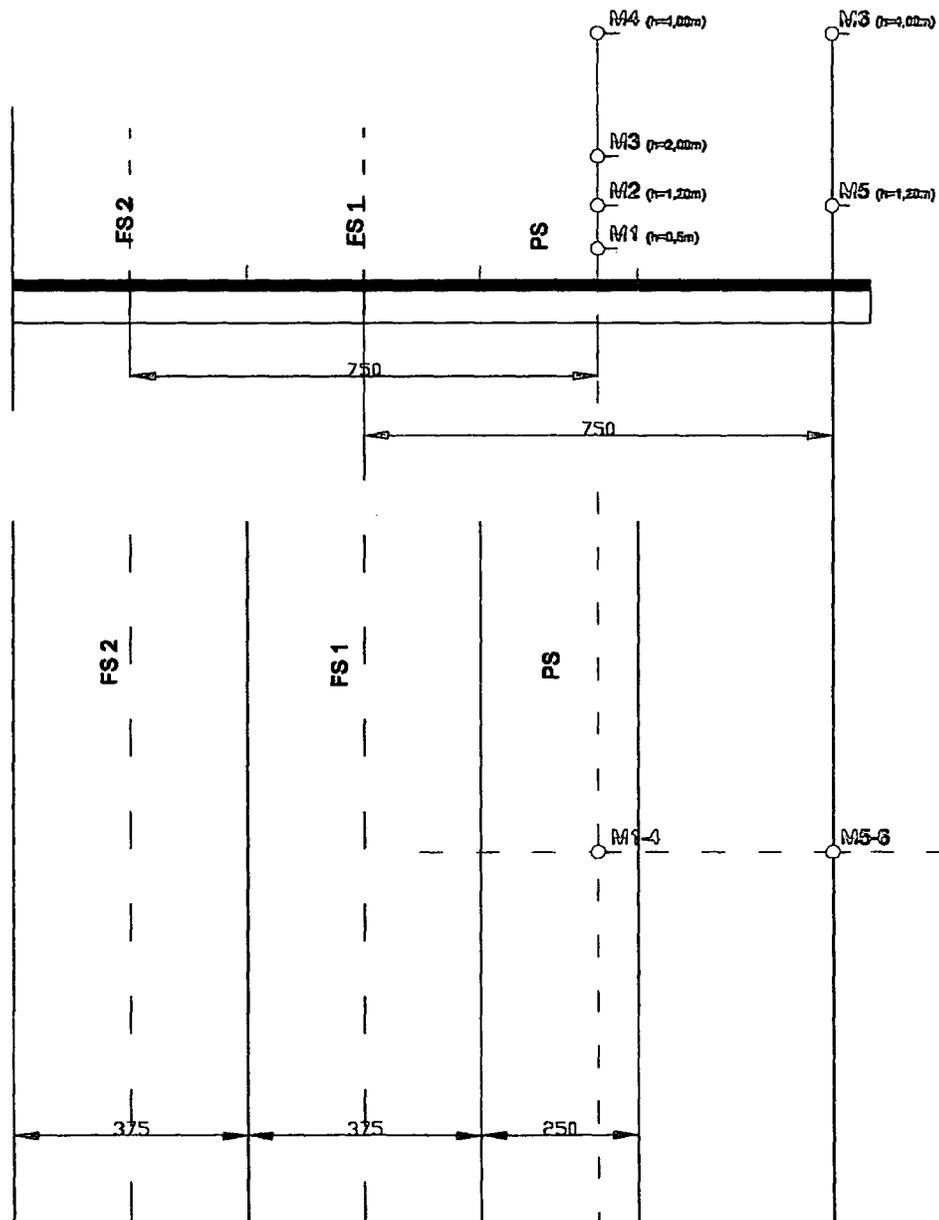


Abbildung 10: Mikrofonpositionen der ersten Messstelle, A2 Süd-Autobahn in Richtung Graz, km 12

Für die Auswahl der Messungen wurden folgende Vorbeifahrten herangezogen, welche im Zeitraum von 09:00 bis 16:00 gemessen wurden:

Tabelle 1: Anzahl aller gemessenen Vorbeifahrten beider Fahrstreifen, Messstelle 1, A2 Süd-Autobahn in Richtung Graz, km 12

Fahrzeugkategorien	01.06.2005		
	FS 1	FS 2	gesamt
Pkw	25	46	71
Lkw	18	5	23
sLkw	50	3	53

4.3.2 Verwendete Messgeräte

- (1) Echtzeit-Schallanalysator der Fa. Larson-Davis, Type LD 2900, Klasse 0,7; Eichung gültig bis 2005
- (2) MEDA Analysesysteme der Fa. Wölfel
- (3) 2 ½'' Mikrofonvorverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD900B; Eichung gültig bis 2005
- (4) 4 ½'' Mikrofonvorverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD900B; Eichung gültig bis 2006
- (5) 2 Signalverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD2200C
- (6) 2 ½'' Freifeldmikrofone der Fa. Larson-Davis, Type LD2451; Eichung gültig bis 2005
- (7) 4 ½'' Freifeldmikrofone der Fa. Larson-Davis, Type LD2451; Eichung gültig bis 2006
- (8) Akustikkalibrator der Fa. Rion, Type NC-73/M91; Klasse 0,6; Eichung gültig bis 2005
- (9) Zählgeräte zur Fahrzeugerkennung, Eigenbau
- (10) Temperatur- und Luftfeuchtemessgerät der Fa. Rotronic, Type A1-C80
- (11) Hand-Anemometer/Thermometer, Type 118.8116; Ser.Nr. 562
- (12) Radarpistole, Type UK15 DL2 der Fa. TSS

4.4 Messstelle A 1 km 81,5

Am 23. 06. 2005 wurde die zweite Messung durchgeführt. Der Abschnitt wurde auf einer Waschbetonoberfläche gewählt und befand sich auf der A1 West-Autobahn im Abschnitt km 81,5 Richtung Salzburg, vor der Abfahrt Melk.

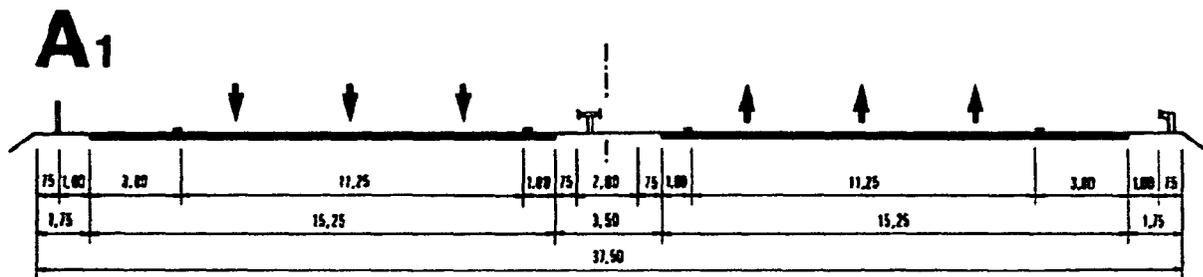


Abbildung 11: Querschnitt der A 1 West-Autobahn [Österreichische Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehr (FSV), 1997]

Bei der Wahl der Messstelle reichte eine durchschnittliche Breite des Pannestreifens von 3 m aus, (siehe Abbildung 11) da bei dieser Messung nur ein Messpunkt mit der Entfernung von 7,5 m zur Mitte des zweiten Fahrstreifens (somit 3,75 m Entfernung von der Achse des ersten Fahrstreifens) aufgestellt wurde. Gemessen wurde von 09:00 bis 16:00 bei sonnigem Wetter, einer Mittagstemperatur von 28°C, einer relativen Luftfeuchte von 38% und bei einer Windgeschwindigkeit von 1,2 m/sec (gemessen und aufgezeichnet um 12:45). Eine weitere Messung der meteorologischen Bedingungen erfolgte gegen Abschluss der Vorbeifahrtpegelmessungen, mit einer Temperatur von 31°C und einer relativen Luftfeuchte von 30% und einer Windgeschwindigkeit von <1 m/sec.

4.4.1 Die Mikrofonpositionen

Der Messaufbau gestaltete sich etwas einfacher als der Messaufbau der ersten Messung, da die Messung mit nur einem Messpunkt MP1 (mit den Mikrofonpositionen M1 bis M4) durchgeführt wurde. Mit dem Messpunkt MP1 wurde der erste Fahrstreifen gemessen, da die Ergebnisse dieser Messung für die Gegenüberstellung der genauen Abstände zu den berechneten Abständen von MP1 zu den Reifen der Vorbeifahrten (siehe Kapitel 5.3)

1. *Staphylococcus aureus* (Staph aureus) is a Gram-positive, spherical bacterium that is commonly found on the skin and in the nose of humans and other mammals. It is a facultative anaerobe, meaning it can grow with or without oxygen. Staph aureus is a major cause of skin infections, such as abscesses, boils, and impetigo, as well as more serious infections like pneumonia and sepsis.

2. *Streptococcus pneumoniae* (Strep pneumo)

Streptococcus pneumoniae is a Gram-positive, spherical bacterium that is commonly found in the upper respiratory tract of humans. It is a facultative anaerobe and is a major cause of pneumonia, meningitis, and other serious infections. Strep pneumo is also a common cause of otitis media (middle ear infection) and sinusitis.

3. *Escherichia coli* (E. coli) is a Gram-negative, rod-shaped bacterium that is commonly found in the intestines of humans and other mammals. It is a facultative anaerobe and is a major cause of gastrointestinal infections, such as diarrhea and colitis. Some strains of E. coli are also associated with urinary tract infections and other serious conditions.

4. *Salmonella enteritidis* (Salmonella) is a Gram-negative, rod-shaped bacterium that is commonly found in the intestines of humans and other mammals. It is a facultative anaerobe and is a major cause of salmonellosis, a gastrointestinal infection characterized by diarrhea, abdominal pain, and fever. Salmonella is also a common cause of food poisoning, particularly from undercooked poultry and eggs. Some strains of Salmonella are also associated with more serious conditions like typhoid fever and sepsis.

5. *Shigella flexneri* (Shigella)

Shigella flexneri is a Gram-negative, rod-shaped bacterium that is commonly found in the intestines of humans and other mammals. It is a facultative anaerobe and is a major cause of shigellosis, a gastrointestinal infection characterized by bloody diarrhea, abdominal pain, and fever. Shigella is also a common cause of dysentery, a condition characterized by frequent, bloody stools. Some strains of Shigella are also associated with more serious conditions like toxic megacolon and colorectal cancer.

6. *Yersinia enterocolitica* (Yersinia) is a Gram-negative, rod-shaped bacterium that is commonly found in the intestines of humans and other mammals. It is a facultative anaerobe and is a major cause of yersiniosis, a gastrointestinal infection characterized by diarrhea, abdominal pain, and fever. Yersinia is also a common cause of bubonic plague, a serious and often fatal disease.

verwendet wurden und für diese Gegenüberstellung die Pegelwerte eines Messpunktes genügen. Die Mikrofonpositionen wurden für M1-M4 wie anhand der Abbildung 12 und Abbildung 13 gewählt.

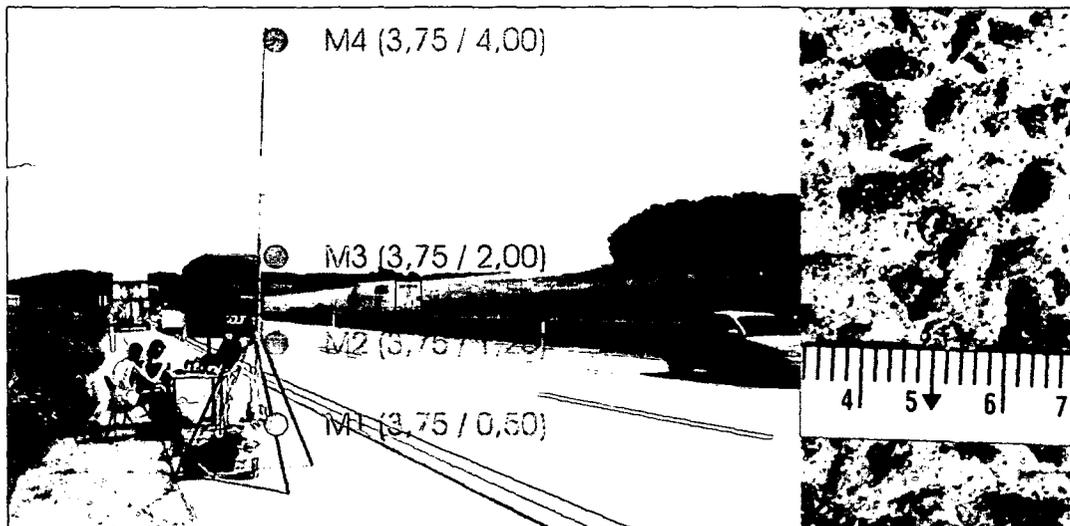


Abbildung 12: Messstelle 2, mit den Mikrofonpositionen M1 bis M4, auf der A1 km 81,5 in Richtungsfahrbahn Salzburg mit einem Waschbeton Belag

Die Mikrofonpositionen wurden mit den Mikrofonkanälen (eins bis vier) des digitalen Aufnahmesystems erfasst. Kanal fünf und sechs erfasste die vorbeifahrenden Fahrzeuge.

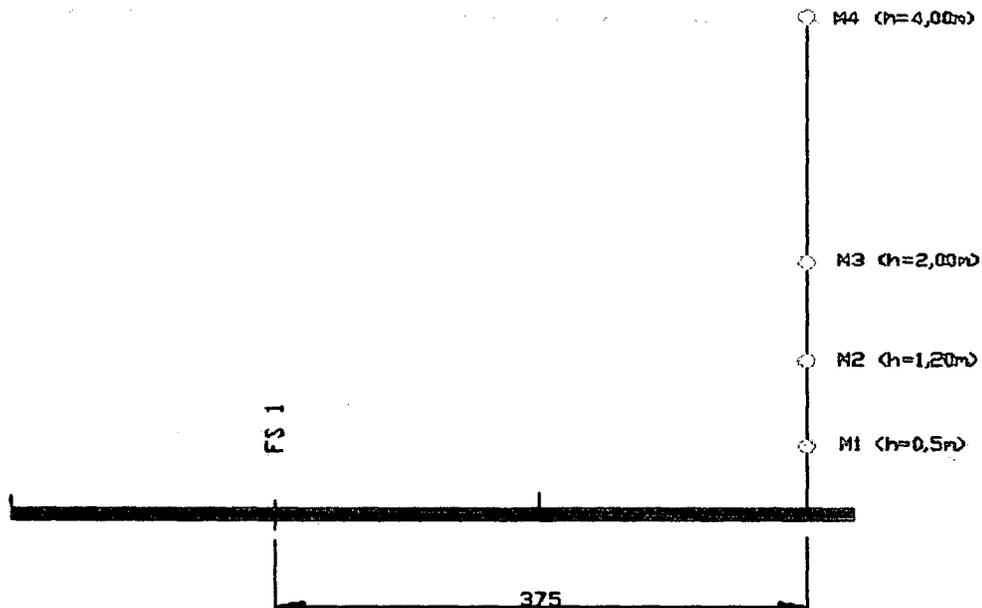


Abbildung 13: Messpunkte mit den Mikrofonpositionen der zweiten Messung A1 West-Autobahn in Richtung Salzburg, km 81,5

Für die Auswahl der Messungen wurden folgende Vorbeifahrten herangezogen, welche im Zeitraum von 09:00 bis 16:00 gemessen wurden:

Tabelle 2: Anzahl aller gemessenen Vorbeifahrten beider Fahrstreifen, Messstelle 2, A1 West-Autobahn in Richtung Salzburg, km 81,5

Fahrzeugkategorien	23. 06. 2005		
	FS 1	FS 2	gesamt
Pkw	23	79	102
Lkw	19	4	23
sLkw	69	1	70

4.4.2 Verwendete Messgeräte

- (1) MEDA Analysesysteme der Fa. Wölfel
- (2) 4 ½'' Mikrofonvorverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD900B; Eichung gültig bis 2006
- (3) 2 Signalverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD2200C
- (4) 4 ½'' Freifeldmikrofone der Fa. Larson-Davis, Type LD2451; Eichung gültig bis 2006
- (5) Akustikkalibrator der Fa. Rion, Type NC-73/M91; Klasse 0,6; Eichung gültig bis 2005
- (6) Zählgeräte zur Fahrzeugerkennung, Eigenbau
- (7) Temperatur- und Luftfeuchtemessgerät der Fa. Rotronic, Type A1-C80
- (8) Hand-Anemometer/Thermometer, Type 118.8116; Ser.Nr. 562
- (9) Radarpistole, Type UK15 DL2 der Fa. TSS

4.5 Messstelle A 3 km 1,8

Die dritte Vorbeifahrtmessung wurde am 15. 07. 2005 von 09:00 bis 16:00 reiner Messzeit durchgeführt.

Der Abschnitt wurde auf einer Splitt-Mastix Oberfläche gewählt und befand sich auf der A3 der Südost-Autobahn im Abschnitt 1,8 km in Richtung Eisenstadt (Knoten Guntramsdorf).

Abbildung 14 zeigt den Querschnitt der A3 Südost-Autobahn.

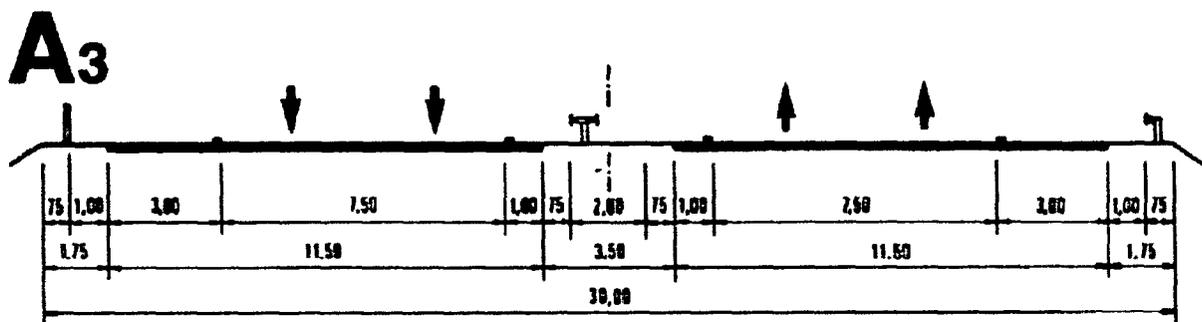


Abbildung 14: Querschnitt der A3 Südost-Autobahn [Österreichische Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehr (FSV), 1997]

Die Witterungsbedingungen an diesem Tag waren für die Vorbeifahrtmessung ideal, bei sonnigem Wetter mit 29°C, einer relativen Luftfeuchte von 38% und bei Windgeschwindigkeiten von 0,2 m/sec, gemessen und aufgezeichnet um 11:30 Uhr. Eine weitere Messung der meteorologischen Bedingungen erfolgte um 13:30 Uhr, mit einer Temperatur von 29°C, einer relativen Luftfeuchte von 39% und einer Windgeschwindigkeit von 1,4 m/sec.

Der Messaufbau erfolgte mit zwei Messpunkten, um neben anderen statistischen Auswertungen auch die Straßenoberfläche mit der ersten Messung vergleichen zu können. Der erste Messpunkt MP1 (mit den Mikrofonpositionen M1 bis M4) befand sich in einer Entfernung von 7,5 m von der Mitte des zweiten Fahrstreifens.

Der zweite Messpunkt MP2 (mit den Mikrofonpositionen M5 und M6) wurde auf demselben Fahrbahnquerschnitt mit einer Entfernung von 7,5 m zur Mitte des ersten Fahrstreifens aufgestellt. Die Splitt-Mastix Oberfläche war auf der gesamten Messstelle einheitlich vorhanden und eine ausreichende Entfernung zur Fahrbahn war durch eine Ausweiche gegeben.

...the ... of ...

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

Die Mikrofonpositionen des ersten Messpunktes wurden in einer Höhe von 0,5 m, 1,2 m, 2 m und 4 m angebracht und die Mikrofonpositionen des zweiten Messpunktes wurden in 1,2 m und 4 m befestigt (siehe Abbildung 10).

