

Müller-BBM GmbH  
Robert-Koch-Str. 11  
82152 Planegg bei München

Telefon +49(89)85602 0  
Telefax +49(89)85602 111

www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. (FH) MBA & Eng. Manuel Männel  
Telefon +49(89)85602 204  
Manuel.Maennel@mbbm.com

20. Februar 2020  
M151750/26 Version 1 MNL/DNK

## **Neubauabschnitte der BAB A94**

**Vorabuntersuchung angelehnt an das  
SPB-Verfahren vor und nach Installation  
eines Tempolimits von 120 km/h**

**Bericht Nr. M151750/26**

<b>Auftraggeber:</b>	Autobahndirektion Südbayern
<b>Auftragsnummer:</b>	4 0007 20 D 121
<b>Bearbeitet von:</b>	Dipl.-Ing. (FH) MBA & Eng. Manuel Männel Dipl. Ing. Ronny Schreiter Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schubert
<b>Berichtsumfang:</b>	Insgesamt 34 Seiten, davon 15 Seiten Textteil, 5 Seiten Anhang A, 5 Seiten Anhang B, 7 Seiten Anhang C und 2 Seiten Anhang D.

Müller-BBM GmbH  
HRB München 86143  
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:  
Joachim Bittner, Walter Grotz,  
Dr. Carl-Christian Hantschk,  
Dr. Alexander Ropertz,  
Stefan Schierer, Elmar Schröder

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Situation und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung der Messpunkte</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Durchführung der Messungen</b>	<b>5</b>
3.1	Zeitpunkt der Messung und Witterung	5
3.2	Verwendetes Messsystem und Auswertung	6
3.3	Besonderheiten	6
<b>4</b>	<b>Messergebnisse</b>	<b>7</b>
4.1	Anzahl der Vorbeifahrten und Geschwindigkeit	7
4.2	Vorbeifahrtpegel	8
<b>5</b>	<b>Differenzierte Interpretation der Messergebnisse</b>	<b>9</b>
5.1	Gegenüberstellung der SPB-Messergebnisse	9
5.2	Stichprobenhafte Analyse der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeiten	12
<b>6</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>15</b>
Anhang A	Messprotokolle der Messungen vor Installation des Tempolimits	
Anhang B	Messprotokolle der Messungen nach Installation des Tempolimits	
Anhang C	Beschreibung des SPB-Messsystems	
Anhang D	Verwendete Messsysteme	

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Die Autobahndirektion Südbayern plant, auf zwei Teilabschnitten der BAB A94 akustische Messungen durchführen zu lassen. Es handelt sich hierbei um statistische Vorbeifahrtmessungen nach DIN EN ISO 11819-1. Die Messungen sollen auf den neu gebauten Waschbeton-Abschnitten der Bundesautobahn A94 im Bereich zwischen Heldenstein und Pastetten durchgeführt werden. Weitere Messungen auf den Teilabschnitten, die mit DSH-V 5 ausgebaut sind, sollen für den Konzessionsnehmer Arge A94 durchgeführt werden. Die Messungen können erst im Frühjahr 2020 durchgeführt werden, wenn ein Großteil der Fahrzeuge bereits mit Sommerreifen ausgestattet ist. Dann wird allerdings ein Tempolimit auf 120 km/h auf dem Abschnitt installiert sein.

Durch das Tempolimit auf 120 km/h wird sich die Punktwolke einer SPB-Messung, die aus den jeweiligen Geschwindigkeiten und maximalen Schalldruckpegeln von Einzelvorbeifahrten besteht, verschieben: die Geschwindigkeiten liegen vor der Installation des Tempolimits vermutlich in einem weiten Geschwindigkeitsbereich von ca. 100 km/h bis >160 km/h und nach Installation des Tempolimits vermutlich in einem deutlich engeren Geschwindigkeitsbereich von ca. 100 km/h bis 140 km/h; die Schalldruckpegel der Einzelvorbeifahrten sind vor der Installation des Tempolimits vermutlich deutlich dynamischer als danach. Das heißt die Punktwolken der Einzelvorbeifahrten werden sich vor und nach Installation eines Tempolimits deutlich unterscheiden. Der letztendlich interpretierte und für weitere Betrachtungen verwendete Einzahlwert aus einer SPB-Messung ist der Schalldruckpegel bei 120 km/h, der von einer linearen Regressionsgerade auf die Messwerte abgelesen wird. Dieser Einzahlwert wird vermutlich annähernd unbeeinflusst von dem 120 km/h-Tempolimit sein.

Die Autobahndirektion Südbayern möchte die beschriebene Vermutung überprüfen lassen um sicherzugehen, dass das Tempolimit von 120 km/h keinen nennenswerten Einfluss auf die SPB-Messergebnisse (Ablesewerte bei 120 km/h) hat bzw. dass die maßgeblichen maximalen Vorbeifahrtpegel  $L_{AF, max}$  der detektierten Fahrzeuge bei gleicher Geschwindigkeit nicht beeinflusst werden. Aus diesem Grund soll in einer Voruntersuchung nachgewiesen werden, dass sich die Installation des Tempolimits zwar nicht auf die Geschwindigkeitsverteilung der Einzelvorbeifahrten, jedoch auf das letztendliche SPB-Messergebnis (Ablesewert der Regressionsgerade bei 120 km/h) annähernd neutral verhält. Hierzu sollen einzelne Emissionsmessungen nach dem SPB-Verfahren bereits im Januar (vor Installation des Tempolimits) und danach im Februar oder März (nach Installation des Tempolimits) durchgeführt werden. Bei der Durchführung der Messung soll insbesondere darauf geachtet werden, dass die sonstigen Randbedingungen (vor allem Lufttemperaturen) bei möglichst vergleichbaren Werten liegen.

In diesem Bericht werden die hierzu durchgeführten Messungen beschrieben und deren Ergebnisse dargestellt und interpretiert.

Die Messungen wurden zwar nach dem SPB-Verfahren durchgeführt, sind aber aufgrund der besonderen Witterungsbedingungen nicht dazu geeignet, einen Vergleichswert zum  $D_{\text{Stro}}$ -Wert abzuleiten. Bei den hier durchgeführten Messungen handelt es sich ausschließlich um eine Vorabuntersuchung, um den Einfluss des „Tempo 120“ auf die Ergebnisse des SPB-Verfahrens zu überprüfen. Messungen zur Bestimmung des Vergleichswerts zum  $D_{\text{Stro}}$ -Wert werden im Frühjahr 2020 durchgeführt und in einem gesonderten Bericht beschrieben.

## 2 Beschreibung der Messpunkte

Es wurde je ein Messpunkt an einem Abschnitt mit Waschbeton und DSH-V 5 auf der BAB A94 eingerichtet. Die Messpunkte wurden von Müller-BBM ausgewählt. Das Geländeumfeld der Messstelle sollte möglichst eben (keine Einschnitte und Damm-lagen), reflexionsarm (keine Bebauung) und ohne höheren Bewuchs beschaffen sein. Dies gilt im Radius von 25 m um die Messstelle.

Die genaue Positionierung der Messquerschnitte kann der folgenden Tabelle entnommen werden. An den gewählten Messquerschnitten waren die o. g. Anforderungen an das Geländeumfeld eingehalten.

Tabelle 1. Messquerschnitte für die SPB-Vorabuntersuchungen.