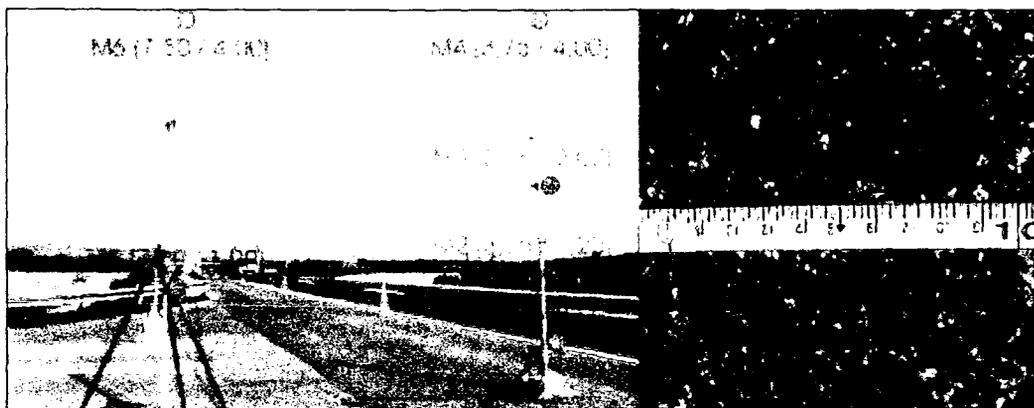


Abbildung 15: Messstelle auf der A3 Südostautobahn km 1,8 in Richtung Eisenstadt am 15.07.05 mit einer Split-Mastix Oberfläche

4.5.1 Die Mikrofonpositionen

Die Mikrofonpositionen wurden für M1-M6 wie anhand der Abbildung 10 gewählt. Die Kanalbelegung erfolgte wie bei Messung 1 (siehe Seite 35).

Für die Auswahl der Messungen wurden folgende Vorbeifahrten herangezogen, welche im Zeitraum von 09:00 bis 16:00 gemessen wurden:

Tabelle 3: Anzahl aller gemessenen Vorbeifahrten beider Fahrstreifen, Messstelle 3, A3 Südautobahn in Richtung Eisenstadt, km 1,8

Fahrzeugkategorien	15. 07. 2005		
	FS 1	FS 2	gesamt
Pkw	102	48	150
Lkw	10	1	11
sLkw	20	-	20

4.5.2 Verwendete Messgeräte

- (1) Echtzeit-Schallanalysator der Fa. Larson-Davis, Type LD 2900, Klasse 0,7; Eichung gültig bis 2005
- (2) MEDA Analysesysteme der Fa. Wölfel
- (3) 2 ½'' Mikrofonvorverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD900B; Eichung gültig bis 2005
- (4) 4 ½'' Mikrofonvorverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD900B; Eichung gültig bis 2006
- (5) 2 Signalverstärker der Fa. Larson-Davis, Type LD2200C
- (6) 2 ½'' Freifeldmikrofone der Fa. Larson-Davis, Type LD2451; Eichung gültig bis 2005
- (7) 4 ½'' Freifeldmikrofone der Fa. Larson-Davis, Type LD2451; Eichung gültig bis 2006
- (8) Akustikkalibrator der Fa. Rion, Type NC-73/M91; Klasse 0,6; Eichung gültig bis 2005
- (9) Zählgeräte zur Fahrzeugerkennung, Eigenbau
- (10) Temperatur- und Luftfeuchtemessgerät der Fa. Rotronic, Type A1-C80
- (11) Hand-Anemometer/Thermometer, Type 118.8116; Ser.Nr. 562
- (12) Radarpistole, Type UK15 DL2 der Fa. TSS

5. AUSWERTUNG

5.1 Geschwindigkeitsabhängigkeit des $L_{A,E}$

5.1.1 Messstelle A2 km 12

Im folgenden Abschnitt werden beispielhaft die Ergebnisse der ersten Messung an der A2 verwendet und Abbildung 16 soll beispielhaft zeigen, wie sich die Pegelwerte in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit verhalten. Der erste Messpunkt mit der Mikrofonposition M2 (Siehe Abbildung 10) wird genauer betrachtet und die einzelnen Fahrzeugkategorien werden getrennt von einander dargestellt. Für diese Auswertung wurden die Werte des ersten Fahrstreifens herangezogen. Abbildung 16 zeigt die einzelnen Vorbeifahrten der Fahrzeugkategorien mit den dazugehörigen Trendlinien der jeweiligen Fahrzeugkategorien:

- (1) Pkw des ersten Fahrstreifens (in dunkelblau dargestellt)
- (2) Lkw des ersten Fahrstreifens (in rot dargestellt)
- (3) sLkw des ersten Fahrstreifens (in gelb dargestellt)

In der folgenden Abbildung ist der Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schallereignispegel $L_{A,E}$ der einzelnen Vorbeifahrten und der jeweiligen Fahrzeuggeschwindigkeit $10\lg(V/50)$ dargestellt. Um einen linearen Zusammenhang der Geschwindigkeit darstellen zu können, wird der Logarithmus der Geschwindigkeit bezogen auf 50 km/h (nach RVS 3.02) gebildet und in den folgenden Diagrammen aufgetragen.

Um eine bessere Vorstellung von den aufgetragenen x-Werten, $10\lg(V/50)$ zu bekommen, ist erklärend hinzuzufügen, dass der Wert bei 1,5 einer Geschwindigkeit von 70 km/h entspricht. Der aufgetragene x-Wert von 2,5 entspricht einer Geschwindigkeit von 90 km/h und der Wert bei 3,5 einer Geschwindigkeit von 110 km/h. Als Lärmkriterium wurde der A-bewertete Schallereignispegel $L_{A,E}$ verwendet, weil der $L_{A,E}$ die gesamte Schallenergie der Vorbeifahrt enthält. Der A-bewertete Schallereignispegel $L_{A,E}$ wurde in zweier Schritten auf der y-Achse aufgetragen. Der $L_{A,E}$ wird mit einem Minimalwert von 80 dB und einem Maximalwert von 100 dB dargestellt, da sich in diesem Bereich die Werte von den Vorbeifahrten für die Fahrzeugkategorien Pkw, Lkw und s Lkw befinden.

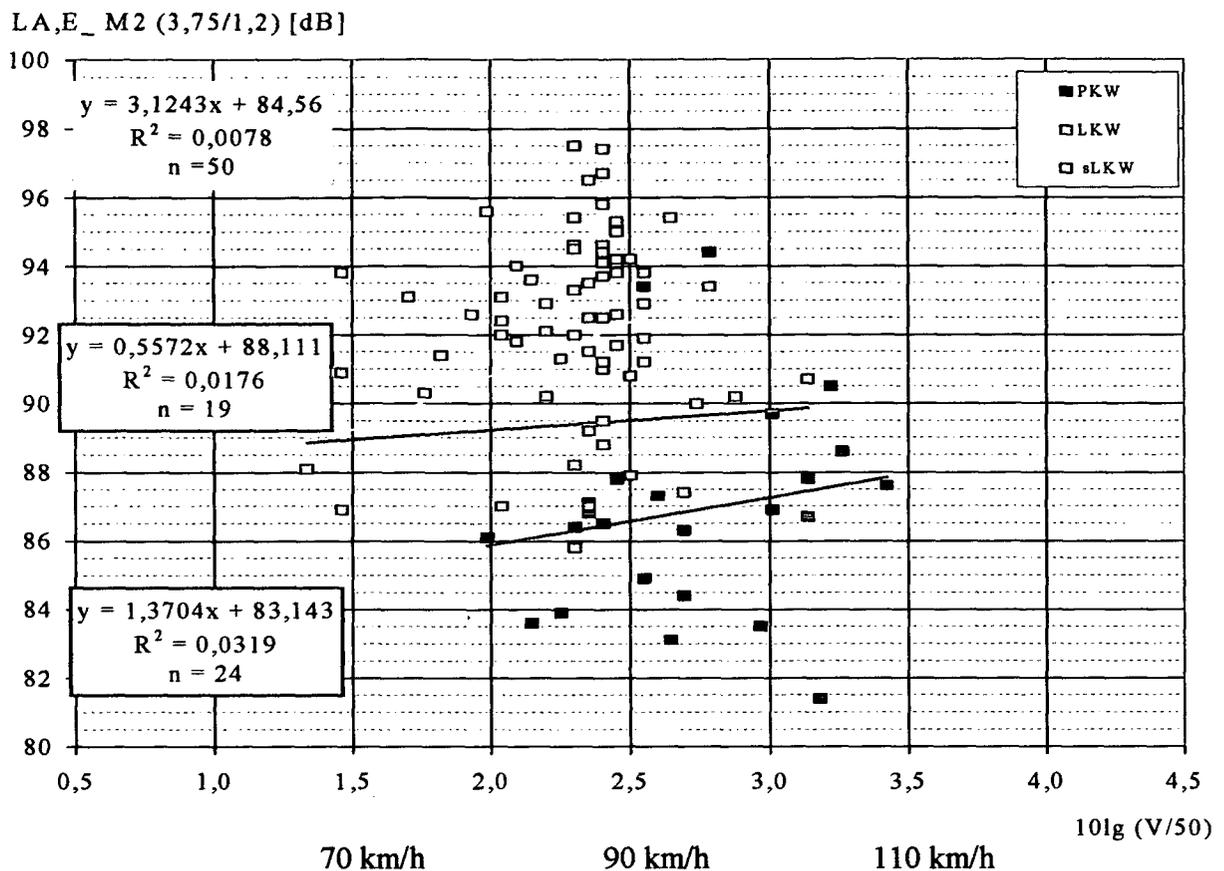


Abbildung 16: Geschwindigkeitsabhängigkeit des $L_{A,E}$ in MP2 (3,75/1,2) der A2

Anhand des Diagramms sieht man, dass der A-bewertete Schallereignispegel $L_{A,E}$ durchschnittlich bei höherer Geschwindigkeit ansteigt. Die aufgezeichneten Fahrzeuge der Fahrzeugkategorie Pkw liegen zwischen 80 km/h und knapp 110 km/h, wobei ein Pegelanstieg von 2 dB gemessen und in diesem Diagramm dargestellt wird.

Die langsamste Vorbeifahrt der Fahrzeugkategorie Lkw liegt bei etwa 67 km/h mit einem Pegelwert von knapp 89 dB und die schnellste liegt 103 km/h mit einem Pegelwert von 90 dB. Somit liegt ein Pegelanstieg von 1 dB vor. Die größten Pegeldifferenzen zeigen sich bei der Fahrzeugkategorie s Lkw. Die Trendlinie beginnt bei 89 dB und endet bei etwa 93 dB, bezogen auf einen Geschwindigkeitsanstieg von 70 km/h auf 95 km/h.

THE HISTORY OF THE UNITED STATES OF AMERICA

The history of the United States of America is a complex and multifaceted story that spans centuries. It begins with the early Native American civilizations, such as the Mayans, Aztecs, and Incas, who developed advanced societies in the Americas. The arrival of European explorers, including Christopher Columbus and John Cabot, marked the beginning of the colonial era. The United States was founded as a result of the American Revolution, which was fought between the thirteen original colonies and Great Britain. The new nation was established in 1776 and has since grown into a global superpower. The history of the United States is characterized by a series of events, including the Civil War, the Industrial Revolution, and the Cold War. The country has also been shaped by its diverse population, which includes people from many different ethnicities and cultures. The United States has a long and rich history, and its story continues to unfold in the present day.

The history of the United States is a story of growth and change. From a small collection of colonies in the 18th century, the United States has become a major world power. The country's expansion westward, known as Manifest Destiny, led to the acquisition of vast territories and the displacement of Native Americans. The Civil War, fought from 1861 to 1865, was a pivotal moment in the nation's history, as it resolved the issue of slavery and preserved the Union. The Industrial Revolution brought about significant changes in the way people lived and worked, leading to the growth of cities and the rise of a new middle class. The Cold War, which lasted from the end of World War II until the early 1990s, was a period of intense rivalry between the United States and the Soviet Union. The United States has also been a leader in the space age, with the Apollo moon landings and the ongoing exploration of Mars. The history of the United States is a testament to the resilience and ingenuity of the American people.

The United States has a long and proud history, and its people have made many contributions to the world. The country's values of freedom, democracy, and equality have inspired people around the globe. The United States has also been a leader in the fields of science, technology, and the arts. The history of the United States is a story of hope and possibility, and it is a story that continues to inspire and motivate people today. The United States is a country of many faces, and its history is a reflection of the diversity and strength of its people. The United States is a country that has made a difference in the world, and its history is a testament to the power of the American dream.

5.1.2 Messstelle A3 km 1,8

Das folgende Diagramm (Abbildung 17) zeigt am Beispiel der Messstelle drei, A3 km 1,8, wie sich die Pegelwerte in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit verändern. Der A-bewertete Schallereignispegel von dem dargestellten ersten Messpunkt, mit der Mikrofonposition M2 (in 1,2 m Höhe und 3,75 m Entfernung zum ersten Fahrstreifenmittelpunkt) der A 3 Messung, wird der Fahrzeuggeschwindigkeit $10\lg(V/50)$ gegenübergestellt

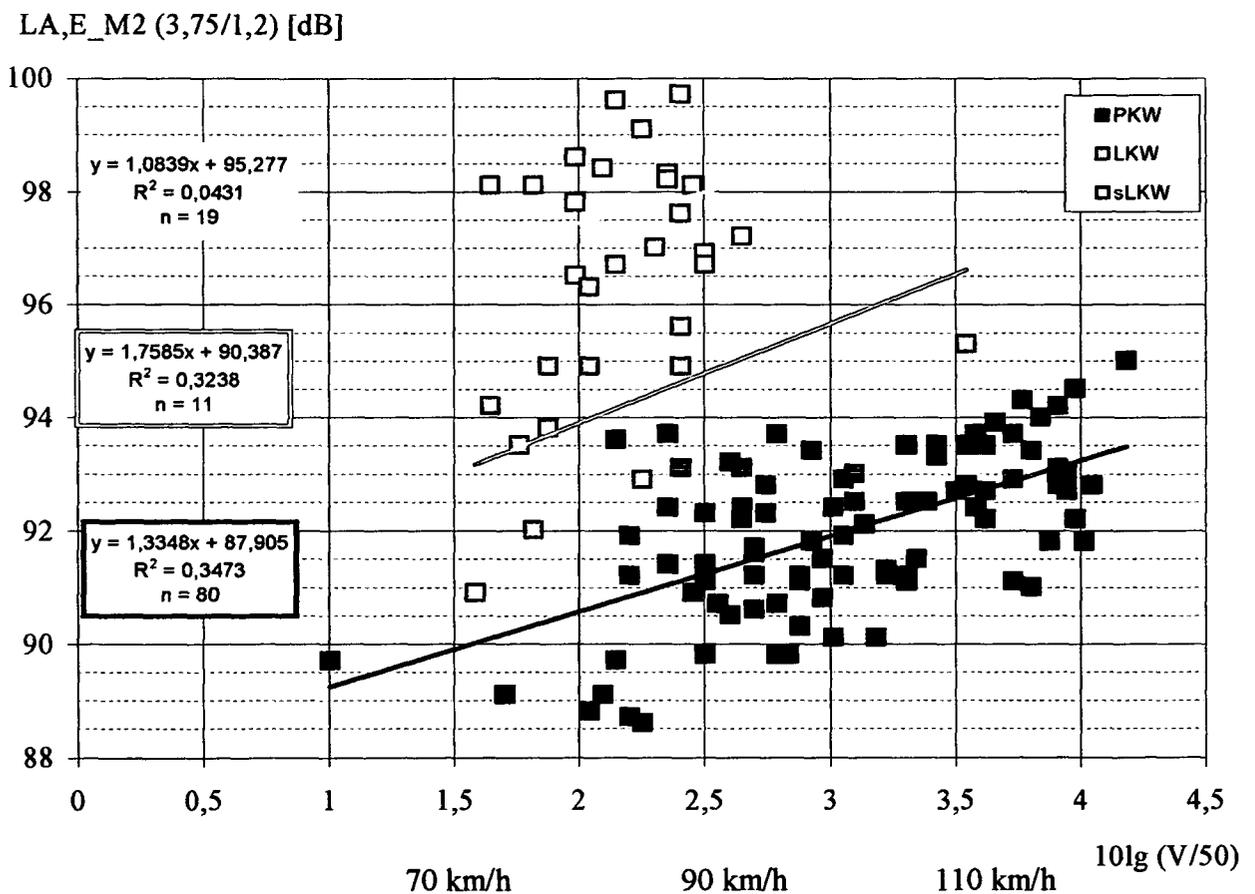


Abbildung 17: Geschwindigkeitsabhängigkeit des $L_{A,E}$ in MP2 (3,75/1,2) der A3

Die aufgetragenen x-Werte stellen den Logarithmus der Geschwindigkeit, bezogen auf 50 km/h, nach RVS 3.02 dar. Die Werte bei 1,5 nach $10\lg(V/50)$ entsprechen einer Geschwindigkeit von 70 km/h, die aufgetragene x-Werte von 2,5 entsprechen einer Geschwindigkeit von 90 km/h und der Wert bei 3,5 einer Geschwindigkeit von 110 km/h.

Das Diagramm zeigt, dass der A-bewertete Schallereignispegel $L_{A,E}$ im Mittel bei höherer Geschwindigkeit ansteigt. Die größten Pegeldifferenzen treten bei der Gruppe der Pkw auf.

Die langsamste Vorbeifahrt der Fahrzeugkategorie Pkw, auf dem ersten Fahrstreifen liegt bei 60 km/h mit einem Pegelwert von knapp 90 dB und die schnellste Vorbeifahrt liegt etwa bei 130 mit einem Pegelwert von 95 dB.

Die Trendlinie beginnt in einer Pegelhöhe von rund 89 dB und endet bei einer Pegelhöhe von 93,5 dB, daraus ergibt sich ein Lärmpegelanstieg um 4,5 dB. Anhand des Diagramms ergibt sich für die Fahrzeugkategorie Lkw ein Pegelanstieg von 3,5 dB da die Trendlinie bei 93 dB beginnt und bei etwa 96,5 dB endet. Die Vorbeifahrten dieser Fahrzeugkategorie befinden sich zwischen 70 km/h und 110 km/h. Bei den sLkw-Vorbeifahrten ist die durchschnittliche Erhöhung der Pegel etwas geringer, nämlich von 97 auf 98,5 dB, bei Geschwindigkeiten von 75 km/h bis 95 km/h.

5.2 Vergleich der Mikrofonpositionen

5.2.1 Messstelle A 2 km 12

Mit den folgenden Diagrammen soll ein Vergleich der verschiedenen Mikrofonpositionen geschaffen werden, um festzustellen, inwieweit diese Messpositionen für Messungen im Bereich der Schallausbreitung geeignet sind. Die Vorbeifahrten des zweiten Fahrstreifens wurden für diesen Vergleich verwendet.

In Abbildung 18 sind die A-bewerteten Einzelereignispegel $L_{A,E}$ von den Mikrofonen eins und zwei dargestellt. Als vergleichende Mikrofonhöhe wurde auch bei weiteren Diagrammen die Mikrofonhöhe von 1,2 m gewählt, dieser Messpunkt entspricht dem Standardemissionspunkt gemäß ISO 11819-1 sowie der HARMONOISE-Mikrofonposition zur Erfassung des Antriebsgeräusches von Fahrzeugen.

In den Abbildungen wird der $L_{A,E}$ mit einem Minimalwert von 78 dB und einem Maximalwert von 100 dB dargestellt, da die Werte der Vorbeifahrten in diesem Bereich liegen. Der A-bewertete Einzelereignispegel $L_{A,E}$ von der Fahrzeugkategorie Pkw liegt zwischen 81,5 und 94,5 dB, der $L_{A,E}$ von der Fahrzeugkategorie Lkw, zwischen 86 und 94 dB und die Pegelwerte der Fahrzeugkategorie sLkw beginnen bei 88,5 und reichen bis etwa 98 dB. Die Fahrzeugkategorie Pkw wird farblich blau dargestellt, die Punktwolke ergibt sich aus den einzelnen Vorbeifahrten der ersten Messposition und die dazugehörige blaue Trennlinie zeigt die durchschnittlich ansteigenden Pegel bei höherer Geschwindigkeit. Die Fahrzeugkategorie Lkw wird rot dargestellt und die Fahrzeugkategorie sLkw gelb.

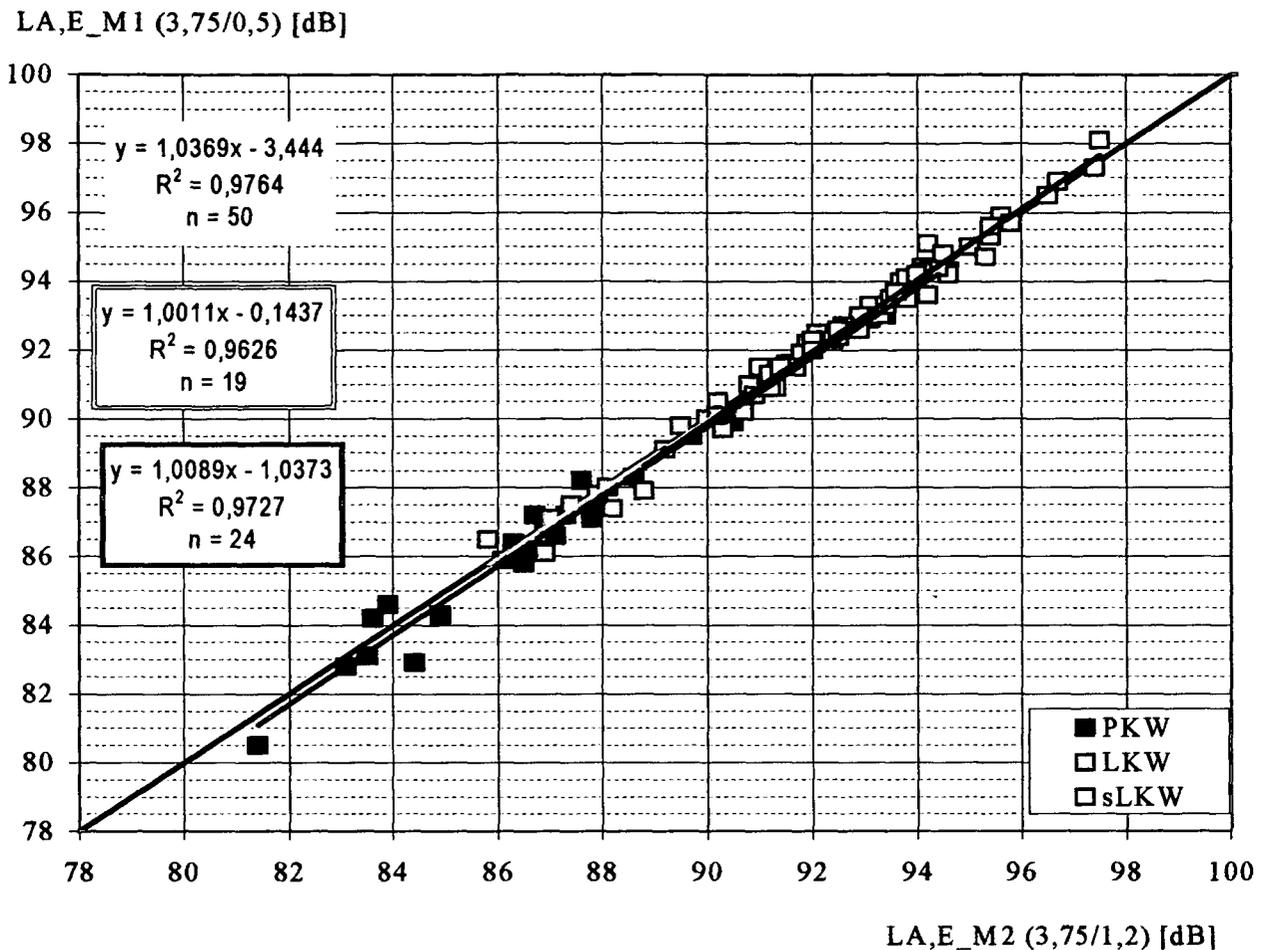


Abbildung 18: LA,E M2 (3,75/1,2) vs. LA,E M1 (3,75/0,5), A 2, km 12

Wie anhand der Abbildung 18 gut sichtbar wird, ergeben sich für alle Fahrzeugkategorien sehr geringe Ausbreitungsunterschiede. Die Unterschiede, bezogen auf die Mikrofonposition M2, zeigen bei den drei verschiedenen Kategorien Werte um +/- 0,1 dB. Bezüglich der Fahrzeugkategorien kann anhand dieses Diagramms auch gesagt werden, dass die Ausbreitung bei Betrachtung der Mikrofonpositionen in 0,5 m Höhe und in 1,2 m Höhe keine wesentlich unterschiedlichen Ergebnisse liefert.

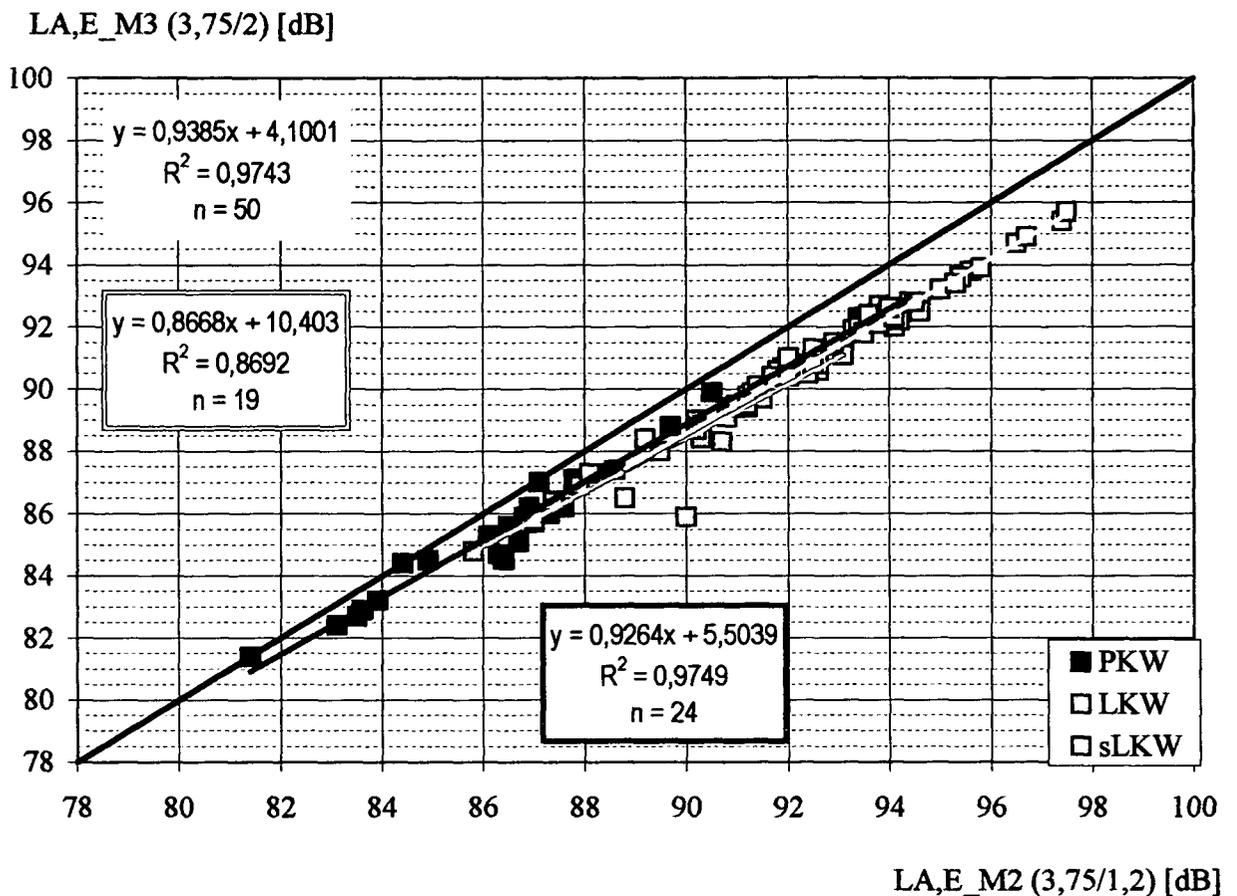


Abbildung- 19: LA,E M2 (3,75/1,2) vs. LA,E M3 (3,75/2), A 2, km 12

In Abbildung 19 wurde der Vergleich der Mikrofonpositionen M2 und M3 dargestellt. Die durchschnittlichen geschwindigkeitsabhängigen Pegel der Fahrzeugkategorie Pkw für M3 liegen rund 1 dB unter den Ergebnissen des Mikrofonposition M2. Die Pegel der Fahrzeugkategorie Lkw mit der Mikrofonposition M3 sind im Mittel um 1,5 dB niedriger als bei der Mikrofonposition M2. Bei der Fahrzeugkategorie s Lkw liegen die Pegel von M3 ebenfalls um bis zu 2 dB unter M2.

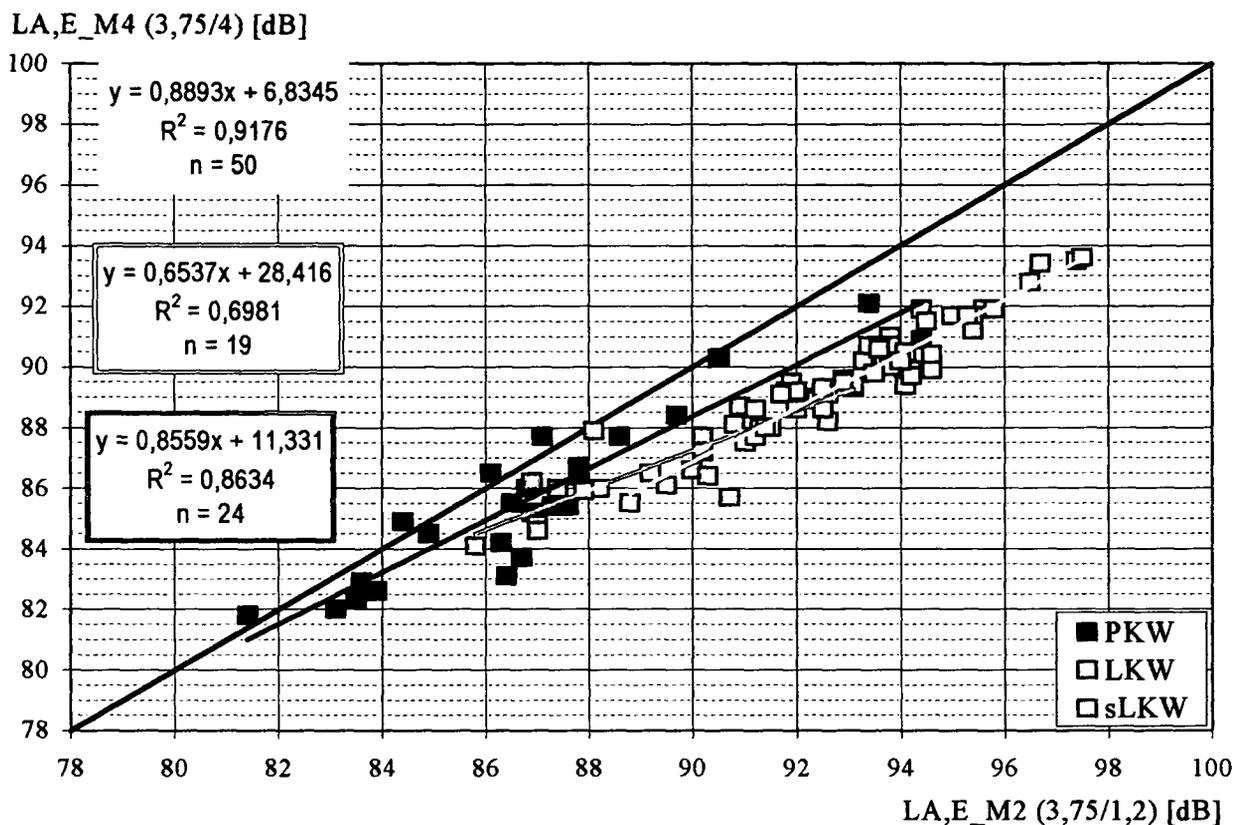


Abbildung 20: $L_{A,E} M2 (3,75/1,2)$ vs. $L_{A,E} M4 (3,75/4)$, A 2, km 12

Der Vergleich von M2 und M4 wird in Abbildung 20 dargestellt und zeigt einen wesentlich größeren Unterschied der Schallausbreitung als bei den in Abbildung 19 gegenübergestellten Messpositionen M2 vs. M3. Ohne vorerst im Detail auf die einzelnen Fahrzeugkategorien einzugehen, zeigt sich bezüglich der Schallausbreitung für die dargestellten Mikrofonpositionen M4 derselbe Trend wie zuvor bei der Messposition M3. Durch die Entfernung zur Fahrbahnoberfläche ergibt sich eine entfernungsbedingte Pegelabnahme. Für die Fahrzeugkategorie Pkw mit der Mikrofonposition M4 resultiert eine Pegelabnahme bis zu 2 dB, verglichen mit der Mikrofonposition in 1,2 m Höhe. Die Mikrofonposition M4 zeigt für die Fahrzeugkategorie Lkw eine Verringerung des Pegels von 1,5 bis zu 3 dB. Bei der Fahrzeugkategorie s Lkw ergibt sich aus dem Diagramm die höchste Pegeldifferenz zu der Mikrofonposition mit mindestens 3 dB und höchstens 4 dB.

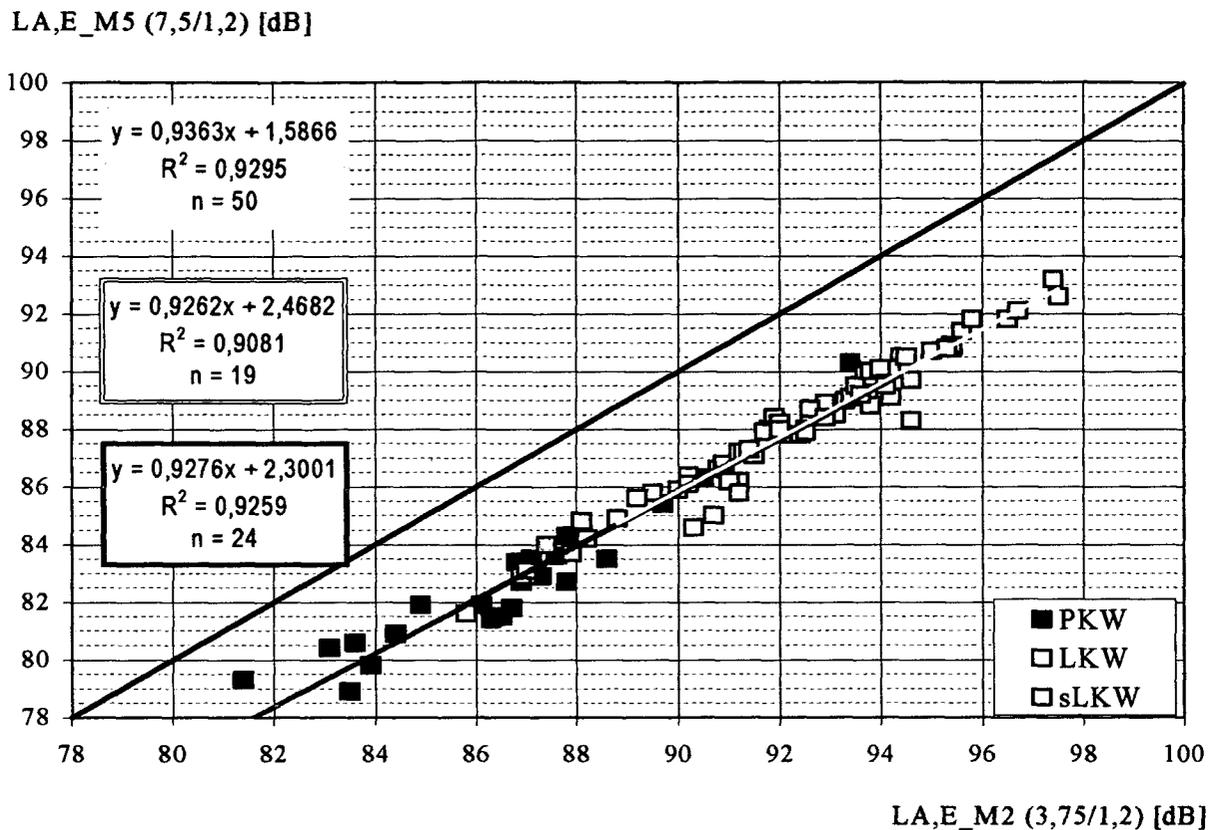


Abbildung 21: LA,E M2 (3,75/1,2) vs. LA,E M5 (7,5/1,2), A 2, km 12

Abbildung 21 stellt die Gegenüberstellung der Mikrofonpositionen M2 und M5 dar. Die Mikrofonposition M5 weist dieselbe Höhe auf wie die Mikrofonposition M2. Beide wurden in einer Höhe von 1,2 m angebracht, wobei M2 3,75 m von der Fahrstreifenmitte des ersten Fahrstreifens entfernt liegt und M5 7,5 m von der Fahrstreifenmitte des ersten Fahrstreifens. Der Ausbreitungsunterschied von den Mikrofonpositionen liegt bei dem A-bewerteten Einzelereignispegel LA,E von 82 dB der Fahrzeugkategorie Pkw bei 3,5 dB und bei dem LA,E 94 dB liegt ein Unterschied von 4,5 dB vor. Diese Ergebnisse resultieren aus der nahen Messentfernung zur Fahrbahn. Für die Fahrzeugkategorien Lkw und s Lkw ergeben sich dieselben Unterschiede wie für die Fahrzeugkategorie Pkw.

2. The second part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

The following table shows the results of the survey conducted in the first quarter of 2023. The data indicates that the majority of respondents are satisfied with the current state of the business, although there are some areas for improvement. The most common concerns are related to the quality of the products and the speed of customer service. The company has taken steps to address these issues, and it is expected that the results of the next survey will show an improvement in these areas.

The following table shows the results of the survey conducted in the first quarter of 2023. The data indicates that the majority of respondents are satisfied with the current state of the business, although there are some areas for improvement. The most common concerns are related to the quality of the products and the speed of customer service. The company has taken steps to address these issues, and it is expected that the results of the next survey will show an improvement in these areas.

LA,E_M5 (7,5/1,2) [dB(A)]_1m

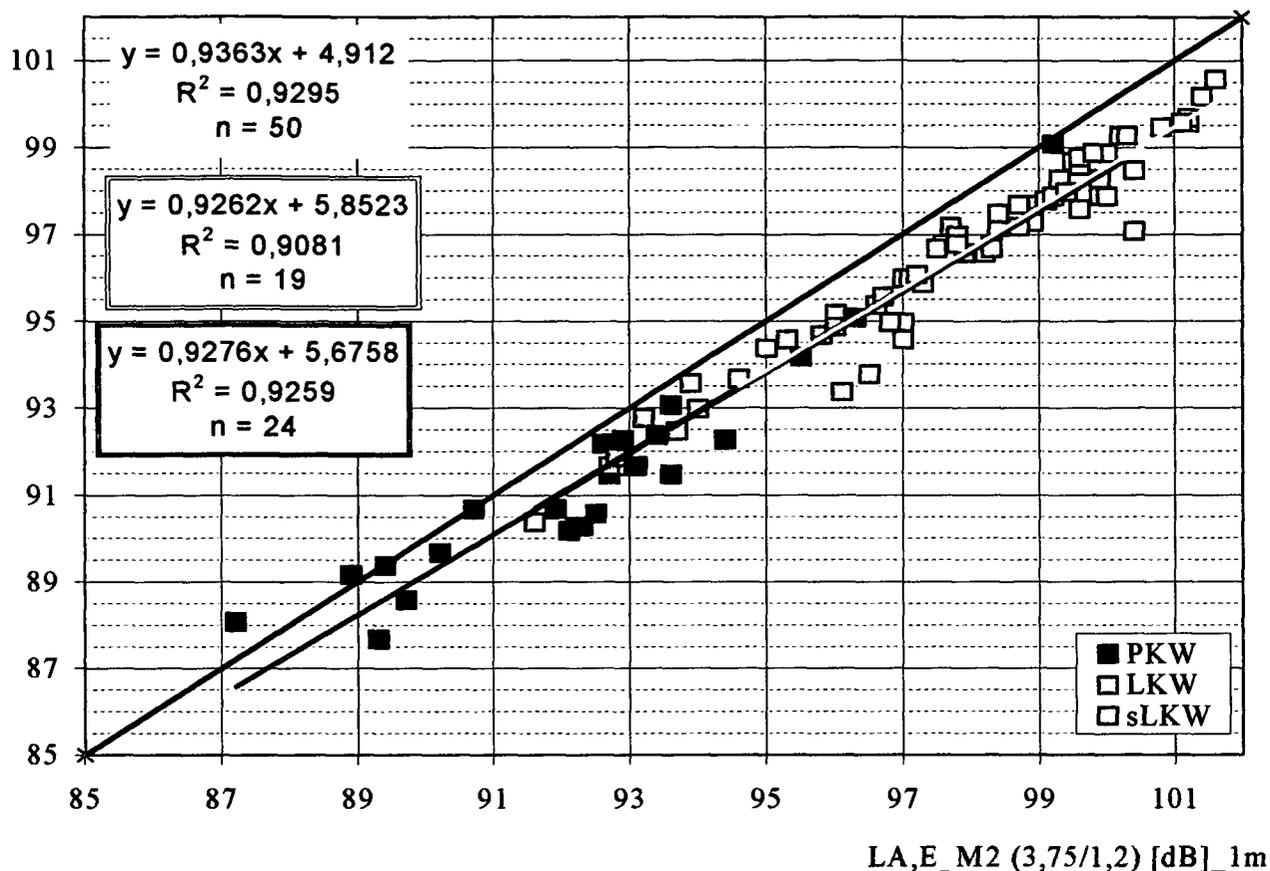


Abbildung 22: LA,E M2 (3,75/1,2) vs. LA,E M5 (7,5/1,2) beide bezogen auf 1 m, A 2, km 12

In der Folge wurde der in 3,75 m beziehungsweise 7,5 m gemessene Vorbeifahrtspegel auf den RVS-Bezugsabstand von 1 m umgerechnet. Bei der Entfernungskorrektur wurde nicht der Abstand Fahrzeugachse-Mikrofon, sondern (dem Mikrofon näher liegender) Reifen-Mikrofon verwendet. Dies ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit der Werte bezüglich der genauen Unterschiede zwischen M2 und M5.