Nr.	BAB	Fahrtrichtung	Strecken-km	Position	Fahrbahnbelag
1	A94	München (West)	44,45	48°15'32.6"N 12°09'43.0"E	DSH-V 5
2	A94	München (West)	31,25	48°14'03.9"N 11°59'38.8"E	Waschbeton



Abbildung 1. Fotos des Messquerschnitts bei km 44,45.



Abbildung 2. Fotos des Messquerschnitts bei km 31,25.

Die Strecke wurde im Herbst 2019 für den Verkehr freigegeben, d. h. sie war zum Zeitpunkt der Messungen ca. ein halbes Jahr in Betrieb.

### 3 Durchführung der Messungen

#### 3.1 Zeitpunkt der Messung und Witterung

Die Messungen wurden in zwei zeitlich getrennten Messreihen vor und nach der Installation der Geschwindigkeitsbeschränkung durchgeführt.

Tabelle 2. Zeitpunkt der Messreihen.

Messreihe	Datum	Lufttemperatur	Fahrbahnbelags- temperatur
1	24.01.2020	1 °C bis 6 °C	0 °C bis 6 °C
2	07.02.2020	3 °C bis 5 °C	3 °C bis 6 °C

Die Witterungsbedingungen während der Messreihe 1 entsprachen nicht den Normanforderungen aus [1].

Die Witterungsbedingungen während der Messreihe 2 entsprachen ebenfalls nicht den Normanforderungen, sind aber sehr vergleichbar mit denen der 1. Messreihe. Insofern können die beiden Datensätze im Hinblick auf die meteorologischen Randbedingungen sehr gut miteinander verglichen werden.

Da die Messungen nicht zur Bestimmung von Absolutwerten dienen, sondern beide Messreihen direkt miteinander verglichen werden sollen, kann die nicht normgerechte Witterung in Kauf genommen werden – zu einem späteren Zeitpunkt hätte das Untersuchungsziel (vgl. Kapitel 1, Vergleich der Situationen vor und nach Geschwindigkeitsbeschränkung) nicht mehr erreicht werden können, da dann das Tempolimit bereits installiert gewesen wäre.

### 3.2 Verwendetes Messsystem und Auswertung

Die Statistische Vorbeifahrtmethode bzw. **Statistical Pass-By-Method** (SPB) nach GEstro [2] bzw. DIN EN ISO 11819-1 [1] ist eine Messmethode zur Erfassung und Beurteilung der schalltechnischen Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche. Der Messabstand beträgt 7,5 m zur Mitte des rechten durchgehenden Fahrstreifens. Der Messpunkt wurde in 1,2 m über der Fahrbahnoberkante eingerichtet. Für die Aussagen zum Vergleichswert zum  $D_{\text{Stro}}$ -Wert ist diese Messhöhe maßgebend. Bei jeder Vorbeifahrt eines einzelnen Fahrzeugs werden der maximale Schalldruckpegel und die Fahrzeuggeschwindigkeit erfasst. Eine ausführliche Beschreibung des Messverfahrens befindet sich im Anhang C zu diesem Bericht.

Zu jeder einzelnen Schallpegelmessung wurden die aktuellen Lufttemperaturen und Windgeschwindigkeiten aufgezeichnet, um die in Anhang C angegebene Temperaturkorrektur anwenden zu können.

Die verwendeten Prüfmittel sind im Anhang D zu diesem Bericht beschrieben.

### 3.3 Besonderheiten

Die Messungen fanden im Januar und Februar statt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Mehrheit der Fahrzeuge mit Winterreifen ausgestattet. Dies entspricht nicht den Anforderungen an normgerechte SPB-Messungen. Demnach sind die Messungen nicht zur Bestimmung von Absolutwerten (z. B.  $D_{\text{Stro}}$ -Vergleichswerte) geeignet – dies war bei der vorliegenden Fragestellung auch nicht die Aufgabe (vgl. Kapitel 1).

## 4 Messergebnisse

### 4.1 Anzahl der Vorbeifahrten und Geschwindigkeit

In den Tabellen 3 und 4 sind Anzahl der Vorbeifahrten  $n$ , der arithmetische Mittelwert  $\bar{x}$  und die Standardabweichungen  $s$  der Geschwindigkeiten getrennt nach Fahrzeugkategorien für die beiden eingetragen. Die Standardabweichung ist ein Maß dafür, wie stark die beobachteten Werte (Messwerte) durchschnittlich von ihrem Mittelwert abweichen. Im Bereich von einer Standardabweichung  $s$  unter und über dem Mittelwert liegen bei normal verteilten Messwerten 68 % und im Bereich von  $\pm 2 s$  95 % aller Messwerte.

Tabelle 3. Anzahl der Vorbeifahrten  $n$ , arithmetische Mittelwerte  $\bar{x}$  und Standardabweichungen  $s$  der gemessenen Geschwindigkeiten an den Messpunkten. Messreihe Januar (vor „Tempo 120 km/h“).

Messpunkt	Pkw			Lkw2			Lkw		
	$n$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$\bar{x}$	$s$
	-	km/h	km/h	-	km/h	km/h	-	km/h	km/h
MP 1	113	130	13	-	-	-	38	90	5
MP 2	138	135	16	-	-	-	40	88	3

Tabelle 4. Anzahl der Vorbeifahrten  $n$ , arithmetische Mittelwerte  $\bar{x}$  und Standardabweichungen  $s$  der gemessenen Geschwindigkeiten an den Messpunkten. Messreihe Februar (nach „Tempo 120 km/h“).

Messpunkt	Pkw			Lkw2			Lkw		
	$n$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$\bar{x}$	$s$	$n$	$\bar{x}$	$s$
	-	km/h	km/h	-	km/h	km/h	-	km/h	km/h
MP 1	115	119	6	-	-	-	36	89	4
MP 2	147	120	7	-	-	-	46	89	3

Die Sollwerte für die Mindestanzahl der Vorbeifahrten für Pkw (100) werden deutlich übertroffen.

Die Mindestanzahl für zweiachsige Lkw (30) aus DIN EN ISO 11819-1 wird aufgrund der wenigen Fahrzeuge dieser Kategorie an den Messabschnitten unterschritten. Die geforderte Mindestanzahl von mehrachsigen Lkw (30) wird erreicht.

Die statistisch gesicherte Aussagekraft ist somit hinsichtlich der Fahrzeugkategorie Pkw und mehrachsige Lkw gegeben.

Der für die Fahrzeugkategorie Pkw anzugebende mittlere Vorbeifahrpegel wird auf der Regressionsgeraden bei einer bestimmten Referenzgeschwindigkeit abgelesen, die für die Straßengattung typisch ist (siehe Anhang C). Für den Messpunkt ist die Geschwindigkeitsklasse „hoch“ (für Pkw) relevant (mit der Referenzgeschwindigkeit 110 km/h). Zur Bestimmung von Vergleichswerten zum  $D_{\text{Stro}}$ -Wert ist abweichend von der Norm eine Referenzgeschwindigkeit von 120 km/h für Pkw zu wählen. Die normgemäßen Ergebnisse für 110 km/h können den Messprotokollen in Anhang B entnommen werden, im Folgenden werden die Messergebnisse für 120 km/h dargestellt.



## 4.2 Vorbeifahrtpegel

In Anhang A und B sind die Ergebnisse der Vorbeifahrtpegelmessungen in Form von Scatterdiagrammen getrennt nach Messpunkten und Fahrzeugkategorien dargestellt.

In Tabelle 5 sind die Werte in 1,2 m Höhe mit Temperaturkorrektur nach Anhang C angegeben.