Die umgerechneten Pegelunterschiede liefern eine durchschnittliche Abweichung von 1dB aller Fahrzeugkategorien von der Solllinie. Das bedeutet, dass eine Zunahme der Entfernung von 3,75 auf 7,5 eine Pegelabnahme von 1 dB aufweist (rechnerische Umsetzung siehe Erläuterung und rechnerische Umsetzung, Kapitel 5.3.1).

LA,E_M6 (7,5/4) [dB]

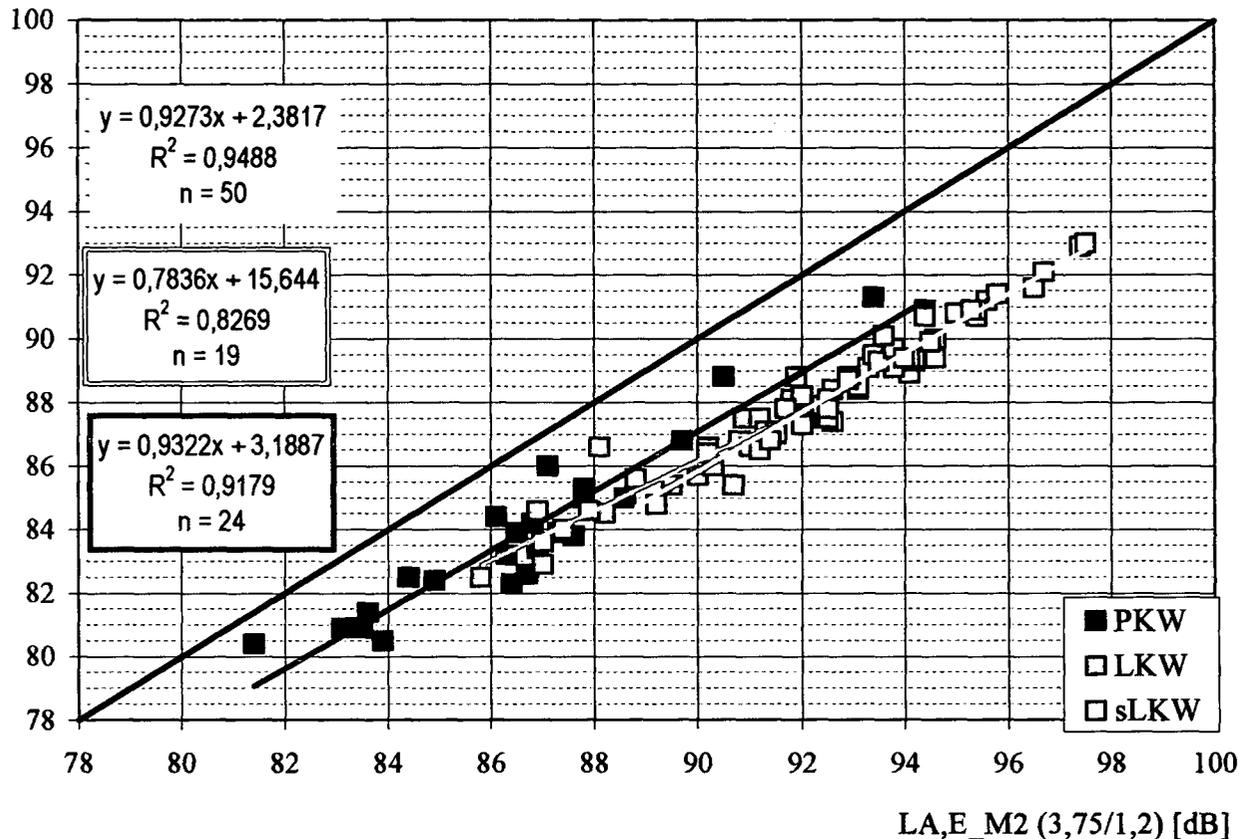


Abbildung 23: LA,E M2 (3,75/1,2) vs. LA,E M6 (7,5/4), A 2 km 12

Abbildung 23 zeigt, dass die durchschnittlichen, geschwindigkeitsabhängigen Pegel in 7,5 m Entfernung vom ersten Fahrstreifenmittelpunkt und in 4 m Höhe (M6) rund 3 dB unter den Ergebnissen der Messposition M2 liegen. Genauer betrachtet zeigt das Diagramm eine Pegelabnahme der Fahrzeugkategorie Pkw von 2,5 dB bei 82 dB und 3 dB bei 94 dB.

Die Messpositionen M6 und M2 zeigen für die Fahrzeugkategorie Lkw einen Pegelunterschied von durchschnittlich 4 dB und bei der Fahrzeugkategorie s Lkw ergeben sich Unterschiede von bis zu 4,5 dB.

5.2.2 Messstelle A 3 km 1,8

Der Messaufbau erfolgte mit zwei Messpunkten, um die statistischen Daten mit der ersten Messung vergleichen zu können. Die dritte Messung erfolgte auf einer Splitt-Mastix Oberfläche, welche auf der gesamten Messstelle einheitlich vorhanden war. Messaufbau sowie Referenzpunkt gestalteten sich wie bei der ersten Messung an der A2 Süd-Autobahn.

In folgender Abbildung (Abbildung 24) sind die A-bewerteten Schallereignispegel $L_{A,E}$ der zweiten Mikrofonposition (M2) jener der ersten Mikrofonposition (M1) des ersten Messpunktes, gegenübergestellt.

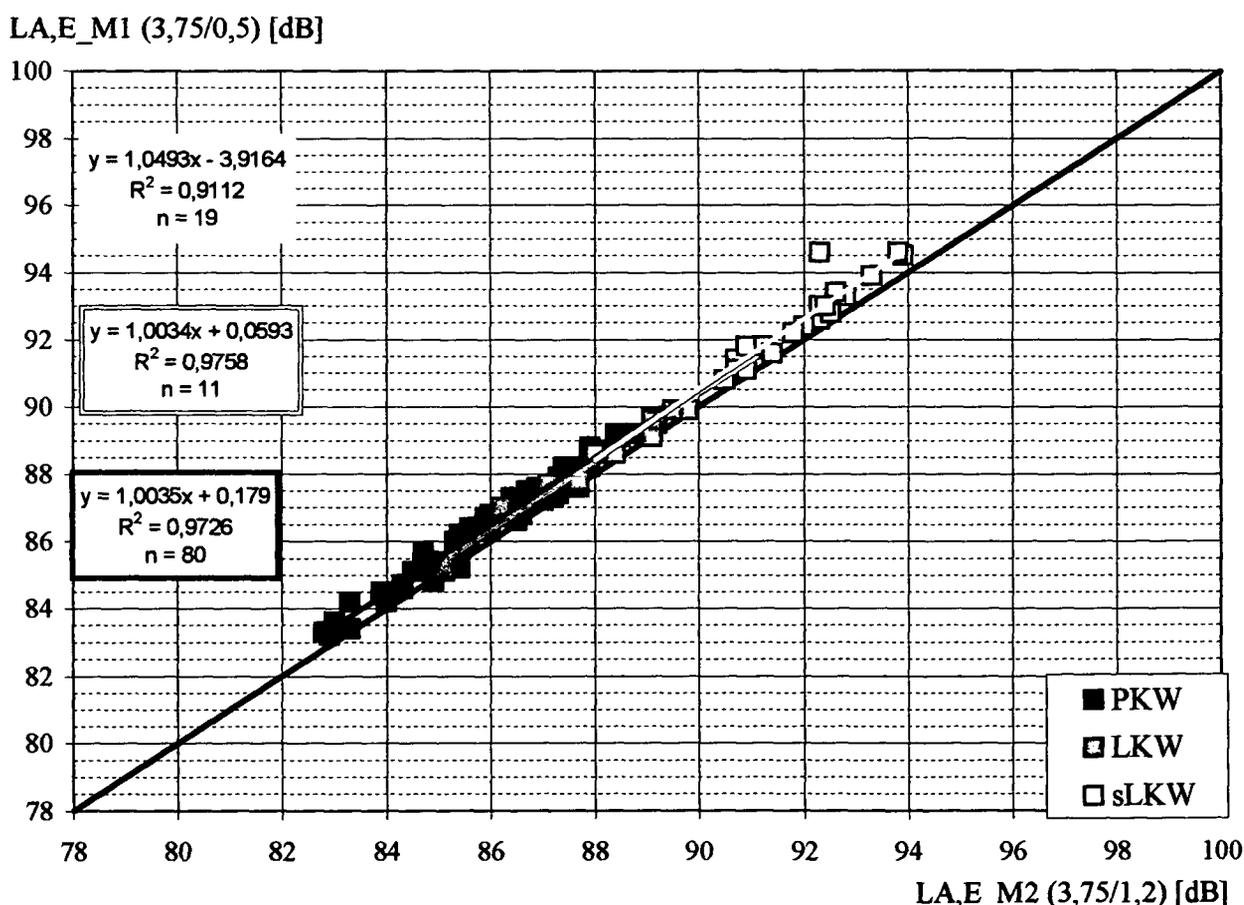


Abbildung 24: $L_{A,E}$ M2 (3,75/1,2) vs. $L_{A,E}$ M1 (3,75/0,5), A 3, km 1,8

Der A-bewertete Einzelereignispegel $L_{A,E}$ der Fahrzeugkategorie Pkw befindet sich in einem Wertebereich von 83 dB bis 89 dB, der $L_{A,E}$ der Fahrzeugkategorie Lkw zwischen 85 dB und 91 dB und die Pegelwerte der Fahrzeugkategorie sLkw streuen in einem Bereich von

88 dB bis 94 dB.

Die Werte aller Fahrzeugkategorien der Mikrofonposition (M1) liegen parallel zu den Werten der Mikrofonposition (M2).

Die Unterschiede in der Fahrzeugkategorie Pkw befinden sich bei Werten um + 0,5 dB.

Dieser Wertunterschied findet sich auch bei der Fahrzeugkategorie Lkw und sLkw wieder.

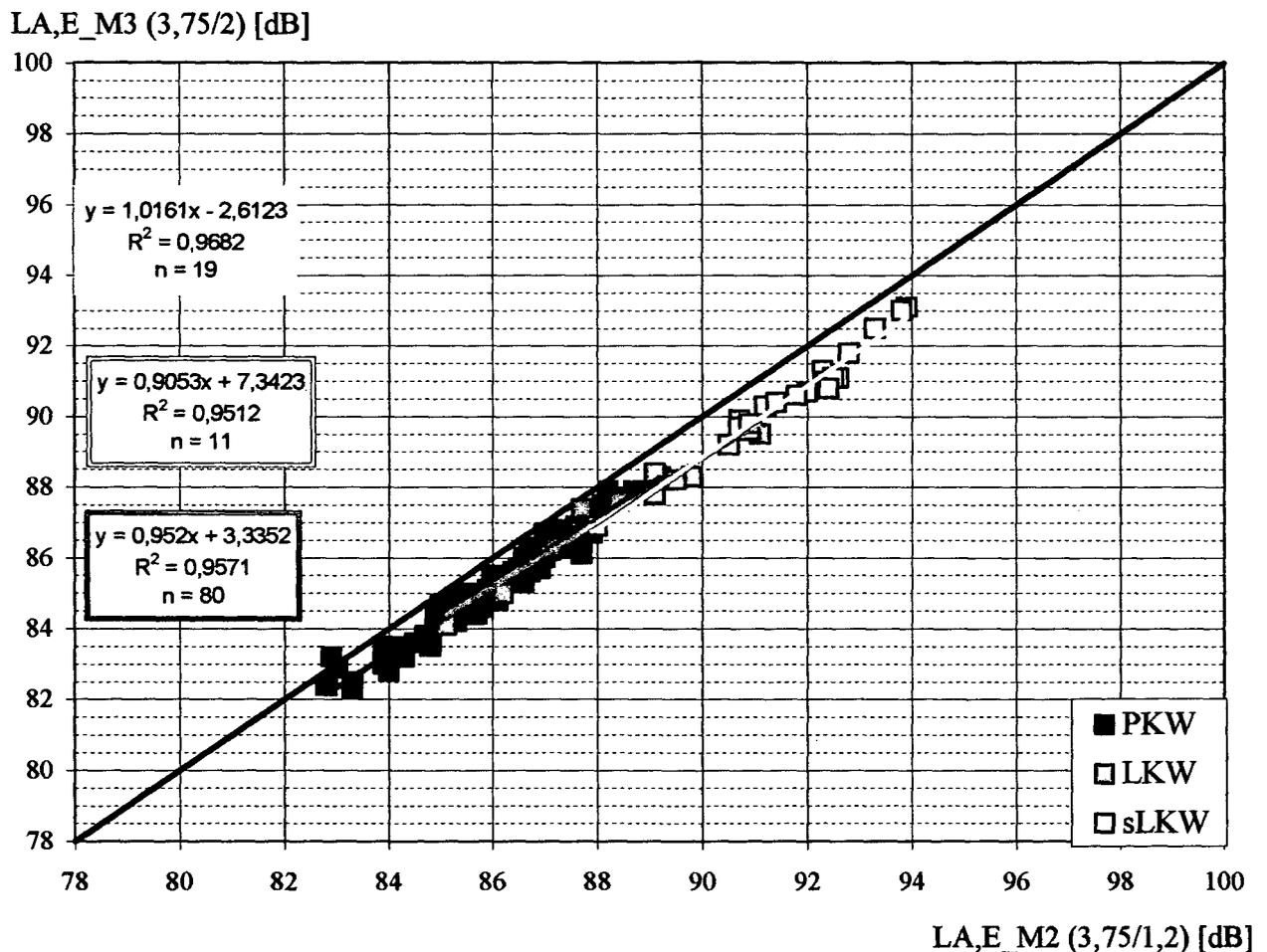


Abbildung 25: LA,E M2 (3,75/1,2) vs. LA,E M3 (3,75/2), A 3, km 1,8

In der Abbildung 25 liegen die Werte von der Mikrofonpositionen M3 wieder deutlich unter jenen der Mikrofonpositionen M2. Es zeigt sich somit eine Pegelabnahme bei dem Vergleich der Mikrofonpositionen M2 vs. M3. Bezüglich der Fahrzeugkategorie Pkw erkennt man einen Pegelunterschied von 1 dB für die Mikrofonpositionen M3, der parallel zu den Werten der Mikrofonposition M2 liegt. Für die Fahrzeugkategorien Lkw und sLkw

zeigen sich ebenfalls durchschnittliche Pegelabnahmen von 1 dB. Wie sich auch bei dem nächsten Diagramm zeigt, nimmt bei zunehmender Höhe der Mikrofonposition der Pegel ab. In der Abbildung 26 sind die A-bewerteten Schallereignispegel $L_{A,E}$, die in einer Höhe von 4 m auftreten (M4), in Bezug auf die Pegel der Mikrofonposition M2 dargestellt. Die einzelnen Fahrzeugkategorien sind hier wieder getrennt ausgewiesen. Der A-bewertete Schallereignispegel der Fahrzeugkategorie Pkw ist bei der Messposition M5 um rund 1,5 dB geringer als bei der Messposition M2. Eine Verringerung des Pegels bei der Fahrzeugkategorie Lkw um etwa 2,5 dB bis zu 3 dB und bei der Fahrzeugkategorie sLkw um bis zu 3 dB, zeigt eine sehr unterschiedliche Auswirkung der zunehmenden Höhe der Mikrofonposition auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien.

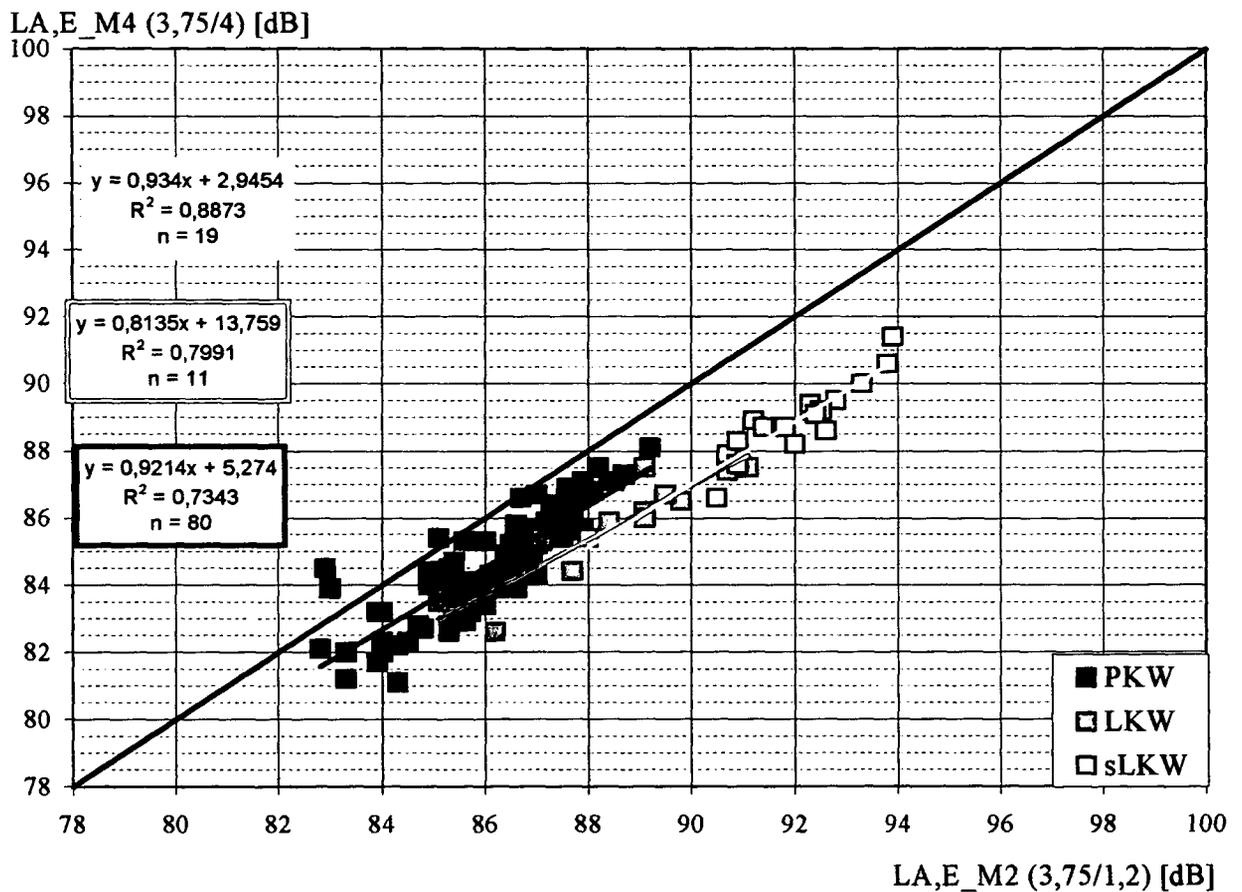


Abbildung 26: $L_{A,E} M2 (3,75/1,2)$ vs. $L_{A,E} M4 (3,75/4)$, A 3, km 1,8

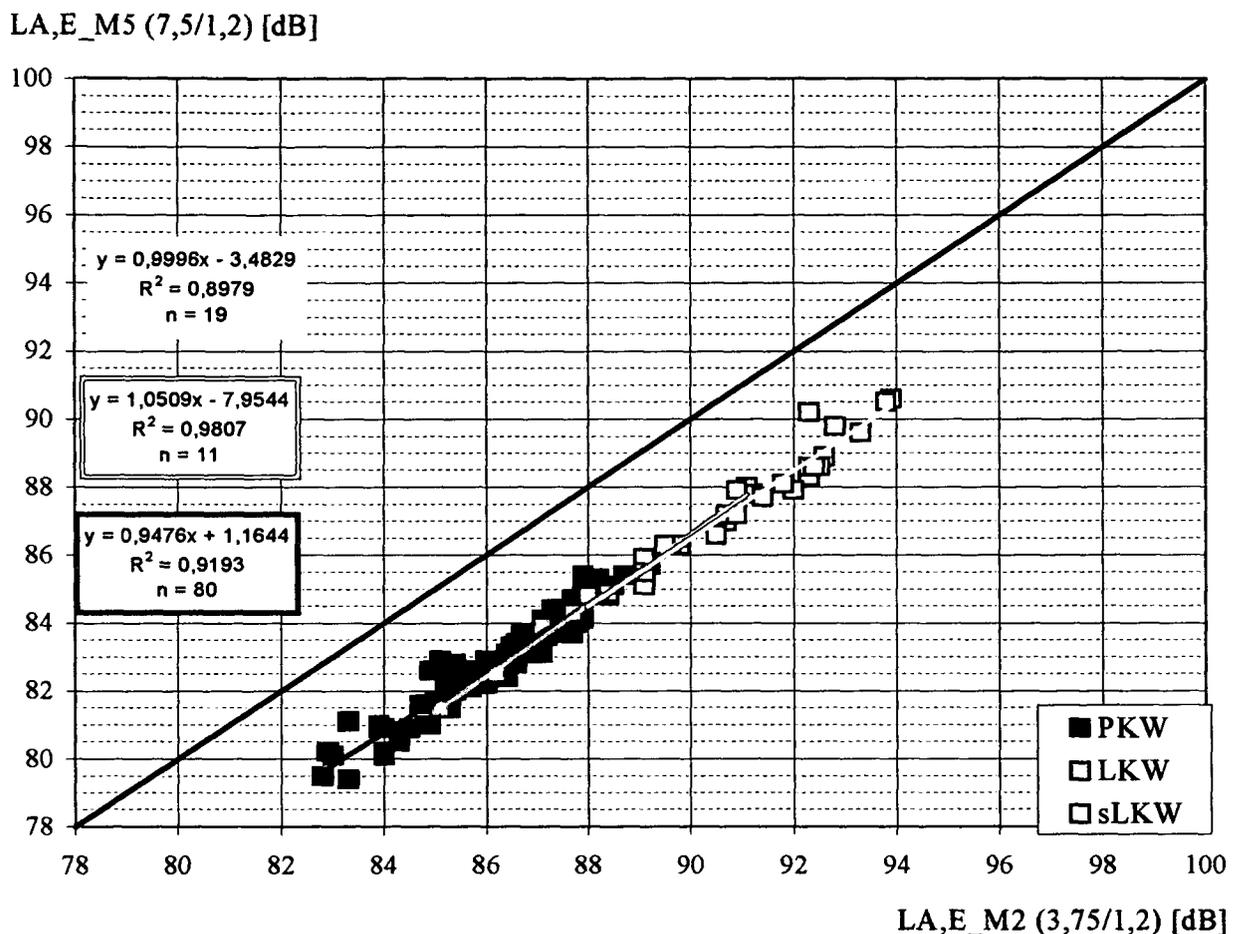


Abbildung 27: $L_{A,E} M2 (3,75/1,2)$ vs. $L_{A,E} M5 (7,5/1,2)$, A 3, km 1,8

Das Diagramm mit der Gegenüberstellung der Mikrofonpositionen M2 vs. M5, zeigt erneut, wie bereits bei der ersten Messung, für alle Fahrzeugkategorien eine parallele Ausbreitung der Ergebnisse. Die Mikrofonposition M5 weist dieselbe Höhe auf wie die Mikrofonposition M2, jedoch in einer anderen Entfernung zu der Fahrbahn.

M2 befand sich in 3,75 m von der Fahrstreifenmitte des ersten Fahrstreifens und M5 wurde in 7,5 m von der Fahrstreifenmitte des ersten Fahrstreifens angebracht. Der Ausbreitungsunterschied bezüglich der unterschiedlichen Distanzen liegt bei der Fahrzeugkategorie Pkw bei 3,5 dB. Für die Fahrzeugkategorien Lkw und s Lkw ergeben sich dieselben Unterschiede wie für die Fahrzeugkategorie Pkw.

Handwritten text on the right side of the page.



Handwritten text below the diagram.

Handwritten section header or title.

Main body of handwritten text, consisting of several lines of cursive script. The text is very faint and difficult to read.

Um eine exaktere Vergleichbarkeit der Mikrofonpositionen zu ermöglichen, wurden, wie bereits bei der ersten Messung, die Pegel auf eine Entfernung von 1 m umgerechnet.

In der Abbildung 28 wurde der LA,E, berechnet auf 1 m, den Mikrofonpositionen M2 und M5 gegenübergestellt.

LA,E_M5 (7,5/1,2) [dB]_1m

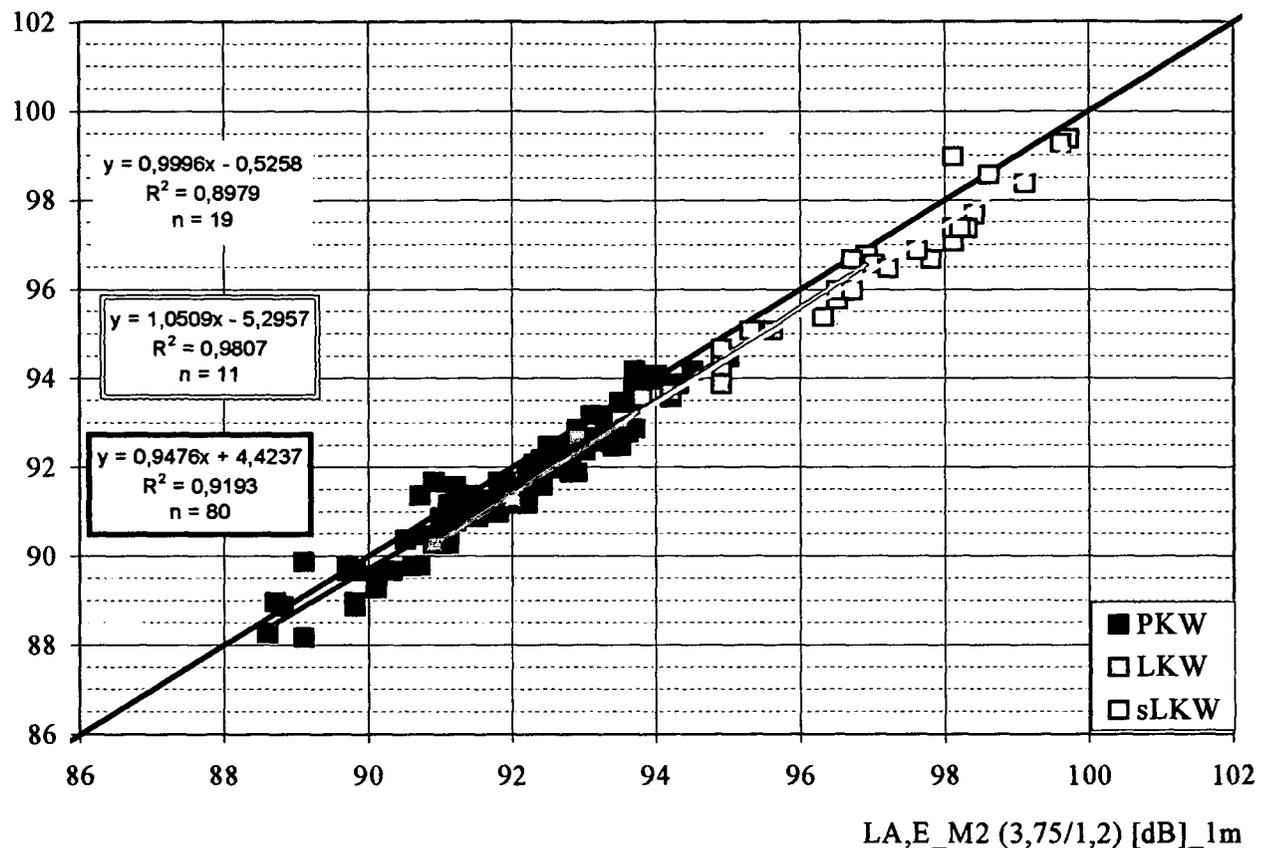


Abbildung 28: LA,E M2 (3,75/1,2) vs. LA,E M5 (7,5/1,2), A 3, km 1,8, bezogen auf 1 m

Die umgerechneten Pegelunterschiede liefern eine durchschnittliche Abweichung von rund 0,5 dB von der Solllinie und sind durch ihre geringen Wertunterschiede zu vernachlässigen.

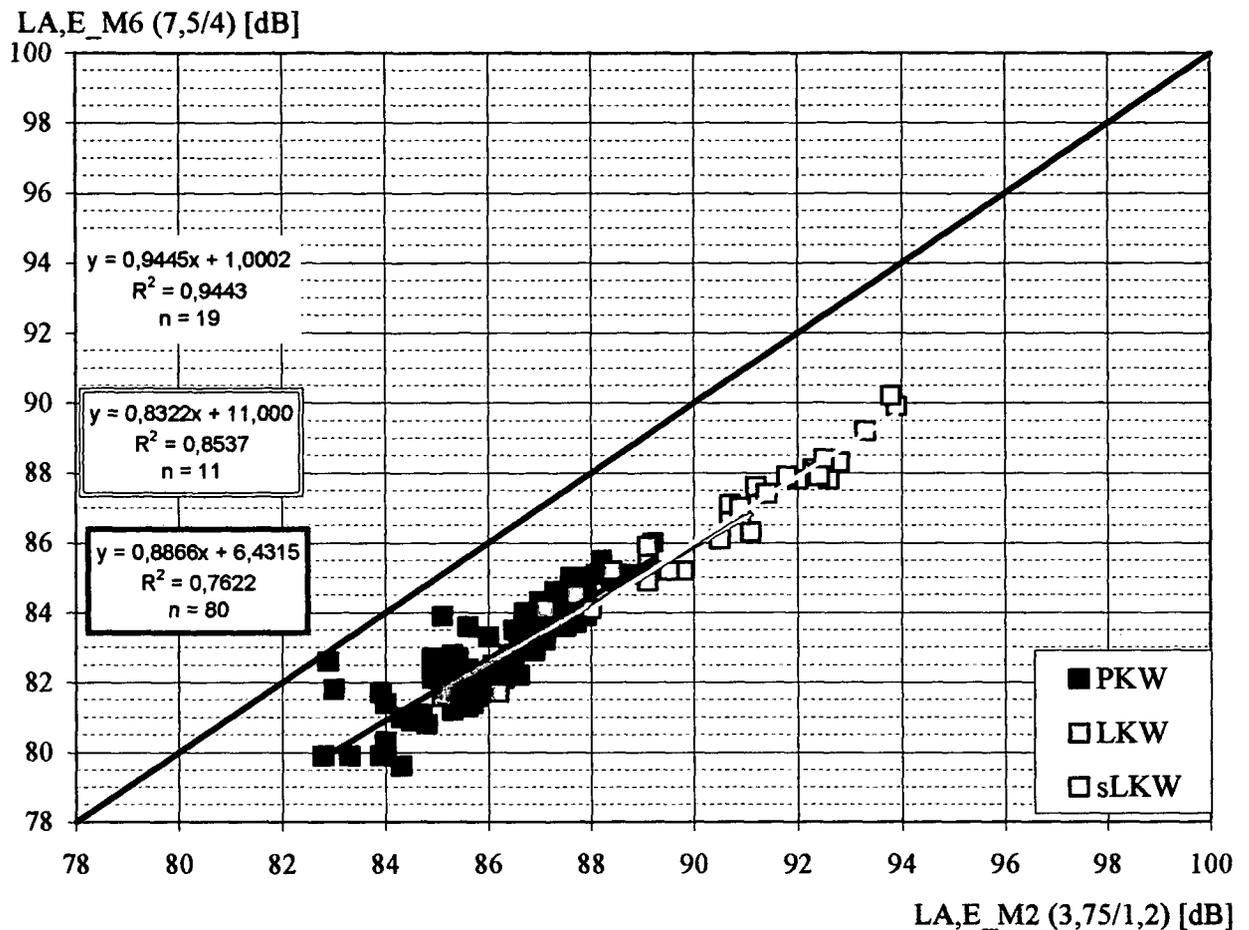


Abbildung 29: $L_{A,E} M2 (3,75/1,2)$ vs. $L_{A,E} M6 (7,5/4)$, A 3, km 1,8

Abbildung 29 zeigt, dass sich die größten Unterschiede bezüglich der A-bewerteten Schallausbreitung bei der Gegenüberstellung der Mikrofonpositionen M2 und M6 ergeben. Die Pegelwerte verringern sich bei der Fahrzeugkategorie Pkw um durchschnittlich 3 dB, bei der Fahrzeugkategorie Lkw um bis zu 4 dB und bei der Fahrzeugkategorie sLkw um ebenfalls 4 dB. Da sich die Mikrofonpositionen M2 und M6 in unterschiedlichen Höhen, wie auch in unterschiedlicher Entfernung zur Fahrbahn befinden, war ein Ergebnis in dieser Form zu erwarten.

5.3 Genauer Abstand Reifen – Mikrophon

Bei den Messungen wurde festgestellt, dass die Sicherheitstafel, die auf dem Pannestreifen vor der Messstelle aufgestellt war, offensichtlich das Fahrverhalten der Fahrzeuglenker am ersten Fahrstreifen beeinflusst hat. Ein hoher Prozentsatz der Fahrzeuge fuhr aus Vorsicht auf dem ersten Fahrstreifen möglichst weit links und kehrte nach der Messstelle wieder in seine ursprüngliche Fahrposition zurück (Abbildung 30).

Aus dieser Beobachtung heraus wurde in diesem Kapitel untersucht, wie groß die Abweichung von der theoretischen Fahrlinie (Fahrstreifenlängsachse im Messquerschnitt in rot dargestellt) wirklich ist und welche Pegelerhöhungen gemessen worden wären, wenn die Fahrzeuge in Fahrstreifenmitte gefahren wären. Für diese Untersuchung wurden ausschließlich Fahrzeuge des ersten Fahrstreifens berücksichtigt.



Abbildung 30: Sicherheitstafel vor der Messstelle und der dadurch bedingte Einfluss auf die Wahl der Fahrlinie, A1 km 81,5

1. The first part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business. This includes keeping track of income, expenses, and assets, as well as ensuring that all records are properly organized and stored for easy access.

2. The second part of the text focuses on the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

3. This section discusses the various methods and tools that can be used to maintain accurate records, such as spreadsheets, accounting software, and physical filing systems. It also emphasizes the importance of regularly reviewing and updating these records to ensure their accuracy and relevance.

4. The third part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

5. This section discusses the various methods and tools that can be used to maintain accurate records, such as spreadsheets, accounting software, and physical filing systems. It also emphasizes the importance of regularly reviewing and updating these records to ensure their accuracy and relevance.

6.

7. The fourth part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

8.

9.

10.

11.

12. The fifth part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

13.

14.

15.

16. The sixth part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

17.

18. The seventh part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

19. The eighth part of the text discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities related to the business.

Für diese Untersuchung wurden die Vorbeifahrten der zweiten Messung vom 23.06.2005 an der A1 West-Autobahn verwendet. Die mittels Videokamera aufgezeichneten einzelnen Fahrzeugvorbeifahrten machten es im Nachhinein möglich, die exakten Distanzen jedes einzelnen Fahrzeuges vom äußeren Rand des Reifens zum Fahrstreifenrand zu ermitteln und die Ergebnisse graphisch darzustellen. Aus diesen Distanzen wurde im Anschluss der tatsächliche Abstand zwischen Reifen und Mikrophon ermittelt.



Abbildung 31: tatsächliche Distanz, Reifen Mikrophon, A1 km 81,5

Für die tatsächlichen Distanzen der Fahrzeugkategorie PKW ergibt sich im Mittel ein Abstand von rund 1,9 m vom Rad bis zum Fahrflächenrand und für die Fahrzeugkategorien der LKW und sLKW ein Durchschnittswert von 1,4 m vom Rad bis zum Fahrflächenrand, das bedeutet, dass die tatsächlichen horizontalen Entfernungen bei allen drei Fahrzeugkategorien um rund 80 cm höher sind als die theoretisch angenommenen Distanzen. Die theoretischen Distanzen errechnen sich aus dem Abstand zur Fahrstreifenachse des ersten Fahrstreifens abzüglich einer durchschnittlichen halben Fahrzeugachsenbreite der jeweiligen Fahrzeugkategorie. Für die Fahrzeugkategorie der sLKW und LKW ergibt sich durch die Halbierung der durchschnittlichen Achsenbreite ein Wert von 125 cm, der vom Abstand zur ersten Fahrstreifenachse abgezogen werden muss. Für die Fahrzeugkategorie der Pkw sind es durchschnittlich 75 cm. [Bohner et al., 1997]

The present study was designed to investigate the effects of a self-concept therapy on the self-concept of college students. The study was conducted in a college setting and involved a comparison of a self-concept therapy group and a control group. The self-concept therapy group received a series of sessions designed to help them identify and change negative self-concept beliefs. The control group received no such intervention. The results of the study showed that the self-concept therapy group had significantly higher self-esteem and a more positive self-concept than the control group at the end of the study. These findings suggest that self-concept therapy can be an effective intervention for improving self-esteem and self-concept in college students.

Self-Concept Therapy and Self-Esteem

David M. Rosen
University of California, Los Angeles

Received July 15, 1976; revision accepted February 15, 1977

The present study was designed to investigate the effects of a self-concept therapy on the self-concept of college students. The study was conducted in a college setting and involved a comparison of a self-concept therapy group and a control group. The self-concept therapy group received a series of sessions designed to help them identify and change negative self-concept beliefs. The control group received no such intervention. The results of the study showed that the self-concept therapy group had significantly higher self-esteem and a more positive self-concept than the control group at the end of the study. These findings suggest that self-concept therapy can be an effective intervention for improving self-esteem and self-concept in college students.



Abbildung 32: theoretische Distanz, Reifen Mikrophon, A1 km 81,5

5.3.1 Distanz Diagramme

Nachdem die genauen Abweichungen ermittelt werden konnten, stellte sich weiter die Frage, um wie viel lauter die A-bewerteten Schallereignispegeln gemessen worden wären, wenn die Fahrzeuge genau in Fahrstreifenmitte gefahren wären. In den folgenden Diagrammen werden die gemessenen und die berechneten Ergebnisse in Form von A-bewerteten Schallereignispegeln über die Fahrzeuggeschwindigkeit V gemäß RVS ($\log V/50$) dargestellt. Der Vergleich erfolgt für alle Mikrofonpositionen (M1 bis M4) welche sich in einer horizontalen Entfernung von jeweils 3,75 m von der Mitte des ersten Fahrstreifens und in 4 unterschiedlichen Höhen befinden (0,5 m, 1,2 m, 2 m und 4 m, siehe Abbildung 13). Abbildung 33 bis Abbildung 36 zeigen die Ergebnisse der Lärmemissionen für die drei Fahrzeugkategorien, wobei die viereckigen Symbole für die gemessenen Ergebnisse und die dreieckigen Symbole für die berechnete Ergebnisse (Annahme, die Fahrzeuge wären in Fahrstreifenmitte gefahren) stehen. Die Trendlinien zeigen den durchschnittlichen Verlauf des geschwindigkeitsabhängigen Pegelwertes.

Mathematical Models of the Term Structure of Interest Rates

Abstract: This paper discusses the mathematical models of the term structure of interest rates. It starts with the classical models of the term structure of interest rates, such as the Vasicek model, the Cox-Ingersoll-Ross model, and the Heath-Jarrow-Morton model. It then discusses the more recent models, such as the Hull-White model, the GJR model, and the GJR model with stochastic volatility. Finally, it discusses the applications of these models in the pricing of interest rate derivatives.

Keywords: Term structure of interest rates; Vasicek model; Cox-Ingersoll-Ross model; Heath-Jarrow-Morton model; Hull-White model; GJR model; GJR model with stochastic volatility

1. Introduction

1.1. The Term Structure of Interest Rates

The term structure of interest rates is the relationship between the yield to maturity and the time to maturity of a bond. It is one of the most important concepts in fixed income investing. The term structure of interest rates can be represented by a yield curve, which is a graph showing the yield to maturity of bonds of different maturities. The yield curve can be upward sloping, downward sloping, or flat. The yield curve is determined by a number of factors, including the current level of interest rates, the expected future interest rates, and the risk of interest rate changes. There are several mathematical models of the term structure of interest rates. The most widely used models are the Vasicek model, the Cox-Ingersoll-Ross model, and the Heath-Jarrow-Morton model. The Vasicek model is a simple model that assumes that the short rate follows a random walk with drift. The Cox-Ingersoll-Ross model is a more complex model that assumes that the short rate follows a random walk with drift and that the volatility of the short rate is proportional to the square root of the short rate. The Heath-Jarrow-Morton model is a very general model that allows for any shape of the yield curve. The Hull-White model is a modification of the Vasicek model that allows for a time-varying drift. The GJR model is a modification of the Cox-Ingersoll-Ross model that allows for a time-varying volatility. The GJR model with stochastic volatility is a modification of the GJR model that allows for a time-varying volatility of the volatility. These models are used to price interest rate derivatives, such as bonds, options, and swaps.