Tabelle 5. Ergebnisse der Regressionsanalyse. Arithmetische Mittelwerte  $\bar{x}$  und 95 %-Vertrauensbereiche der gemessenen Vorbeifahrtpegel in 1,2 m Höhe für die jeweiligen Referenzgeschwindigkeiten  $v_0$ . Alle Werte temperaturkorrigiert. Messreihe Januar (vor „Tempo 120 km/h“).

MP	Pkw (120 km/h)		Lkw2 (85 km/h)		Lkw (85 km/h)	
	$\bar{x}$	95 %-VB	$\bar{x}$	95 %-VB	$\bar{x}$	95 %-VB
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
MP 1	81,0	0,3	-	-	86,3	1,0
MP 2	82,9	0,3	-	-	85,8	0,6

Tabelle 6. Ergebnisse der Regressionsanalyse. Arithmetische Mittelwerte  $\bar{x}$  und 95 %-Vertrauensbereiche der gemessenen Vorbeifahrtpegel in 1,2 m Höhe für die jeweiligen Referenzgeschwindigkeiten  $v_0$ . Alle Werte temperaturkorrigiert. Messreihe Februar (nach „Tempo 120 km/h“).

MP	Pkw (120 km/h)		Lkw2 (85 km/h)		Lkw (85 km/h)	
	$\bar{x}$	95 %-VB	$\bar{x}$	95 %-VB	$\bar{x}$	95 %-VB
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
MP 1	80,6	0,3	-	-	86,3	0,9
MP 2	82,6	0,2	-	-	86,7	0,4

Im 95 %-Vertrauensbereich liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % der wahre Mittelwert des Vorbeifahrtpegels bei der jeweiligen Geschwindigkeit. Der erwartete Vertrauensbereich von 0,3 dB für Pkw nach Anhang C wird erreicht, der erwartete Vertrauensbereich von 0,7 dB für Lkw am Messpunkt 1 geringfügig überschritten. In den Anhängen A und B sind die Messergebnisse auch spektral dargestellt.

Die Differenz der Messergebnisse für Pkw bei 120 km/h beträgt 0,3 dB bzw. 0,4 dB (MP-1 bzw. MP-2) und liegt somit in derselben Größenordnung wie der jeweilige Vertrauensbereich. Es kann somit festgestellt werden, dass sich die Ergebnisse der für die beiden Messpunkte unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit und das Vertrauensbereiches aufgrund der Installation des Tempolimits nicht unterscheiden.



## 5 Differenzierte Interpretation der Messergebnisse

### 5.1 Gegenüberstellung der SPB-Messergebnisse

#### 5.1.1 Gegenüberstellung der Datenwolken der Einzelvorbeifahrten

In den folgenden Abbildungen 3 und 4 sind die Datenwolken der Messergebnisse für Pkw jeweils vor und nach Installation des Tempolimits getrennt für die beiden Messpunkte dargestellt.

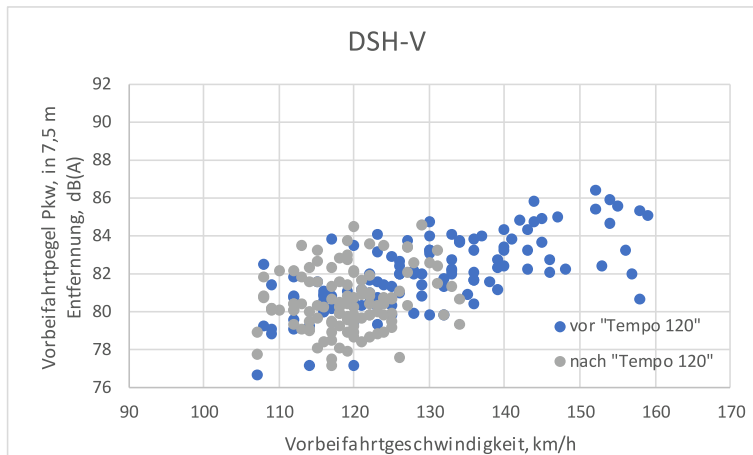


Abbildung 3. Gegenüberstellung der Punktwolken der Pkw-Einzelvorbeifahrten vor und nach Installation des Tempolimits für den eingerichteten Messpunkt am DSH-V bei Kilometer 44,45.

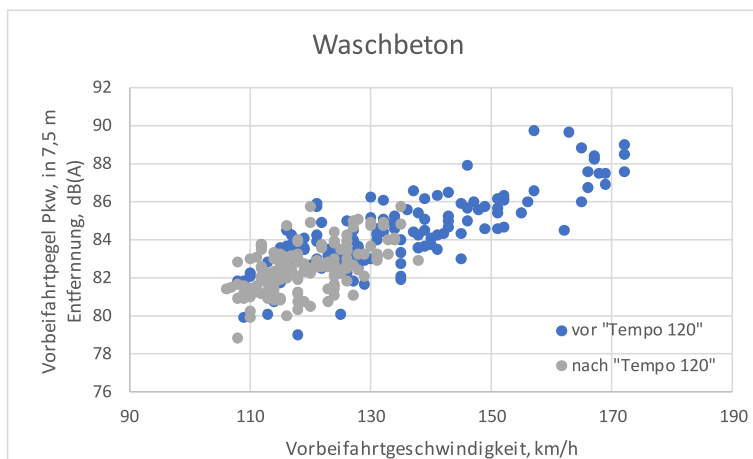


Abbildung 4. Gegenüberstellung der Punktwolken der Pkw-Einzelvorbeifahrten vor und nach Installation des Tempolimits für den eingerichteten Messpunkt am Waschbeton bei Kilometer 31,25.

Die jeweiligen Geschwindigkeitsbereiche, innerhalb derer Pkw gemessen wurden, lagen vor der Installation des Tempolimits zwischen 100 km/h und 180 km/h und nach Installation des Tempolimits im Bereich von 100 km/h bis 140 km/h. Dies erklärt auch die Verringerung der mittleren Vorbeifahrtgeschwindigkeit in den Messdatensätzen (vgl. Tabellen 3 und 4).

Die Schalldruckpegel der Einzelvorbeifahrten nehmen mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit erwartungsgemäß zu. Demnach werden bei den Messungen vor Installation des Tempolimits einzelne höhere maximale Vorbeifahrtpegel für Pkw (bei höheren Vorbeifahrtgeschwindigkeiten) detektiert.

Grundsätzlich überdecken sich die beiden Punktwolken je Messpunkt und Fahrzeugkategorie sehr gut (dies bedeutet, dass in den Geschwindigkeitsbereichen, in denen jeweils Messergebnisse vorhanden sind, die Schallpegelmessungen vergleichbare Messwerte liefern – ein Pkw, der beispielsweise 130 km/h fährt, fährt vor und nach Installation des Tempolimits zum gleichen maximalen Vorbeifahrtpegel).

Da das bei einer SPB-Messung letztendlich interpretierte Messergebnis der Einzelergebniswert bei einer bestimmten nominalen Fahrgeschwindigkeit ist (120 km/h für Pkw und 85 km/h für Lkw, abgeleitet aus der Regressionsgeraden, die sich über die Einzelmessergebnisse ergibt), führt die oben beschriebene Überdeckung der Punktwolken zu sehr vergleichbaren Einzelergebnissen (vergleiche Tabellen 5 und 6, in denen die Differenz der Ergebnisse der Regressionsanalysen innerhalb der Messgenauigkeit für jeden Messpunkt zum gleichen Ergebnis führt).