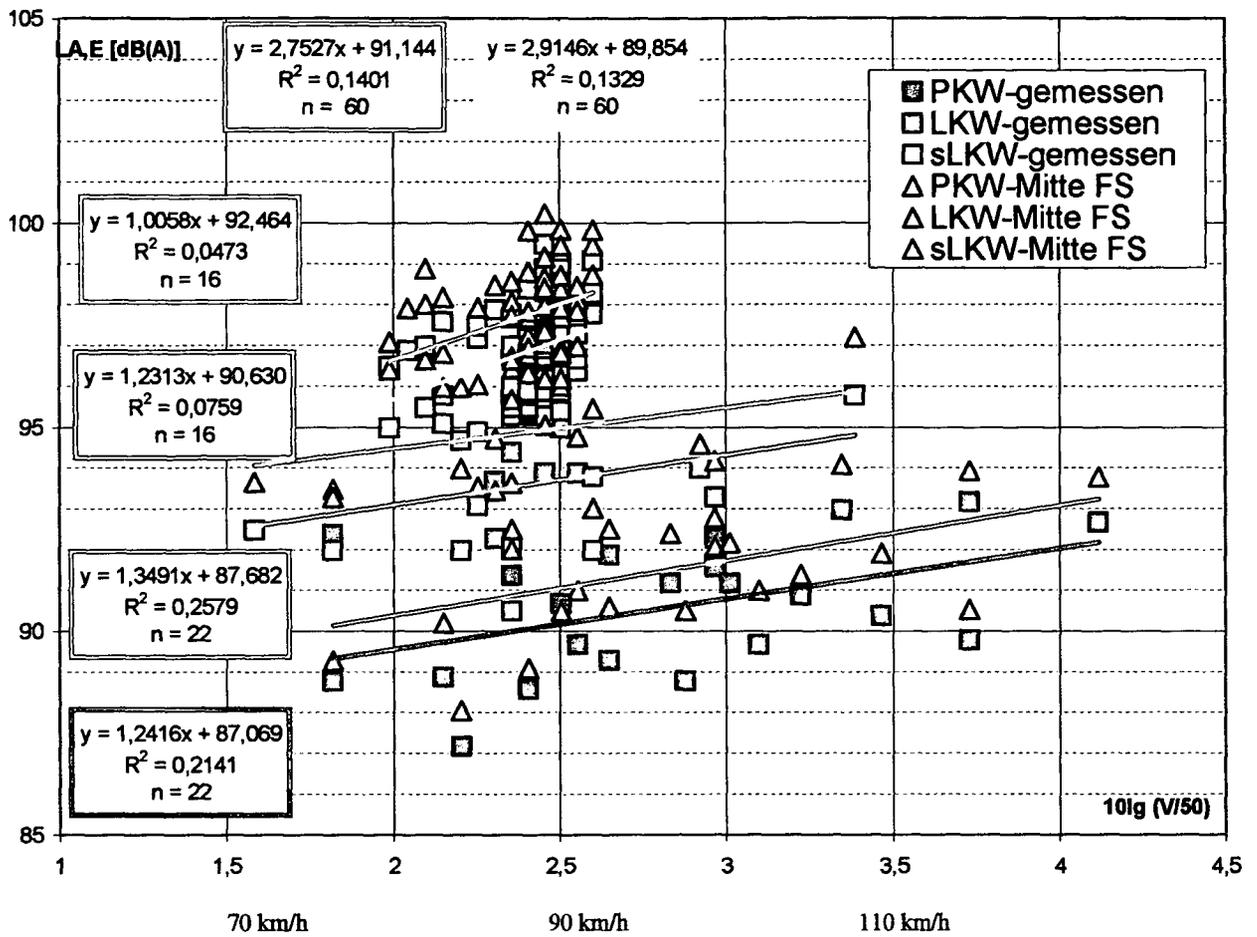


Abbildung 33: LA,E Werte, KFZ (gemessen und angenommen von Mitte FS, ausgehend von Messpunkt M1)

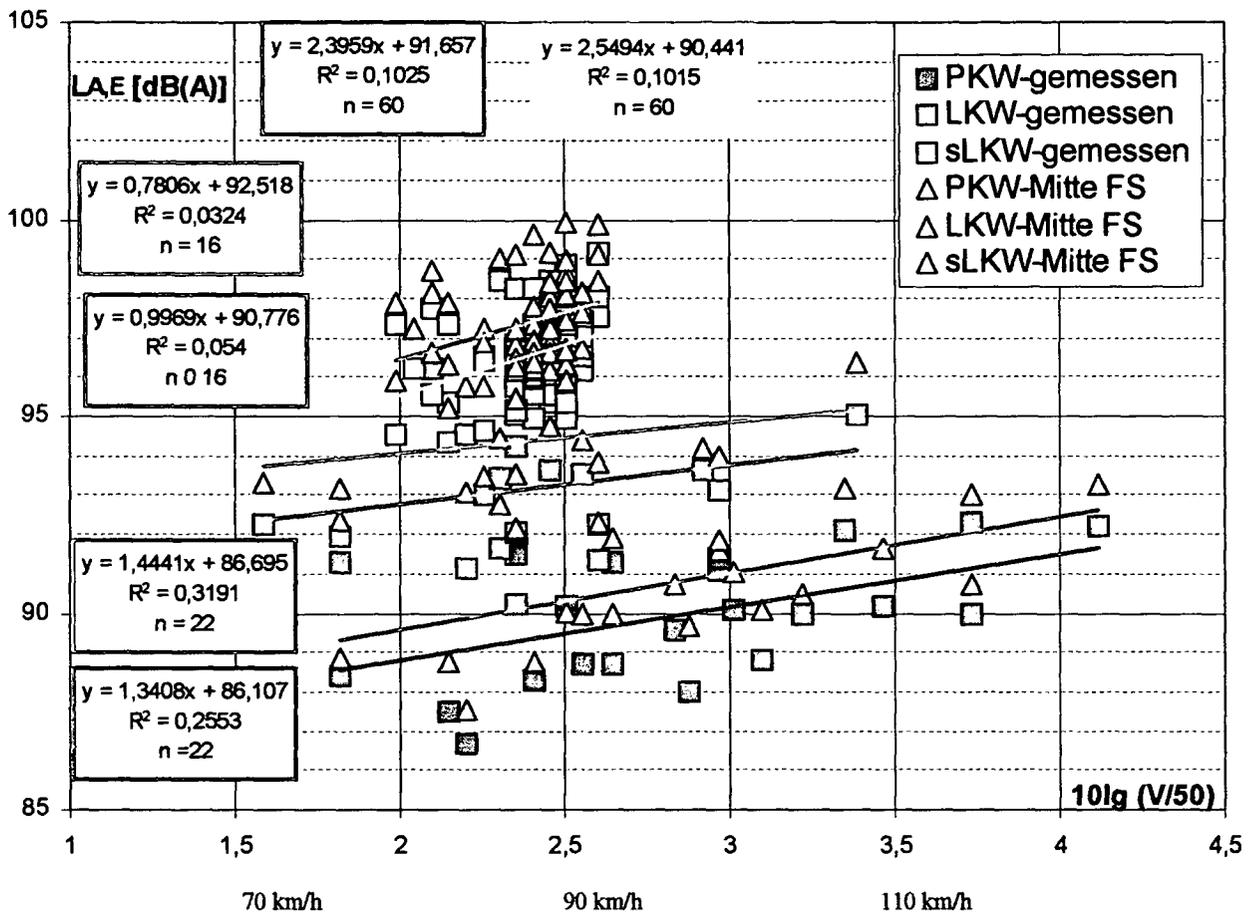


Abbildung 34: LA,E Werte, KFZ (gemessen und angenommen von Mitte FS, ausgehend von Messpunkt M2)

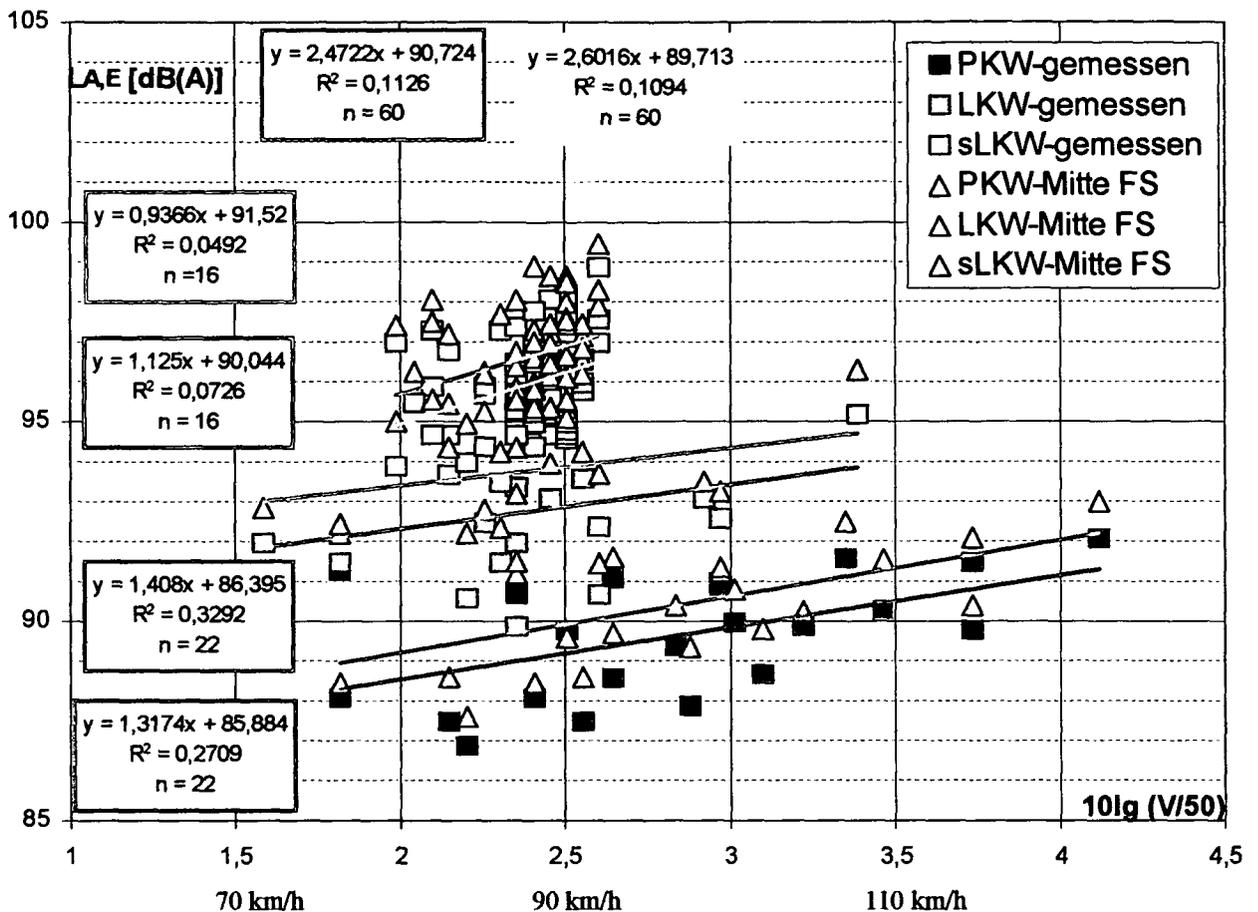


Abbildung 35: LA,E Werte, KFZ (gemessen und angenommen von Mitte FS, ausgehend von Messpunkt M3)

Zufolge der Ausbreitungsrechnung für Linienschallquellen ergeben sich für jede Kategorie (PKW, LKW und s LKW) Pegelwerte, die bei Fahrt in Fahrstreifenmitte durch die rechnerische Rückführung um rund 1 bis 1,5 dB höher liegen als bei den theoretischen Distanzen (M1, M2 und M3). Für den in 4 m Höhe am höchstgelegenen Messpunkt M4 (Abbildung 36) sind es nur rund 0,5 dB. Diese Pegelunterschiede ergeben sich aus den Entfernungsunterschieden von der Quelle zu den jeweiligen Mikrofonpositionen (M1-M4). Es ist also vor allem, bei den der Schallquelle nahe gelegenen Messpunkten sinnvoll, den genauen Abstand zum vorbeifahrenden Fahrzeug zu berücksichtigen.

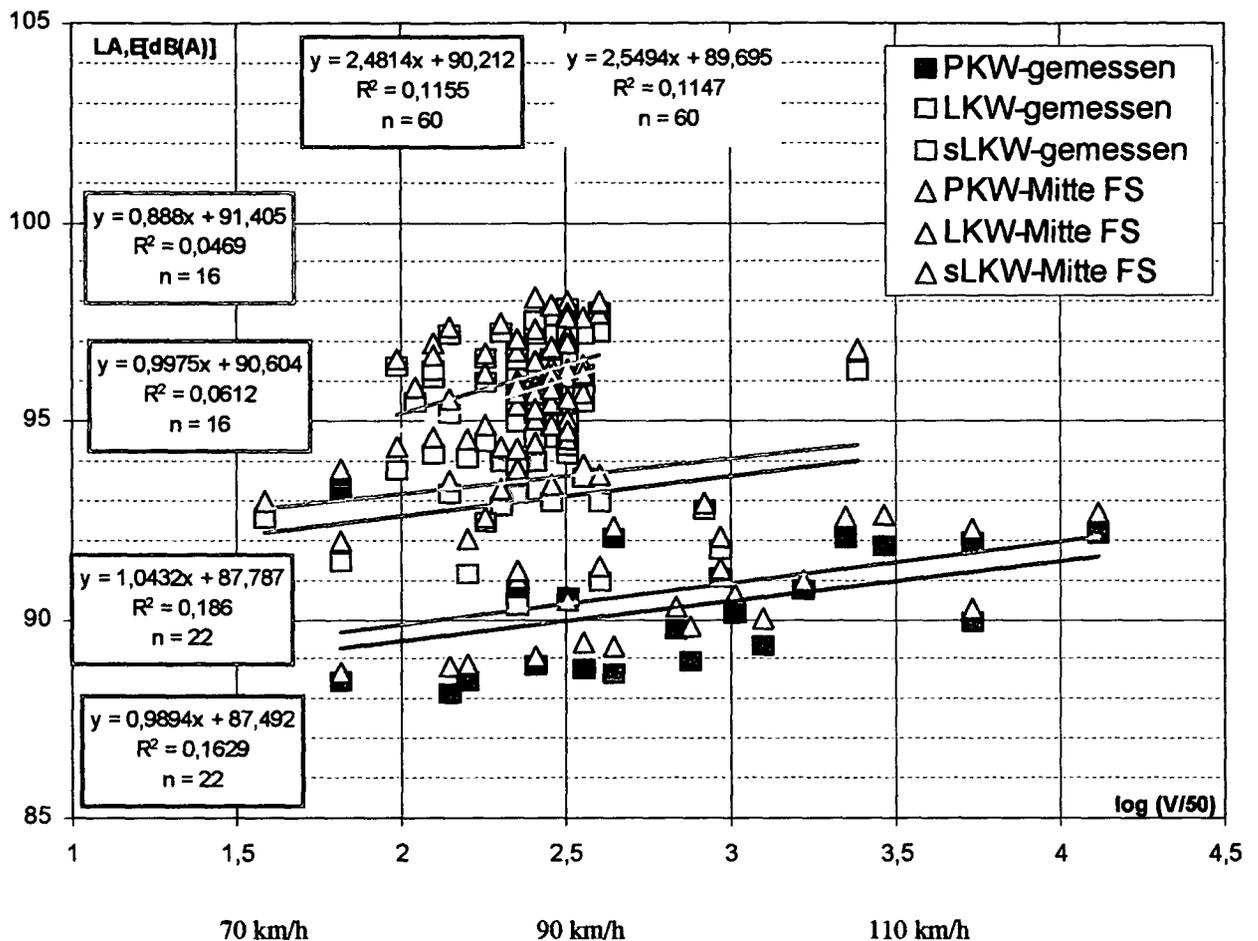


Abbildung 36: LA,E Werte, KFZ (gemessen und angenommen von Mitte FS, ausgehend von Messpunkt M4)

In allen vier Messpunkten ergeben sich Pegeldifferenzen von 1 bis 2 dB. Das bedeutet, wären die Fahrzeuge tatsächlich in der Fahrstreifenmitte gefahren, würden die im 3,75 m entfernten Messpunkt gemessenen Pegel um 1 bis 2 dB höhere Werte aufweisen.

Für die tatsächlichen Vorbeifahrten gilt daher: $L_r = LA,E(3,75) + K$

L_r ...Beurteilungspegel

K ...Korrekturfaktor von 1-2dB

5.4 Vergleich der Fahrstreifen

Anhand der Messung vom 15.07.2005 auf der A3-Südautobahn wurden Korrelationen zwischen den Mikrofonpositionen (M2 und M5, in einer Höhe von 1,2 m über Fahrbahnoberkante), Fahrzeugart und Geschwindigkeiten dargestellt. Um einen linearen Zusammenhang der Geschwindigkeit darstellen zu können, wird erneut der Logarithmus der Geschwindigkeit, bezogen auf 50 km/h gemäß RVS 3.02 gebildet und in dem folgenden Diagramm aufgetragen.

Die gemessenen Vorbeifahrtspegel (A-bewertete Schallereignispegel LA,E) der Fahrzeugkategorie PKW werden dargestellt und die Ergebnisse der beiden Fahrstreifen (Fahrstreifen 1 in rot und Fahrstreifen 2 in gelb) einander gegenübergestellt.

Um eine größere Anzahl an Vorbeifahrtsdaten zu erhalten, musste vorweg nachgewiesen werden ob die gemessenen Lärmpegel, verursacht durch die PKW Vorbeifahrten auf den beiden Fahrstreifen in jeweils 7,5 m Entfernung der Fahrstreifenachse gut miteinander korrelieren, d.h. die auftretenden Streuungen sich durch Fahrspurabweichung am ersten Fahrstreifen dennoch innerhalb von 1 dB bewegen. In diesem Fall konnten nur PKW miteinander verglichen werden, da am zweiten Fahrstreifen keine LKW sowie s LKW gemessen werden konnten.

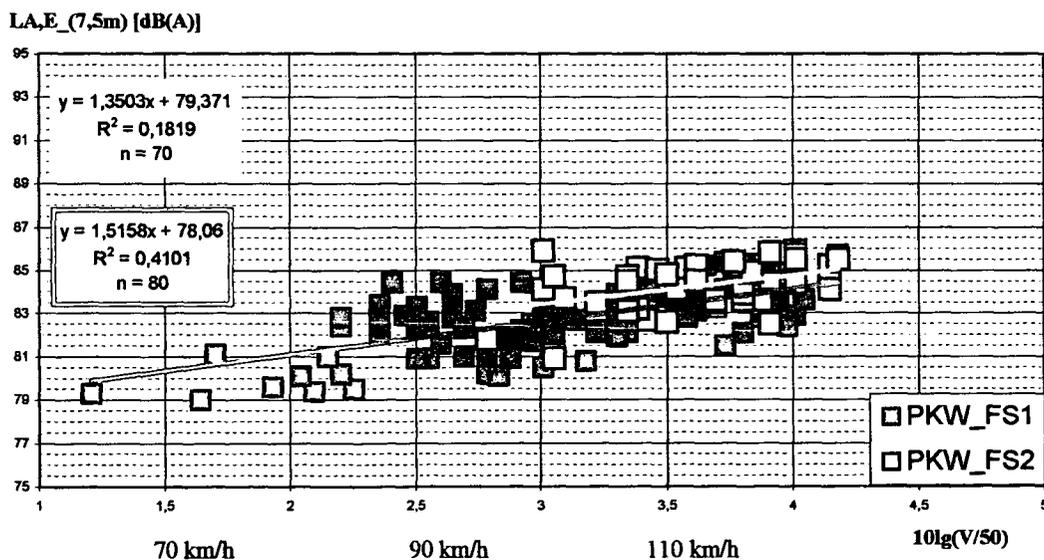


Abbildung 37: PKW Vorbeifahrten Fahrstreifen 1 (M5) vs. Fahrstreifen 2 (M2) in 7,5 m Entfernung

1948 - 1949 - 1950 - 1951 - 1952 - 1953 - 1954 - 1955 - 1956 - 1957 - 1958 - 1959 - 1960 - 1961 - 1962 - 1963 - 1964 - 1965 - 1966 - 1967 - 1968 - 1969 - 1970 - 1971 - 1972 - 1973 - 1974 - 1975 - 1976 - 1977 - 1978 - 1979 - 1980 - 1981 - 1982 - 1983 - 1984 - 1985 - 1986 - 1987 - 1988 - 1989 - 1990 - 1991 - 1992 - 1993 - 1994 - 1995 - 1996 - 1997 - 1998 - 1999 - 2000 - 2001 - 2002 - 2003 - 2004 - 2005 - 2006 - 2007 - 2008 - 2009 - 2010 - 2011 - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

The first part of the document is a list of names and dates, followed by a series of paragraphs of text. The text is very faint and difficult to read, but appears to be a list of names and dates, possibly a roster or a list of events. The text is arranged in a grid-like format with columns and rows. The names are written in a cursive or semi-cursive script, and the dates are written in a simpler, more legible font. The overall appearance is that of a historical document or a record book.