### 5.1.2 Weiterführende statistische Auswertungen

In den folgenden Abbildungen 5 und 6 werden die Häufigkeitsverteilungen und kumulierten Häufigkeitsverteilungen der gemessenen maximalen Schalldruckpegel der Einzelvorbeifahrten von Pkw gegenübergestellt. Die Achsen der beiden Diagramme sind gleich gewählt, so dass die beiden Ergebnisse auch miteinander einfach verglichen werden können.

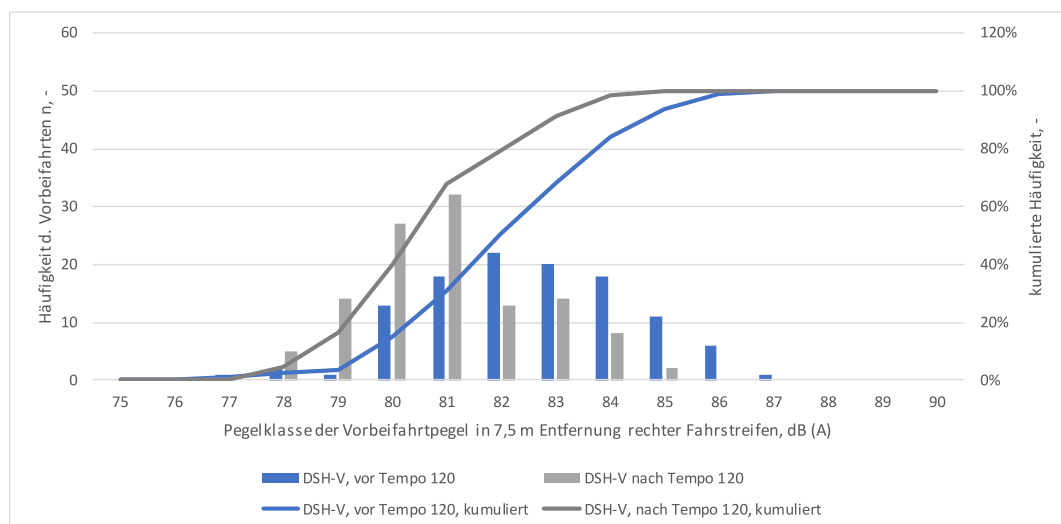


Abbildung 5. Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Pkw-Einzelvorbeifahrten vor und nach Installation des Tempolimits für den eingerichteten Messpunkt am DSH-V bei Kilometer 44,45.

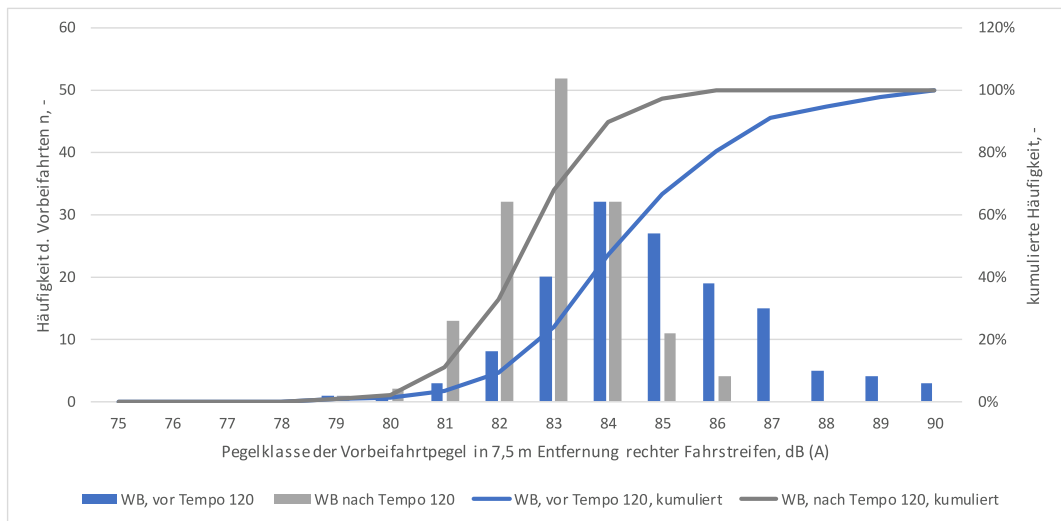


Abbildung 6. Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Pkw-Einzelvorbeifahrten vor und nach Installation des Tempolimits für den eingerichteten Messpunkt am Waschbeton bei Kilometer 31,25.

Den Häufigkeitsverteilungen kann Folgendes entnommen werden:

- Vor Installation des Tempolimits ergibt sich jeweils ein breiter Wertebereich, innerhalb dessen Messergebnisse (maximale Vorbeifahrtpegel) ermittelt werden, nach Installation des Tempolimits ist der Wertebereich deutlich enger.
- Die Maxima der Häufigkeitsverteilungen liegen vor Installation des Tempolimits ca. 1 dB höher als nach Installation des Tempolimits. Die Betrachtung der kompletten Häufigkeitsverteilungen (und nicht nur der Maxima) zeigt, dass die tatsächliche mittlere Pegeldifferenz "vor/nach Tempo 120" ca. 1,5 dB bis 2,0 dB für Pkw beträgt. Es muss dabei beachtet werden, dass die dargestellten Ergebnisse nur für die auf den rechten Fahrstreifen erfassten (einzelnen) Vorbeifahrten gelten und nicht für das gesamte Fahrzeugkollektiv.

### 5.1.3 Zusammenfassung der Gegenüberstellungen

Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen können abschließend wie folgt interpretiert werden:

1. Durch die Einschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 120 km/h (Tempolimit) reduziert sich der Geschwindigkeitsbereich der bei der SPB-Messung auf dem rechten Fahrstreifen ermittelten Pkw-Vorbeifahrten und somit auch deren mittlere Vorbeifahrtgeschwindigkeit.
2. Der Vergleich beider Messungen (vor und nach Tempolimit) zeigt, dass sich kein Einfluss auf den bei einer SPB-Messung zu interpretierenden Ablesewert auf der Regressionsgeraden (120 km/h für Pkw und 85 km/h für Lkw) ergibt.
3. Die Ergebnisse der im Frühjahr 2020 geplanten SPB-Messungen, die als akustische Abnahmemessungen zur Bestimmung der Schallemissionen der jeweiligen Deckschichten dienen werden, werden somit nicht durch die Installation des Tempolimits beeinflusst.
4. Die Installation des Tempolimits führt zu einer Verschiebung der Häufigkeitsverteilungen der Vorbeifahrtgeschwindigkeiten. Dies resultiert auch in einer Verschiebung der Häufigkeitsverteilungen der Schalldruckpegel einzelner Pkw-Vorbeifahrten in einer Größenordnung von ca. 1,5 dB bis 2,0 dB. Diese Größenordnung zeigt die zu erwartende Wirkung des installierten Tempolimits an den untersuchten Messquerschnitten für Einzelvorbeifahrten von Pkw. Die genannte Verringerung der Vorbeifahrtpegel gilt jedoch nur für Pkw-Vorbeifahrten. Da Lkw-Vorbeifahrten von dem Tempolimit nicht beeinflusst sind, werden die Gesamtemissionen von der Straße aufgrund des Tempolimits weniger abnehmen.

## 5.2 Stichprobenhafte Analyse der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeiten

In Kapitel 5.1 wurden die Vorbeifahrtgeschwindigkeiten und -pegel von Pkw für die beiden Messsituationen „vor/nach Installation des Tempolimits“ gegenübergestellt. Die dort genannten Geschwindigkeiten stellen nur einen nicht zwangsläufig repräsentativen Ausschnitt aller Fahrzeuggeschwindigkeiten während der jeweiligen Untersuchungszeiträume dar, da bei einer statistischen Vorbeifahrtmessung nur solche Einzelvorbeifahrten gespeichert und bewertet werden, bei denen sich im direkten Umfeld kein weiteres Fahrzeug befindet.

Unabhängig davon werden durch das Geschwindigkeitsmessgerät, das bei der SPB Messung verwendet wird, die Geschwindigkeiten aller Einzelvorbeifahrten erfasst. Zwar ist auch dieser Datensatz statistisch nicht repräsentativ für die Wirkungsweise des Tempolimits auf die Vorbeifahrtgeschwindigkeit, da nur in einem vergleichsweise kurzen Zeitbereich (ca. 90 Minuten) gemessen wurde, da jedoch die Messungen jeweils zum gleichen Zeitpunkt (freitags im Verlaufe des späten Vormittags) stattfanden, kann eine Gegenüberstellung des Datensatzes trotzdem einen ersten Eindruck von der Wirkung des Tempolimits vermitteln. Im Vergleich zu den ausgewählten Vorbeifahrten, die für die Ermittlung des SPB-Messergebnisses herangezogen werden, ist der Gesamtdatensatz aller Vorbeifahrten während des Messzeitraums deutlich größer: in der SPB-Messung werden ca. 100 Pkw berücksichtigt, im Messzeitraum haben den Messquerschnitt jeweils ca. 1000 Fahrzeuge passiert.

In der folgenden Abbildung ist eine exemplarische Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen für den Messpunkt 1 (Kilometer 44,45, Fahrbahnbelag: DSH-V, Messort im Ausfahrtdreieck Dorfen) dargestellt.

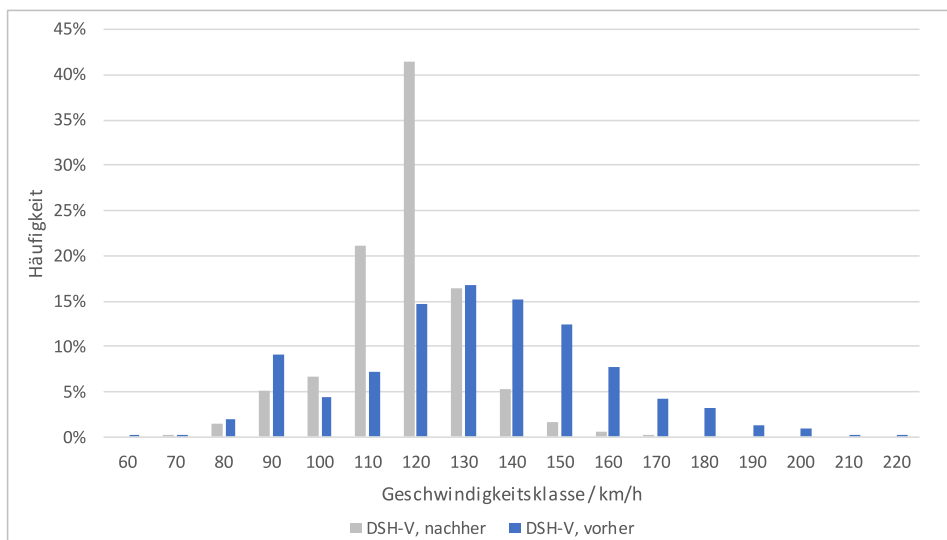


Abbildung 7. Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Pkw-Geschwindigkeiten vor und nach Installation des Tempolimits während der SPB-Messungen.

Die Häufigkeitsverteilungen können wie folgt interpretiert werden:

- Vor Installation des Tempolimits ergeben sich Pkw-Vorbeifahrten in einem Geschwindigkeitsbereich von 80 km/h bis 200 km/h; nach Installation des Tempolimits ergibt sich ein Geschwindigkeitsbereich von 80 km/h bis maximal 160 km/h.
- Das Maximum der Häufigkeitsverteilung liegt vor Installation des Tempolimits bei 130 km/h (und entspricht somit auch der mittleren Geschwindigkeit der für die SPB-Messung herangezogenen Pkw) und ist nur schwach ausgeprägt, die Häufigkeitsverteilung entspricht einer Gauss-Verteilung. Nach Installation des Tempolimits liegt das Maximum der Häufigkeitsverteilung bei 120 km/h (und entspricht somit ebenfalls der mittleren Geschwindigkeit der Pkw, die in der SPB Messung berücksichtigt wurden) und ist stark ausgeprägt. Die Häufigkeitsverteilung nach Installation des Tempolimits weist zudem eine deutliche Schiefe auf.
- Die Installation des Tempolimits wirkte sich also während der jeweiligen Messzeiträume nennenswert auf die Vorbeifahrtgeschwindigkeiten der Pkw aus.

Für den technischen Inhalt verantwortlich:



Dipl.-Ing. (FH) MBA & Eng. Manuel Männel  
Projektverantwortlicher

Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfobjekte (hier Fahrbahnbeläge bzw. Messquerschnitte) zum jeweiligen Zeitpunkt der Messung. Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14119-01-01  
D-PL-14119-01-02  
D-PL-14119-01-03  
D-PL-14119-01-04

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018  
akkreditiertes Prüflaboratorium.  
Die Akkreditierung gilt nur für den in der  
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

## 6 Grundlagen

- [1] DIN EN ISO 11819-1: Akustik – Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgeräusche – Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren (ISO 11819-1:1997); Deutsche Fassung EN ISO 11819-1:2001 vom Mai 2002.
- [2] GEStro-92 „Verfahren zur Messung der Geräuschemission von Straßenoberflächen“, Ausgabe 1992.



## Anhang A

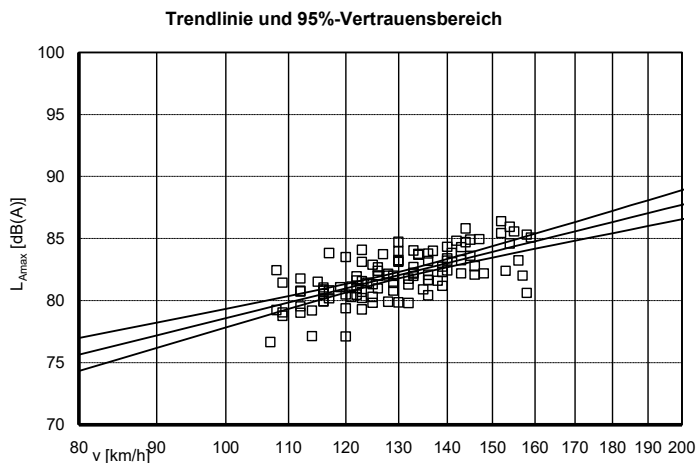
### Messprotokolle der Messungen vor Installation des Tempolimits

\\S-muc-fs01\allefirmen\MIProj\151\MI151750\MI151750\_26\_Ber\_1D.DOCX:20. 02. 2020

## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	PKW
	MP1	<b>Datum</b>	24.1.2020
<b>km</b>	km 44,45	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	2,3
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	3,5
<b>Fahrbahnbelag</b>	DSH-V 5, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m