The second part of the document is a series of paragraphs of text, continuing the list of names and dates. The text is very faint and difficult to read, but appears to be a list of names and dates, possibly a roster or a list of events. The text is arranged in a grid-like format with columns and rows. The names are written in a cursive or semi-cursive script, and the dates are written in a simpler, more legible font. The overall appearance is that of a historical document or a record book.

Anhand des Diagramms (Abbildung 37) erkennt man, dass der A-bewertete Schallereignispegel der Mikrofonpositionen M2 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) und M5 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des ersten Fahrstreifens) rund 1 dB höher sind als jene auf Fahrstreifen eins.

Somit kann festgestellt werden, dass die Vorbeifahrtspegel innerhalb der Fahrzeugkategorie PKW, auf beiden Fahrstreifen mit Differenzen von rund 1 dB, bei der durchgeführten Messungen gut miteinander korrelieren und für horizontale Ausbreitungsuntersuchungen zusammengelegt werden können.

6. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

6.1 Vertikaler Vergleich der Mikrofonpositionen

Resultierend aus den Abbildungen 18 bis 20 der Mikrofonpositionen M1 bis M4 der ersten Messung und den Abbildungen 24 bis 26 der Mikrofonpositionen M1 bis M4 der dritten Messung, können die Ergebnisse wie folgt interpretiert werden:

Die Gegenüberstellung der Mikrofonpositionen M2 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) und M1 (in 0,5 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) zeigt, dass in diesem Nahbereich (7,5 m Entfernung von der Fahrstreifenachse) praktisch kein Pegelunterschied zwischen dem Rollgeräusch (M1 gemäß HARMONOISE) und dem Antriebsgeräusch (M2 gemäß HARMONOISE) festzustellen ist.

Die Abweichungen resultierend aus dem Vergleich der Mikrofonpositionen M2 und M1 liegen bei -0,5 dB. Diese Abweichungen sind sehr gering und daher als nicht signifikant zu bezeichnen.

Betrachtet man die Mikrofonposition M3 (in 2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) im Vergleich zu M2 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens), so ergeben sich Pegelunterschiede von -1 dB.

Die von der Schallquelle am weitesten entfernte Mikrofonposition M4 (in 4 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) zeigt im Vergleich zu M2 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) für die Fahrzeugkategorie Pkw eine Pegelabnahme von -1,5 dB und für die Fahrzeugkategorien Lkw und s Lkw eine Pegelabnahme von bis zu -3 dB.

Zwischen dem Messpunkt M3 (in 2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) und dem von der Quelle doppelt so weit entfernten M4 (in 4 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) nehmen die Pegel der s Lkw um die erwarteten -3 dB ab, während sich für die beiden übrigen Kategorien etwas geringere Pegelabnahmen ergeben.

Betrachtet man die Ergebnisse der ersten Messung, A2 Südautobahn km 12, mit jenen der zweiten Messung, A1 Westautobahn km 81,5, stellt man fest, dass die Werte der

Mikrofonposition (M1 in 0,5 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) der dritten Messung etwas höher liegen als die Werte von M1 der ersten Messung. Beide Abweichungen liegen jedoch in einem zu vernachlässigenden Bereich, da es sich beide Male um Unterschiede von +/- 0,5 dB handelt und diese Werte für das menschliche Gehör nicht wahrnehmbar sind (siehe Seite 8).

6.2 Horizontaler Vergleich der Mikrofonpositionen

Vergleicht man die Pegelwerte der Mikrofonpositionen M2 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) und M5 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des ersten Fahrstreifens), ergeben sich Abweichungen von +1 dB (siehe Abbildung 22 und 28). Die Pegelwerte korrelieren demzufolge gut miteinander und können für horizontale Ausbreitungsuntersuchungen zusammengelegt werden.

Bezüglich der Entfernung der Mikrophone und den hierzu gemessenen Pegelwerten wurde festgestellt, dass die Gegenüberstellung der Mikrofonpositionen in 4 m Höhe (M4, in 4 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) und M6 (in 4 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des ersten Fahrstreifens) zu M2 in beiden Entfernungen eine Pegelabnahme von -3 bis -4 dB in den Fahrzeugkategorien s Lkw und Lkw zeigt. Bezüglich der Fahrzeugkategorie Pkw zeigt sich eine durchschnittlich höhere Pegelabnahme bei der Mikrofonposition M6 (-3 dB) als im Vergleich zu der Mikrofonposition M4 (-2 dB).

Die Gegenüberstellung der Mikrofonpositionen M2 (in 1,2 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des zweiten Fahrstreifens) mit der Mikrofonposition M6 (in 4 m Höhe und 7,5 m Entfernung zur Mitte des ersten Fahrstreifens) zeigt eine deutliche Pegelabnahme der Fahrzeugkategorie s Lkw um bis zu -4 dB. Geringere Unterschiede weisen die Fahrzeugkategorien Pkw und Lkw auf, jene liegen zwischen -3 und -4 dB.

6.3 Vergleich Reifen – Mikrofon Distanzen

Durch die Absicherung der Messstelle konnte ein Ausweichen der Fahrzeuge vom Fahrflächenrand von durchschnittlich 80 cm festgestellt werden. Die gemessenen Schallpegel fielen geringer aus, als wenn die Fahrzeuge exakt in Fahrstreifenmitte gefahren werden. Die Pegel wurden über die Ausbreitungsrechnung für Linienschallquellen (siehe

Kapitel 5.3.1) berechnet. Dabei ergaben sich für jede Kategorie (PKW, LKW und s LKW) Pegelwerte, die um rund 1 dB höher liegen als die gemessenen Distanzen (M1, M2 und M3). Für den Messpunkt in 4 m Höhe (M4) wurde eine Pegelerhöhung von nur 0,5 dB errechnet. Diese Pegelunterschiede ergeben sich aus den Entfernungsunterschieden von der Quelle zu den jeweiligen Mikrofonpositionen (M1-M4). Es ist also durchaus von Bedeutung, bei den der Schallquelle nahe gelegenen Messpunkten den genauen Abstand zum vorbeifahrenden Fahrzeug zu berücksichtigen.

7. BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

Aus den Ergebnissen der Messungen und der umfangreichen Datenanalysen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

Der gemäß dem Immissionsberechnungsverfahren HARMONOISE vorgeschlagene Messpunkt in 0,5 m Höhe über Fahrbahnoberkante (Rollgeräusch) weist kaum Pegelunterschiede gegenüber dem Messpunkt in 1,2 m Höhe (Antriebsgeräusch) auf. Daraus kann geschlossen werden, dass ein Messpunkt in einer Höhe von 0,5 m für schalltechnische Immissionsberechnungen in einem Nahbereich bis zu 7,5 m nicht relevant ist.

Die Mikrofonposition in 1,2 m Höhe über Fahrbahnoberkante ist gut geeignet, die Geräuschemissionen der Vorbeifahrten zu beschreiben. Dieser Messpunkt entspricht auch dem Standardemissionspunkt gemäß RVS 3.02 sowie HARMONOISE zur Erfassung des Antriebsgeräusches von Fahrzeugen.

Bezüglich des angenommenen Messpunkts in 2 m Höhe über Fahrbahnoberkante kann festgestellt werden, dass sich bei einem Vergleich der Mikrofonpositionen in 1,2 m Höhe und jenem in 2 m Höhe Unterschiede bis zu zwei dB ergeben. Ein zusätzlicher Messpunkt in dieser Höhe erweist sich jedoch nicht als unbedingt notwendig, aufgrund des Messpunktes in 4 m Höhe, dieser Messpunkt entspricht dem harmonisierten europäischen Immissionsprognosemodell (HARMONOISE) zur Erfassung des Strömungsgeräusches von Fahrzeugen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen zwischen dem Messpunkt in 2 m Höhe und dem Messpunkt in 4 m Höhe weitere Pegelabnahmen um bis zu zwei dB.

In der Gegenüberstellung des ersten und zweiten Fahrstreifens (M2 und M5) ergeben sich Pegelunterschiede bis zu 1 dB. Das Distanzdiagramm der Abbildung 37 zeigt den Vergleich von M2 und M5. Der Pegelunterschied ergibt sich aus dem Fahrverhalten der aufgezeichneten und erfassten Vorbeifahrten. Das Verhalten der Fahrzeuglenker am ersten Fahrstreifen wurde durch die Sicherheitstafel vor der Messstelle und durch die Aufbauten der Messstelle selbst massiv beeinflusst. Viele Vorbeifahrten fuhren am Fahrstreifen eins möglichst weit links und kehrten erst nach der Messstelle wieder in ihre ursprüngliche Fahrposition zurück. Die Vorbeifahrtspegel jener Fahrzeuge, die den Messquerschnitt auf dem ersten Fahrstreifen passierten sind rund 1dB niedriger als jene Fahrzeuge, die den

Messquerschnitt auf dem zweiten Fahrstreifen passierten. Der Grund für diese Pegel-differenz liegt darin, dass die Entfernung von der Längsachse der Fahrzeuge am ersten Fahrstreifen zum 7,5 m Messpunkt durch das ausweichende Fahrverhalten der Fahrzeuglenker tatsächlich 8,3 m beträgt und damit die Entfernungen im Mittel um knapp einen Meter weiter sind, als jene vom 7,5 m Messpunkt zum zweiten Fahrstreifen, auf dem die Fahrzeuglängsachse mit jener des Fahrstreifens übereinstimmt.

Um eine Messentfernung von 7,5 m zur jeweiligen Fahrstreifenachse einhalten zu können, sollten zwei räumlich voneinander getrennte Messquerschnitte herangezogen werden. Werden die Vorbeifahrten auf beiden Fahrstreifen in einem Querschnitt gemessen, beeinflusst der 7,5 m Entfernungsabstand von der Fahrstreifenachse des zweiten Fahrstreifens zum Messpunkt das Fahrverhalten der Fahrzeuglenker auf dem ersten Fahrstreifen. Werden zwei Messquerschnitte gewählt, kommt es zu keinem Ausweichen der Fahrzeuglenker des ersten Fahrstreifens, da die Entfernung von 7,5 m zum ersten Fahrstreifen eingehalten wird. Zusätzlich müssen sich Alternativen finden um in der gleichen Effektivität aber ohne beeinflussende Wirkung für die Fahrzeuglenker auf die Messstelle aufmerksam zu machen und somit abzusichern.

8. KURZFASSUNG

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit Nationalen und Internationalen Richtlinien in Bezug auf die Messung von Straßenverkehrsgeräuschen. Durch die unterschiedlich verwendeten Messabstände können die Ergebnisse nicht miteinander verglichen werden und es stellte sich daher die Frage nach einer Messanordnung um für alle Richtlinien konform messen zu können.

Nach der Literaturrecherche galt es insbesondere drei Regelwerke in eine Messanordnung umzusetzen, die Statistical Pass-By method ISO 11819-1 (Messung des Einflusses von Fahrbahnbelägen auf das Straßenverkehrsgeräusch, Teil 1: Statistische Vorbeifahrtmethode), das harmonisierte europäische Immissionsprognosemodell (HARMONOISE) und das Immissionsberechnungsverfahren gemäß RVS 04.02.11 (RVS 3.02). An mehreren österreichischen Autobahnquerschnitten wurden Vorbeifahrtpegelmessungen mit unterschiedlichen Messhöhen von 0,5 m, 1,2 m, 2 m sowie 4 m und einem Messabstand von 7,5 m durchgeführt und anschließend miteinander verglichen.

Die Ergebnisse der Messungen ergaben keine wesentlichen Pegelunterschiede zwischen dem Messpunkt in 0,5 m Höhe und dem Messpunkt in 1,2 m Höhe bei schalltechnischen Immissionsberechnungen in einem Nahbereich bis zu 7,5 m. Die Schlussfolgerung aus den durchgeführten Messungen und den daraus resultierenden Ergebnissen zeigt, dass die Mikrofonposition in 1,2 m Höhe gut geeignet ist, die Geräuschemissionen der Fahrzeuge zu beschreiben und eine Umsetzung auf alle Richtlinien daher sinnvoll erscheint.

Bezüglich den horizontalen Messentfernungen konnte festgestellt werden, dass die Messergebnisse sehr sensibel auf Abweichungen der theoretischen Fahrlinie reagieren und insbesondere auf Einflussfaktoren, die von einer Messstelle ausgehen, beachtet werden müssen.

9. LITERATURVERZEICHNIS

HARMONOISE. Blokland G., Ejsmont J., Jonasson H., et al.: Source modelling of road vehicles. Work Package 1.1, Document identity HAR 11 TR-041210-SP10, Paris 2004

Beckenbauer T.: Reifen-Fahrbahn-Geräusche - Minderungspotenziale der Straßenoberfläche; Plenarvortrag, Deutsche Jahrestagung für Akustik DAGA, 18. bis 20. März 2003 in Aachen

Bohner M., Keil W., Leyer S., et al.: Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik, 11. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co., 42275 Wuppertal, 1997

ISO 11819-1: Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical Pass-By method. First edition, Genf 1997

Kalivoda M.T., Bukovnik M., Huber F.: Technologiereport A3, Wien 2003

Kalivoda M.T., Steiner J.W.: Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik. Springer-Verlag Wien New York, Wien 1998

Kalivoda M.T.: Studie über das Kraftfahrzeuggeräusch unter realen Fahrbahn oberflächenbedingungen, Wien 2005

Klippel P., Döldissen A., Krane D., et al.: Straßenverkehrslärm – Immissionsermittlung und Planung von Schallschutz. Prof. Dr.-Ing. Bartz W. J., Technische Akademie Esslingen, Fort- und Weiterbildungszentrum, Dipl.-Ing. Wippler E., expert verlag, 7031 Grafenau, 1984

Litzka J., Pracherstorfer W.: Österreichische Erfahrungen mit lärmindernden Straßendecken. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Straßenforschung, Heft 427, Wien 1994

Litzka, J.; Pracherstorfer W. : Österreichische Erfahrungen mit lärmindernden Straßen-decken. Straßenforschung, Heft 427, Wien 1994

ÖNORM S 5004: Messung von Schallimmissionen. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe 1-11-1985, Wien 1998

ÖNORM S 9012: Beurteilung der Einwirkung von Schienenverkehrs – Immissionen auf den Menschen in Gebäuden. Schwingungen und sekundärer Luftschall. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 1996

Österreichische Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehr (FSV):

Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS) 3.02: Umweltschutz – Lärmschutz, Wien 1997

Sammer G., Schopf J.M.: Vorlesungsunterlagen zu Verkehrsplanung und Verkehrspolitik, Wien 2002

Sandberg U.: Vehicle Categories for Description of Noise Sources. HARMONOISE, Work Package 1.1, Document identity HAR 11 TR-030108-VTI04, Swedish National Road and Transport Research Institute, 2003

Sommer H.: Beton aus Altbeton und lärmarmen Betonoberflächen auf Autobahnen in Österreich. Straße und Autobahn, Heft 3. Wien 1992

Statistik Austria: Statistik der Zivilluftfahrt. Österreich als Lebensraum – Fahrleistung, Graz 2003, www.statistik.at, 13.03.2006

Umweltbundesamt: Umweltsituation in Österreich - Dritter Umweltkontrollbericht der Bundesministerien für Umwelt, Jugend und Familie an den Nationalrat. Wien 1993

Weisung für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen (BEKS): Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Schweiz, 1999.

1. The first part of the document is a letter from the author to the editor of the journal. The letter discusses the author's motivation for writing the paper and the importance of the research.

2. The second part of the document is the abstract, which provides a concise summary of the paper's objectives, methods, results, and conclusions. It is followed by the main body of the text, which is divided into several sections: Introduction, Methods, Results, and Discussion.

3. The Introduction section outlines the background of the research and the specific research questions being addressed. The Methods section describes the experimental design and the data collection procedures used in the study.

4. The Results section presents the findings of the study, including statistical analyses and graphical representations of the data. The Discussion section interprets the results in the context of existing literature and discusses the implications of the findings for future research.

5. The Conclusion section summarizes the key findings of the study and provides a final statement on the research. The References section lists the sources cited in the paper, and the Appendix contains supplementary information related to the study.

6. The Acknowledgments section expresses gratitude to the individuals and organizations that provided support and resources during the course of the research.

7. The Author Biographies section provides information about the authors, including their current affiliations and contact information.

8. The Correspondence section identifies the author to whom all correspondence regarding the paper should be directed.

9. The final part of the document is the References section, which lists the sources cited in the paper. The References are organized alphabetically by the author's name.

10. The last part of the document is the Appendix, which contains supplementary information related to the study, such as additional data or detailed descriptions of the experimental procedures.

10. ANHANG

Dokumentation der Messdaten von der 2. Messung am 23. 06. 2005 km 81,5 A1 West-Autobahn in Richtung Salzburg:

	Vorbeifahrten	Fahrstreifen		v [km/h]	M1 (3,75 / 0,5)		M2 (3,75 / 1,2)	
		FS 01	FS 02		LA,eq [dB]	SEL [dB]	LA,eq [dB]	SEL [dB]
Messserie 02 / 01	sLKW	x		87	84,4	91,4	84	90,9
	sLKW	x		86	87,9	92,8	86,9	91,8
	PKW		x	117	82,4	85,1	82,1	84,8
	sLKW	x		88	89,9	92,9	89,4	92,4
	PKW	x		86	84,1	86,6	84	86,6
	sLKW	x		82	86,5	91,8	86	91,2
	PKW		x	110	85,2	87,5	84,9	87,2
	PKW		x	130	84,6	86,9	84	86,4
	sLKW	x		84	86	93,2	85,3	92,4
Messserie 02 / 02	sLKW	x		89	85,9	91	85,7	90,8
	sLKW	x		91	90,7	94,3	90,2	93,9
	PKW		x	120	80,7	84,8	80,9	85
	PKW	x		92	80,8	87,1	80,1	86,4
	PKW		x	118	81,9	84,1	81,9	84,1
	LKW	x		81	80,3	85,6	80	85,3
	PKW		x	117	77,7	83,4	77,9	83,6
Messserie 02 / 03	sLKW	x		88	84,6	91,3	84,5	91,2
	PKW	x		87	79,1	83,8	78,7	83,4
	sLKW	x		87	86,6	92,1	86,3	91,7
	PKW		x	103	80,9	84,4	80,2	83,7
	sLKW	x		89	86,6	92,3	85,9	91,6
	sLKW	x		90	87	93,4	86,5	93
	PKW		x	104	79,8	83,7	79,2	83,2
	sLKW	x		91	89	93,8	88,6	93,4
	PKW	x		99	81	86,8	80,5	86,2
Messserie 02 / 04	PKW		x	112	80,9	85,2	81,2	85,4
	PKW		x	123	82,9	88,2	83	88,3
	PKW	x		89	84	85,9	83,4	85,3
	PKW		x	91	78,8	81,7	78,5	81,5
	PKW	x		76	81,3	84	80,8	83,5
	PKW		x	135	81,9	87,6	81,3	87
	LKW	x		81	74,9	61,9	74,5	61,5
	PKW		x	107	77,3	64,3	75,7	62,7
	PKW		x	103	78,5	65,4	78,4	65,4
	sLKW	x		87	73,2	60,2	74,4	61,4

Messserie 02 / 05			Messserie 02 / 06			Messserie 02 / 07			Messserie 02 / 08			Messserie 02 / 09		
PKW		x	111	78,6	82,3	78,4	82,1	LKW	x	98	86,5	89,9	86	89,4
SLKW	x		88	86,4	92,5	86,1	92,1	SLKW	x	82	86	91,1	85,2	90,2
PKW		x	117	83,5	85,2	83,1	84,8	PKW		125	84,7	86,4	84	85,7
LKW	x		99	87,3	92,9	86,5	92,1	SLKW	x	79	86,8	91	86,2	90,4
SLKW	x		89	88,5	94,7	88,5	94,7	LKW	x	84	88,4	93,5	87,1	92,3
PKW		x	83	81,2	85,8	80,9	85,5	PKW		87	85,3	90	84,7	89,5
PKW		x	108	80,1	83,4	80,2	83,5	PKW	x	113	83,2	85,5	83,3	85,7
PKW		x	114	82,8	85,5	82,4	85,1	SLKW		110	82,2	85,2	81,4	84,5
SLKW	x		80	86,8	92,9	85,9	92,1	SLKW	x	86	89,6	93,8	88,5	92,7
PKW		x	112	82,5	85,3	82,4	85,2	SLKW	x	88	89,5	93,6	88,9	92,9
SLKW	x		99	85,7	90,2	85,2	89,7	LKW	x	85	87,1	93,4	85,8	92,2
PKW	x		99	83,7	87,5	82,6	86,5	SLKW	x	90	85,7	92,4	85,3	92
SLKW	x		90	87,9	93,7	87,5	93,3	PKW		124	80,4	81,6	79,9	81,1
PKW		x	105	79,6	83,7	79,2	83,2	SLKW	x	88	85,5	92,3	84,9	91,6
PKW		x	120	84,6	86,2	83,8	85,4	PKW	x	89	88,8	91,6	88,4	91,2
SLKW	x		88	89,6	94,9	88,6	93,9	LKW		111	81,9	85,6	82	85,7
LKW	x		87	88,1	93,1	87,2	92,2	SLKW	x	102	84,6	91	84	90,3
PKW	x		90	84,4	89,3	84,1	89	SLKW		90	88,6	92,9	88,9	93,2
PKW	x		108	86,6	88,2	85,5	87,2	SLKW	x	87	90,5	93,4	90,2	93,1
SLKW	x		79	89,3	92,5	89,9	93,2	PKW	x	91	88,9	95,1	88,8	95
SLKW	x		86	87,3	91,3	86,9	90,9	PKW		119	82,7	86,4	82,3	86
PKW		x	119	81,2	84,6	80,9	84,3							

Messpunkte - Vorbeifahrtgeräuschpegelmessungen – Straßenverkehr – Sonja Kröpfl

sLKW	x		86	86,7	92	86,3	91,6
------	---	--	----	------	----	------	------

Messserie 02 / 10	sLKW	x		89	88,9	94,9	88,1	94,1
	sLKW	x		88	86,7	93,1	86,2	92,6
	LKW	x		76	84,1	88,3	83,3	87,5
	LKW	x		83	82,2	88	82	87,8
	LKW	x		91	83	88	82	87
	PKW		x	133	83,1	88,6	83	88,5
	sLKW	x		85	89,3	94,9	89	94,7
	sLKW	x		90	88,2	92,7	87,9	92,4
	LKW	x		72	84,2	88	83,4	87,2
	PKW		x	120	82,5	86,3	82,1	85,9
Messserie 02 / 11	PKW		x	119	79,9	84,4	79,4	84
	sLKW	x		83	85,3	90,7	85	90,4
	PKW		x	139	82,7	84	83,4	84,8
	sLKW	x		88	89,1	93,2	88,7	92,8
	PKW		x	112	84,4	85,6	83,9	85,1
	PKW	x		102	82	84,9	81	83,9
	PKW	x		111	80,8	85,6	80,5	85,3
	LKW		x	120	82,4	85,4	82,6	85,6
Messserie 02 / 12	sLKW	x		89	89	93,3	88,3	92,6
	sLKW	x		86	86,9	93	86,3	92,4
	PKW	x		76	80,3	87,6	79,1	86,4
	sLKW	x		87	86,8	91,5	86,1	90,8
	sLKW	x		90	86	93,3	85,6	92,9
	PKW		x	138	82,9	87,7	82,9	87,7
	PKW		x	106	78,8	84,1	78,6	83,8
	PKW		x	114	84,3	87,9	83,9	87,5
Messserie 02 / 13	sLKW	x		89	87,7	93,8	87,3	93,4
	PKW	x		105	83,2	86,1	82,1	85,1
	PKW		x	107	75,5	84	75,1	83,5
	PKW		x	112	81,3	85,3	81,1	85,1
	PKW		x	110	78,7	83,4	78,7	83,5
	PKW		x	116	78,5	86	77,9	85,4
	sLKW	x		89	86,2	93,7	85,5	93
	PKW		x	113	79,5	84,8	79,6	84,9
Messserie 02 / 14	sLKW	x		85	87,7	93,9	88,1	94,3
	PKW		x	111	81,1	84,9	80,6	84,5
	PKW		x	119	82,3	87,5	80,5	85,7
	PKW	x		92	81,3	84,5	80,5	83,8
	PKW		x	130	83,3	86,9	83,1	86,7
	PKW		x	120	81,8	85,2	81,2	84,7
	PKW		x	110	80,9	83,4	81,1	83,6
PKW	x		90	82,1	84,9	81	83,8	
PKW		x	135	83,4	88,1	82,2	86,8	
PKW		x	132	83,3	87,1	82,8	86,6	

sLKW	x		88	85,4	93,2	84,2	92
PKW	x		96	83,6	86,4	81,9	84,7

Messserie 02 / 15	PKW		x	135	82,6	86,9	82,4	86,7
	LKW	x		87	85	88,5	84,6	88,1
	PKW		x	130	81,2	82,7	80,7	82,2
	LKW	x		88	86,5	91,3	86,4	91,2
	PKW		x	124	81,3	84,7	81,5	84,9
	sLKW	x		88	88,9	91,9	88,4	91,4
	sLKW	x		89	86,5	92,9	86,7	93
	PKW		x	103	78,7	81,5	78,7	81,5
	sLKW	x		87	87,7	92,4	86,8	91,5
	LKW	x		86	87,7	89,9	87,2	89,5
Messserie 02 / 16	PKW	x		100	81,6	86,4	80,5	85,2
	PKW		x	97	79,7	83,5	79,9	83,7
	LKW	x		84	87,3	90,4	87	90,1
	PKW		x	122	83,3	85,4	82,1	84,3
	sLKW	x		88	91,6	96,7	91,8	96,9
	PKW		x	106	82	85,1	81,1	84,3
	LKW	x		86	82,7	89,1	82,4	88,9
	PKW		x	120	83,3	87	83,2	86,9
	PKW		x	113	81,1	86,8	80,6	86,3
	PKW		x	118	81,7	84,5	81,1	83,9
Messserie 02 / 17	PKW		x	93	79,1	83,7	78,6	83,2
	sLKW	x		87	89,9	92,8	90,3	93,2
	sLKW	x		89	87,8	91,9	87,5	91,6
	sLKW	x		87	85,1	91,8	84,7	91,4
	PKW		x	106	82,7	83,8	82,6	83,8
	PKW		x	89	79,7	83,4	79	82,8
	sLKW	x		88	87,2	94,4	86,1	93,3
	PKW	x		129	87,2	87,9	86,5	87,3
	PKW		x	111	79,6	83,9	79,5	83,7
	PKW	x		83	80,6	82,4	80,1	81,8
Messserie 02 / 18	PKW		x	81	75,8	81,7	75,6	81,5
	sLKW	x		89	88,7	95	88,1	94,4
	PKW		x	131	80,9	86	79,9	85
	PKW	x		118	82,3	85	82,3	85,1
	PKW		x	109	82,9	86,3	83,6	87,1
	sLKW	x		81	89,3	93	89,9	93,6
	LKW	x		86	83,7	88,1	83,5	87,9
	PKW		x	110	79	82,2	78,8	82
	LKW	x		91	82,3	86,5	81,9	86,1
	PKW		x	96	78,9	83,6	78,1	82,9

Messserie 02 / 19	PKW		x	112	81,8	86,7	81,2	86,1
	sLKW	x		88	88,5	95,5	87,3	94,3
	sLKW	x		89	88,9	94,3	87,8	93,2
	PKW		x	142	83,4	86,9	82,9	86,4
	PKW		x	105	80,2	83,4	80,2	83,4
	LKW	x		109	86,7	89,8	84,9	88,1
	sLKW	x		86	89,9	93,7	90,3	94,1
	sLKW	x		87	87,8	91,9	87,7	91,8
	sLKW	x		82	85,5	93,6	85,1	93,2
	PKW		x	126	81,8	84,8	81,7	84,7
Messserie 02 / 20	LKW	x		85	86	91,8	85,2	90,9
	PKW		x	124	85,3	87,5	84,7	86,9
	sLKW	x		88	89	93,4	89	93,3
	PKW		x	134	82,5	85,7	81,8	85
	PKW		x	112	82,8	87,5	82,3	87
	PKW	x		118	82,2	88,4	81,2	87,4
	PKW		x	104	84,6	87,6	84,7	87,6
	sLKW	x		89	89	91,4	88,8	91,2
	PKW		x	110	82,1	87,6	81,2	86,8
	sLKW	x		87	88,2	94,4	87,8	94,1
Messserie 02 / 21	PKW	x		82	81,8	84,1	80,3	82,6
	PKW		x	112	81,9	87,4	80,7	86,2
	PKW		x	120	82,4	86,3	81,6	85,5
	sLKW	x		84	88,2	90,9	87,9	90,5
	sLKW	x		81	87,4	91,5	87,2	91,4
	LKW	x		87	86,7	89,7	86,3	89,3
	sLKW	x		88	89,1	92,2	88,9	92
	PKW		x	118	80,7	85,2	80,8	85,3
	PKW	x		97	81,7	84	80,7	83,1
	sLKW	x		86	89	91,5	88,5	91

	Vorbeifahrten	Fahrstreifen		v [km/h]	M3 (3,75 / 2)		M4 (3,75 / 4)	
		FS 01	FS 02		LA,eq [dB]	SEL [dB]	LA,eq [dB]	SEL [dB]
Messserie 02 / 01	sLKW	x		87	82,9	89,8	81,8	88,8
	sLKW	x		86	86	91	84,9	89,9
	PKW		x	117	81,8	84,5	81,1	83,8
	sLKW	x		88	88,3	91,3	86,1	89,1
	PKW	x		86	82,9	85,4	81,6	84,1
	sLKW	x		82	84,8	90	83,5	88,8
	PKW		x	110	84,7	87	85,1	87,4
	PKW		x	130	83,4	85,7	82,9	85,2
	sLKW	x		84	83,9	91	82,5	89,6
	sLKW	x		89	84,9	89,9	82,8	87,8
Messserie 02 / 02	sLKW	x		91	89,2	92,9	87,5	91,2
	PKW		x	120	80,3	84,4	79,9	84
	PKW	x		92	79,5	85,8	79,1	85,4
	PKW		x	118	81,3	83,5	81,2	83,4
	LKW	x		81	79	84,3	77,1	82,4
	PKW		x	117	78,1	83,7	79,6	85,3
	sLKW	x		88	83,3	90	81,5	88,2
	PKW	x		87	78,1	82,8	77,5	82,2
Messserie 02 / 03	sLKW	x		87	85,2	90,6	84,1	89,5
	PKW		x	103	80,1	83,6	79	82,5
	sLKW	x		89	84,8	90,4	82,8	88,5
	sLKW	x		90	84,8	91,3	82,6	89,1
	PKW		x	104	78,8	82,8	78,1	82
	sLKW	x		91	87,5	92,3	86,1	90,9
	PKW	x		99	79,8	85,6	78,6	84,4
	PKW		x	112	80,6	84,9	79,8	84
	PKW		x	123	83,1	88,3	83,1	88,4
Messserie 02 / 04	PKW	x		89	82,5	84,5	82	83,9
	PKW		x	91	77,9	80,9	78,2	81,2
	PKW	x		76	80	82,8	79,1	81,8
	PKW		x	135	80,6	86,3	79,7	85,4
	LKW	x		81	75,2	62,2	76,1	63
	PKW		x	107	72,8	59,8	71,8	58,8
	PKW		x	103	79,2	66,2	80,9	67,9
	sLKW	x		87	75,4	62,4	79,1	66,1
	PKW		x	111	78,2	82	77,8	81,6
Messserie 02 / 05	sLKW	x		88	85	91,1	83	89,1
	PKW		x	117	82,3	84	82	83,8
	LKW	x		99	85,6	91,2	84,1	89,7
	sLKW	x		89	87	93,1	84,9	91,1
	PKW		x	83	80,7	85,3	80,5	85,1
	PKW		x	108	79,9	83,2	79,8	83,1
	PKW		x	114	81,7	84,4	80,9	83,6

sLKW	x		80	84,7	90,8	83	89,1
PKW		x	112	82,3	85,2	81,9	84,8

Messserie 02 / 06	sLKW	x		99	84,5	89	83,4	87,9
	PKW	x		99	81,8	85,7	80,5	84,4
	sLKW	x		90	86,1	91,9	84	89,8
	PKW		x	105	78,6	82,7	78,4	82,5
	PKW		x	120	83,5	85,1	82,9	84,5
	sLKW	x		88	87,1	92,4	84,7	89,9
	sLKW	x		87	86,5	91,5	84,3	89,3
	LKW	x		90	83,1	87,9	80,5	85,4
	PKW	x		108	84,7	86,3	83,7	85,4
	sLKW	x		79	89	92,3	86,7	90
	sLKW	x		86	86,1	90,1	84,6	88,6
Messserie 02 / 07	PKW		x	119	80,1	83,4	79,8	83,2
	LKW	x		98	85,5	88,9	83,8	87,2
Messserie 02 / 08	sLKW	x		82	83,9	89	81,7	86,8
	PKW		x	125	83,3	85	83,1	84,8
	sLKW	x		79	85	89,2	83,2	87,4
	sLKW	x		84	86,1	91,2	85	90,2
	LKW	x		87	83,6	88,4	81,7	86,4
	PKW		x	113	83	85,3	82,1	84,5
	PKW		x	110	81	84	80,5	83,6
	sLKW	x		86	87,6	91,8	85,4	89,7
	sLKW	x		88	87,6	91,6	86,1	90,2
	LKW	x		85	84,3	90,7	82,5	88,9
	sLKW	x		90	84,4	91,1	83	89,6
Messserie 02 / 09	PKW		x	124	78,9	80,1	78	79,3
	sLKW	x		88	83,7	90,5	82,5	89,2
	sLKW	x		89	87,2	90	85,6	88,5
	PKW		x	111	81,4	85,1	81	84,6
	LKW		x	102	83,3	89,7	82,6	89
	sLKW		x	90	87,2	91,4	85,3	89,5
	sLKW	x		87	89,4	92,3	87,8	90,8
	sLKW	x		91	88	94,2	85,2	91,4
	PKW		x	119	81,1	84,7	80,5	84,2
	sLKW	x		86	85,3	90,6	83,9	89,1

Messserie 02 / 10	sLKW	x		89	87,1	93	85,6	91,5
	sLKW	x		88	85	91,3	83	89,4
	LKW	x		76	82,6	86,8	82,3	86,5
	LKW	x		83	80,9	86,8	79,3	85,1
	LKW	x		91	80,9	85,9	79,7	84,8
	PKW		x	133	82,5	88	81,6	87,1
	sLKW	x		85	88,2	93,8	86,5	92,2
	sLKW	x		90	86,9	91,3	84,9	89,4
	LKW	x		72	82,3	86	80,8	84,6
	PKW		x	120	81,7	85,4	82,1	85,9
Messserie 02 / 11	PKW		x	119	79,3	83,8	78,6	83,1
	sLKW	x		83	83,9	89,3	82,3	87,7
	PKW		x	139	83,2	84,5	82,1	83,4
	sLKW	x		88	87,3	91,4	84,5	88,6
	PKW		x	112	83,3	84,5	83	84,3
	PKW	x		102	80,6	83,4	79,9	82,7
	PKW	x		111	80,2	85	80,4	85,2
	LKW		x	120	82,2	85,2	81,5	84,5
	sLKW	x		89	87,2	91,4	85,5	89,7
Messserie 02 / 12	sLKW	x		86	85,4	91,5	83,2	89,3
	PKW	x		76	78,7	86	79,3	86,6
	sLKW	x		87	84,9	89,7	83,4	88,2
	sLKW	x		90	84,6	91,9	83,5	90,8
	PKW		x	138	82,5	87,3	82,2	87
	PKW		x	106	78	83,3	78,2	83,5
	PKW		x	114	83,5	87,1	82,1	85,7
	sLKW	x		89	86,4	92,5	84,5	90,6
	PKW	x		105	81,7	84,6	81,1	84,1
Messserie 02 / 13	PKW		x	107	74,4	82,9	75	83,4
	PKW		x	112	80,4	84,4	80,8	84,8
	PKW		x	110	78,4	83,1	79	83,7
	PKW		x	116	77,1	84,6	77	84,5
	sLKW	x		89	84,6	92,1	82,8	90,2
	PKW		x	113	79	84,4	78,6	84
	sLKW	x		85	86,4	92,6	84,7	90,9
	PKW		x	111	80,4	84,2	81,1	84,9
	PKW		x	119	79,2	84,4	77,8	83
Messserie 02 / 14	PKW	x		92	80,1	83,3	78,8	82
	PKW		x	130	82,6	86,2	82,5	86,1
	PKW		x	120	80,4	83,9	80,3	83,7
	PKW		x	110	80,5	82,9	81,3	83,8
	PKW	x		90	79,4	82,2	79,3	82,1
	PKW		x	135	81,5	86,1	81,5	86,2
	PKW		x	132	82,5	86,3	82,1	85,9
	sLKW	x		88	82,9	90,7	80,7	88,6

	PKW	x		96	81,3	84,1	80,3	83,1
Messserie 02 / 15	PKW		x	135	82	86,3	80,9	85,2
	LKW	x		87	83,7	87,3	82,6	86,2
	PKW		x	130	80,2	81,6	78,9	80,4
	LKW	x		88	85,1	89,9	82,9	87,6
	PKW		x	124	81,2	84,6	81,6	85,1
	sLKW	x		88	87,5	90,6	85,9	89
	sLKW	x		89	85,6	92	83,8	90,2
	PKW		x	103	78,8	81,6	78,1	80,9
	sLKW	x		87	86,2	90,9	84,5	89,1
	LKW	x		86	86,2	88,4	84,4	86,6
Messserie 02 / 16	PKW	x		100	79,9	84,7	78,7	83,5
	PKW		x	97	79,5	83,3	79,2	83
	LKW	x		84	85,7	88,7	83,9	86,9
	PKW		x	122	81	83,2	81,9	84,1
	sLKW	x		88	91,3	96,4	89,7	94,8
	PKW		x	106	81,1	84,2	80,8	83,9
	LKW	x		86	81,4	87,8	79,6	86,1
	PKW		x	120	82,8	86,6	82	85,7
	PKW		x	113	79,9	85,6	79,3	85
Messserie 02 / 17	PKW		x	118	81	83,8	80,6	83,4
	PKW		x	93	78,2	82,8	77,4	82
	sLKW	x		87	89,1	92	86,6	89,4
	sLKW	x		89	86	90,1	83,9	88
	sLKW	x		87	83,6	90,3	82,2	88,9
	PKW		x	106	82,3	83,4	81,2	82,4
	PKW		x	89	78,5	82,3	77,9	81,7
	sLKW	x		88	84,9	92,1	82,6	89,7
	PKW	x		129	86,1	86,8	84,7	85,5
	PKW		x	111	79,2	83,5	79,1	83,4
Messserie 02 / 18	PKW	x		83	79,9	81,6	80,1	81,8
	PKW		x	81	75,1	81	76	81,9
	sLKW	x		89	87,2	93,5	84,8	91,2
	PKW		x	131	79,5	84,6	79,2	84,3
	PKW	x		118	81,8	84,5	80,6	83,3
	PKW		x	109	83,1	86,6	81,6	85
	sLKW	x		81	88,9	92,6	86,2	89,9
	LKW	x		86	82,9	87,3	82,4	86,8
	PKW		x	110	78,3	81,5	78,2	81,4
	LKW	x		91	81	85,2	79,8	84
PKW		x	96	77,6	82,4	78	82,8	

Messserie 02 / 19	PKW		x	112	81,3	86,2	80,6	85,5
	sLKW	x		88	86,3	93,4	84,3	91,3
	sLKW	x		89	86,6	92	85,4	90,8
	PKW		x	142	82,6	86,1	81	84,5
	PKW		x	105	79,5	82,7	79,2	82,4
	LKW	x		109	84,6	87,7	83,5	86,6
	sLKW	x		86	88,9	92,7	86,6	90,4
	sLKW	x		87	86,7	90,8	84,7	88,8
	sLKW	x		82	83,9	92,1	82,7	90,8
	PKW		x	126	81,8	84,8	81,4	84,4
Messserie 02 / 20	LKW	x		85	84,7	90,5	84,1	89,9
	PKW		x	124	83,5	85,7	83	85,3
	sLKW	x		88	87,6	92	85,8	90,1
	PKW		x	134	81,1	84,4	81,5	84,7
	PKW		x	112	82	86,7	82	86,7
	PKW	x		118	80	86,2	79,1	85,3
	PKW		x	104	84,4	87,3	84,3	87,2
	sLKW	x		89	87,9	90,3	86,2	88,6
	PKW		x	110	81,4	86,9	81,8	87,3
	sLKW	x		87	86,9	93,1	85	91,2
Messserie 02 / 21	PKW	x		82	79,9	82,2	79,2	81,5
	PKW		x	112	80,3	85,8	80,9	86,4
	PKW		x	120	81,3	85,3	81,5	85,4
	sLKW	x		84	87,1	89,7	85,5	88,1
	sLKW	x		81	85,8	90	83,6	87,8
	LKW	x		87	85,7	88,8	84,6	87,6
	sLKW	x		88	87,8	90,9	85,9	89
	PKW		x	118	79,6	84	79,2	83,7
	PKW	x		97	80,2	82,6	79,9	82,3
sLKW	x		86	87,4	90	84,9	87,5	