### REGRESSIONS-ANALYSE



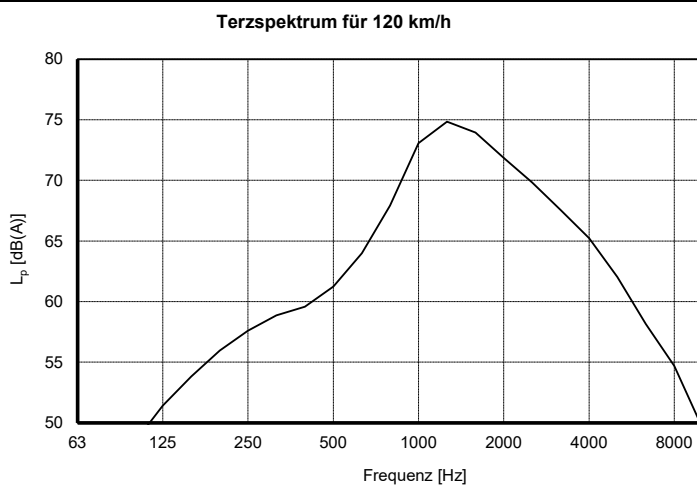
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
80	75,6	1,3
90	77,2	1,0
100	78,6	0,8
110	79,8	0,5
120	81,0	0,3
130	82,0	0,3
140	83,0	0,3
150	83,9	0,5
160	84,8	0,6

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	81,0
Steigung $b$	30,4
Korrelationskoeffizient $R$	0,7
Residuum [dB(A)]	1,4
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	120

Anzahl der Messwerte	113
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	130,2
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	13,0
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	82,0
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	1,9

### FREQUENZ-ANALYSE



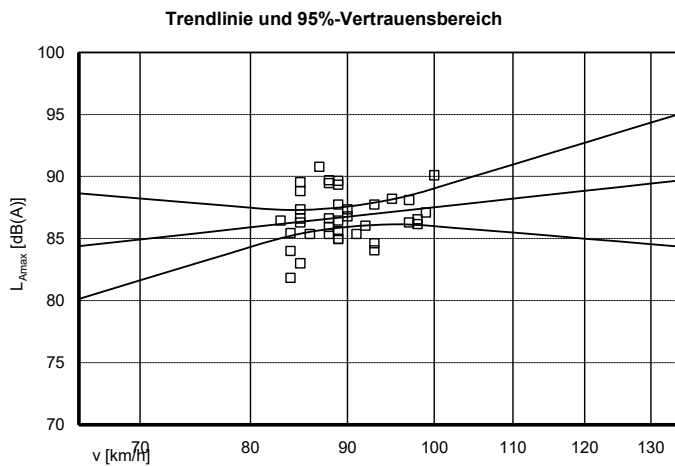
**Oktavspektrum für 120 km/h**

f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	46,9
125	56,5
250	62,4
500	66,8
1k	77,6
2k	77,0
4k	70,3
8k	60,2
gesamt	81,0

## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	LKW
	MP1	<b>Datum</b>	24.1.2020
<b>km</b>	km 44,45	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	2,4
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	1,1
<b>Fahrbahnbelag</b>	DSH-V 5, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m

### REGRESSIONS-ANALYSE



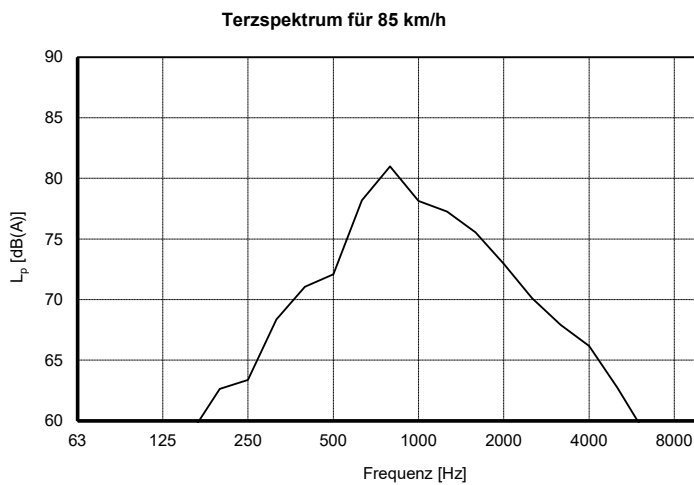
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
65	84,4	4,2
75	85,4	2,4
85	86,3	1,0
95	87,2	1,0
105	87,9	2,2
115	88,5	3,3
125	89,2	4,4
135	89,7	5,4
145	90,2	6,3

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	86,3
Steigung $b$	16,8
Korrelationskoeffizient $R$	0,2
Residuum [dB(A)]	2,0
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	85

Anzahl der Messwerte	38
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	89,7
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	4,6
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	86,7
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	2,0

### FREQUENZ-ANALYSE



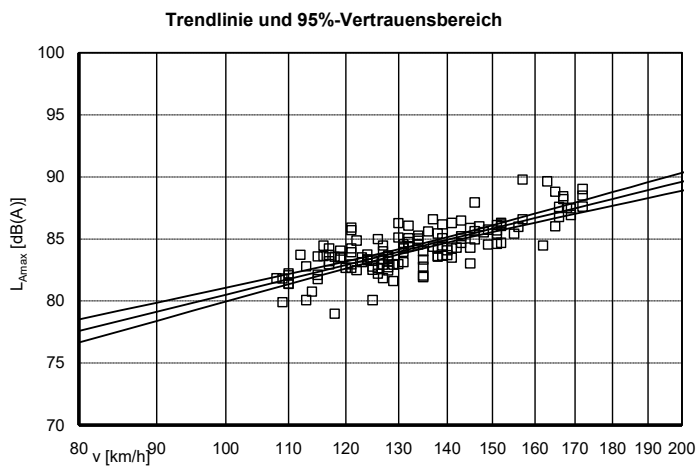
**Oktavspektrum für 85 km/h**

f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	54,4
125	61,7
250	70,4
500	79,8
1k	83,9
2k	78,2
4k	70,9
8k	61,1
gesamt	86,3

## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	PKW
	MP2	<b>Datum</b>	24.1.2020
<b>km</b>	km 31,25	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	4,7
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	1,0
<b>Fahrbahnbelag</b>	Washbeton, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m

### REGRESSIONS-ANALYSE



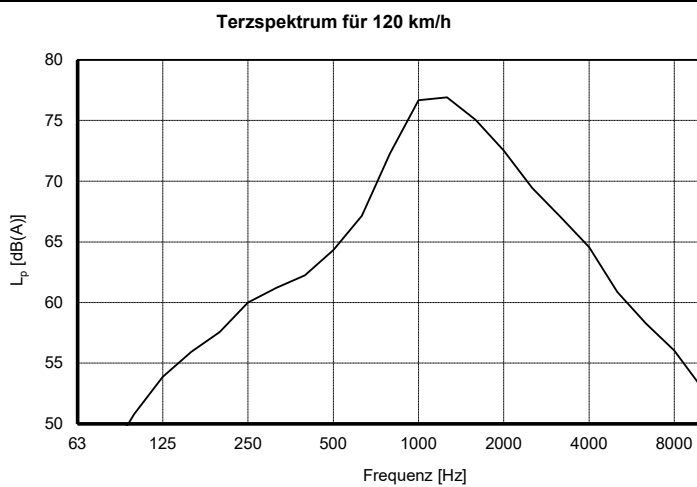
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
80	77,6	0,9
90	79,1	0,7
100	80,5	0,6
110	81,8	0,4
120	82,9	0,3
130	84,0	0,2
140	84,9	0,2
150	85,8	0,3
160	86,7	0,4

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	82,9
Steigung $b$	30,2
Korrelationskoeffizient $R$	0,8
Residuum [dB(A)]	1,2
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	120

Anzahl der Messwerte	138
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	134,7
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	16,1
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	84,3
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	2,0

### FREQUENZ-ANALYSE



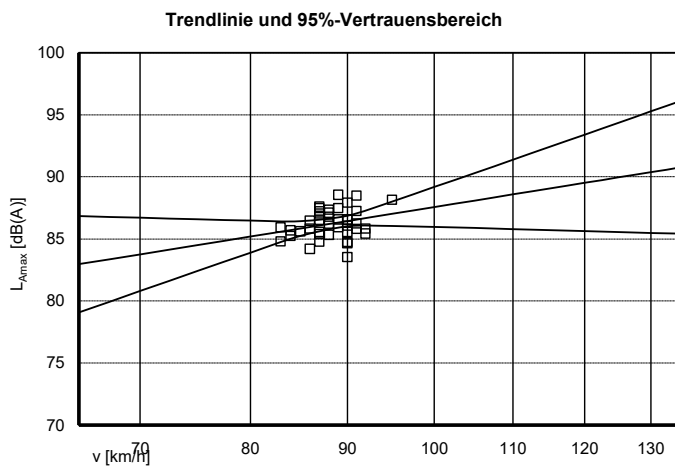
**Oktavspektrum für 120 km/h**

f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	48,4
125	58,8
250	64,6
500	69,8
1k	80,5
2k	77,7
4k	69,6
8k	61,0
gesamt	82,9

## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	LKW
	MP2	<b>Datum</b>	24.1.2020
<b>km</b>	km 31,25	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	4,8
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	1,0
<b>Fahrbahnbelag</b>	Waschbeton, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m

### REGRESSIONS-ANALYSE



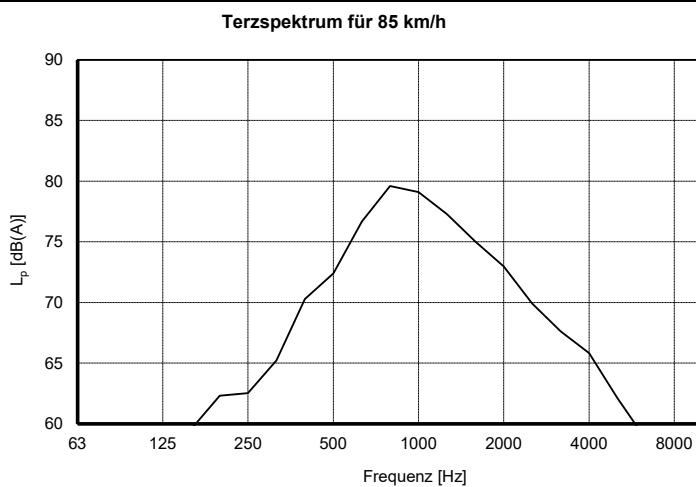
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
65	83,0	3,9
70	83,8	3,0
75	84,5	2,1
80	85,2	1,3
85	85,8	0,6
90	86,4	0,4
95	87,0	1,0
100	87,6	1,6
105	88,1	2,2

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	85,8
Steigung $b$	24,6
Korrelationskoeffizient $R$	0,3
Residuum [dB(A)]	1,1
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	85

Anzahl der Messwerte	40
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	88,3
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	2,6
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	86,2
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	1,2

### FREQUENZ-ANALYSE



**Oktavspektrum für 85 km/h**

f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	53,3
125	61,9
250	68,3
500	78,7
1k	83,5
2k	77,9
4k	70,5
8k	60,7
gesamt	85,8

## **Anhang B**

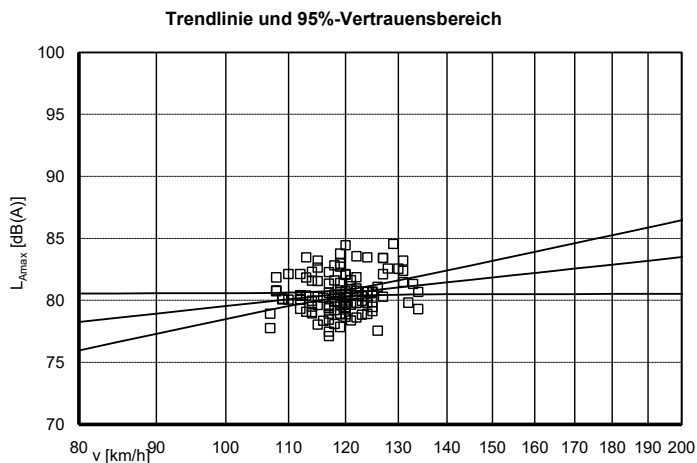
### **Messprotokolle der Messungen nach Installation des Tempolimits**

\\S-muc-fs01\allefirmen\MIProj\151\MI151750\MI151750\_26\_Ber\_1D.DOCX:20. 02. 2020

## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	PKW
	MP1	<b>Datum</b>	7.2.2020
<b>km</b>	km 44,45	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	3,8
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	4,8
<b>Fahrbahnbelag</b>	DSH-V 5, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m
	nach Installation Tempo 120		

### REGRESSIONS-ANALYSE



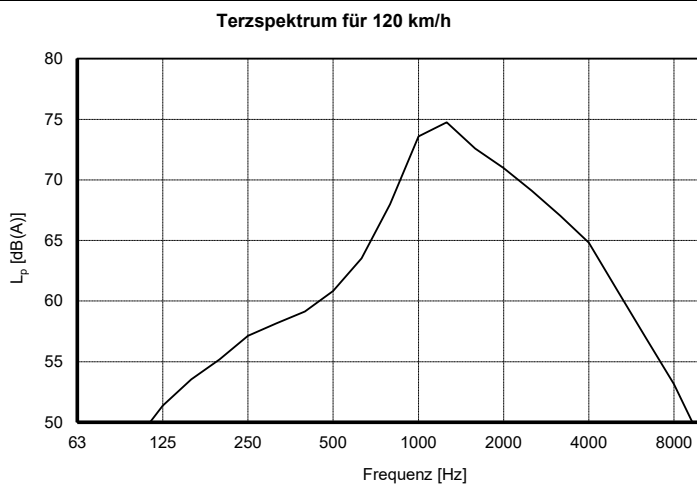
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
80	78,3	2,3
90	78,9	1,6
100	79,5	1,0
110	80,1	0,5
120	80,6	0,3
130	81,0	0,6
140	81,5	1,0
150	81,8	1,3
160	82,2	1,7

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	80,6
Steigung $b$	13,1
Korrelationskoeffizient $R$	0,2
Residuum [dB(A)]	1,6
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	120

Anzahl der Messwerte	115
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	119,3
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	6,1
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	80,5
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	1,6

### FREQUENZ-ANALYSE



**Oktavspektrum für 120 km/h**

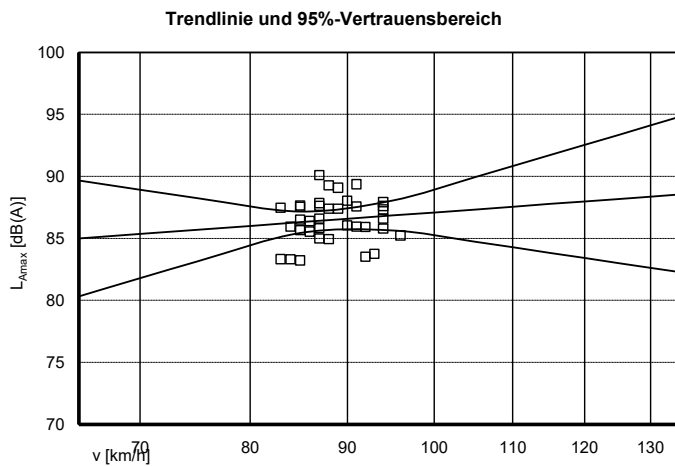
f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	47,7
125	56,4
250	61,8
500	66,3
1k	77,7
2k	75,9
4k	69,7
8k	58,9
gesamt	80,6



## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	LKW
	MP1	<b>Datum</b>	7.2.2020
<b>km</b>	km 44,45	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	3,8
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	410,0
<b>Fahrbahnbelag</b>	DSH-V 5, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m
	nach Installation Tempo 120		

### REGRESSIONS-ANALYSE



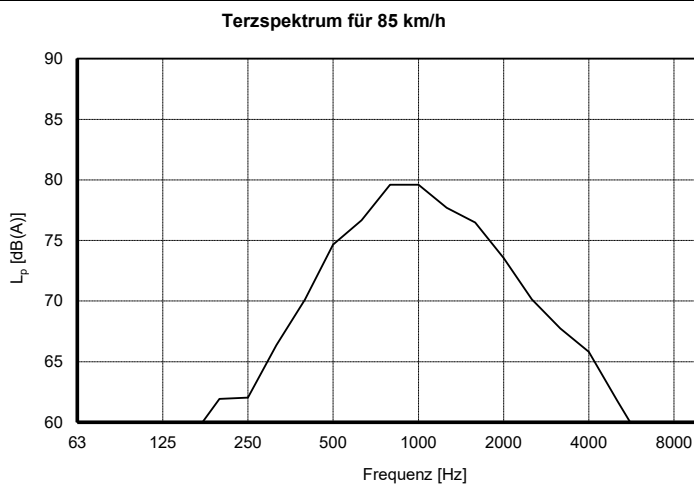
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
65	85,0	4,7
75	85,7	2,6
85	86,3	0,9
95	86,8	1,2
105	87,3	2,6
115	87,8	3,9
125	88,2	5,2
135	88,6	6,3
145	88,9	7,4

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	86,3
Steigung $b$	11,2
Korrelationskoeffizient $R$	0,1
Residuum [dB(A)]	1,7
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	85

Anzahl der Messwerte	36
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	88,6
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	3,6
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	86,5
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	1,7

### FREQUENZ-ANALYSE



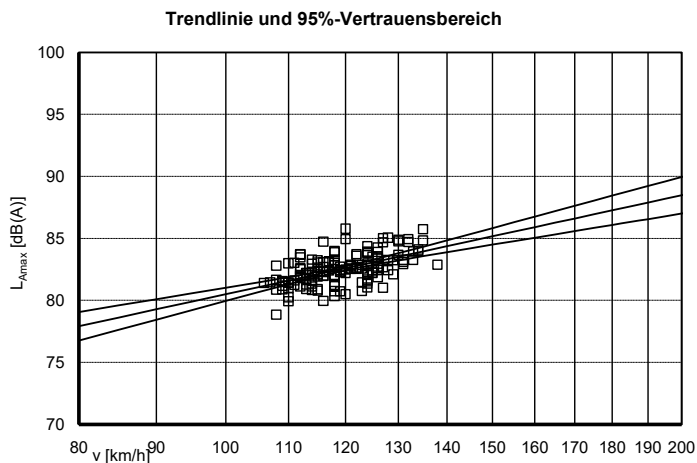
**Oktavspektrum für 85 km/h**

f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	55,0
125	61,3
250	68,7
500	79,3
1k	83,8
2k	78,9
4k	70,5
8k	60,0
gesamt	86,3

## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	PKW
	MP2	<b>Datum</b>	7.2.2020
<b>km</b>	km 31,25	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	3,3
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	2,8
<b>Fahrbahnbelag</b>	Washbeton, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m
	nach Installation Tempo 120		

### REGRESSIONS-ANALYSE



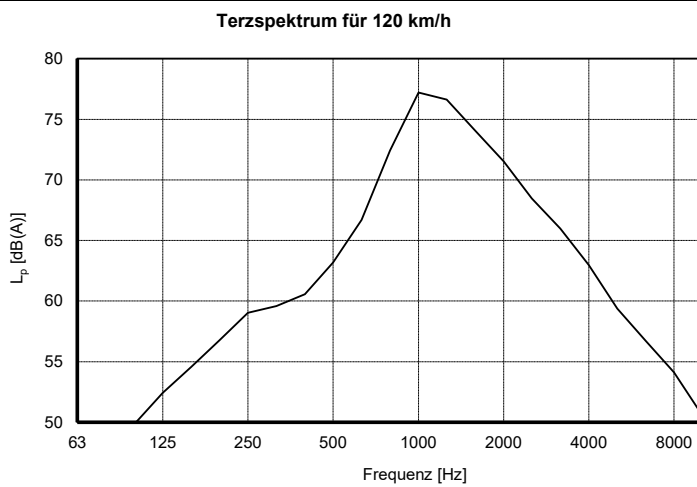
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
80	77,9	1,2
90	79,3	0,8
100	80,5	0,5
110	81,6	0,3
120	82,6	0,2
130	83,5	0,3
140	84,4	0,5
150	85,2	0,7
160	85,9	0,8

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	82,6
Steigung $b$	26,5
Korrelationskoeffizient $R$	0,6
Residuum [dB(A)]	1,0
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	120

Anzahl der Messwerte	147
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	119,5
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	7,1
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	82,5
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	1,2

### FREQUENZ-ANALYSE



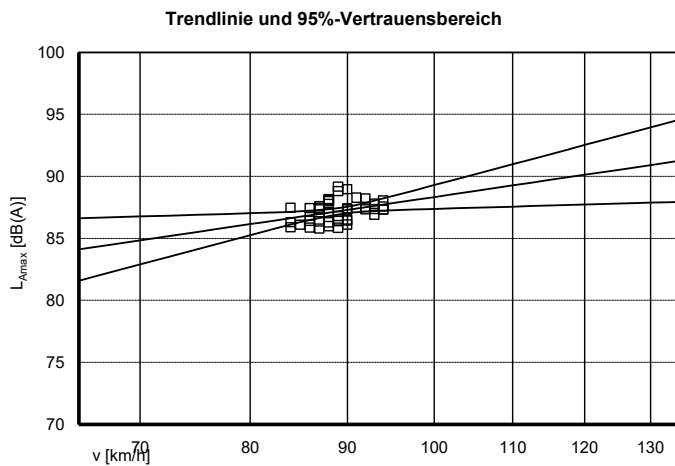
**Oktavspektrum für 120 km/h**

f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	48,2
125	57,5
250	63,4
500	69,0
1k	80,6
2k	76,7
4k	68,3
8k	59,3
gesamt	82,6

## Statistische Vorbeifahrt (SV)

<b>Messort</b>	A94	<b>Fahrzeugkategorie</b>	LKW
	MP2	<b>Datum</b>	7.2.2020
<b>km</b>	km 31,25	<b>Temperatur Luft [°C]</b>	3,4
<b>Richtung</b>	München	<b>Temperatur Fahrbahn [°C]</b>	2,8
<b>Fahrbahnbelag</b>	Waschbeton, Bj 2019	<b>Messhöhe</b>	1,2 m
	nach Installation Tempo 120		

### REGRESSIONS-ANALYSE



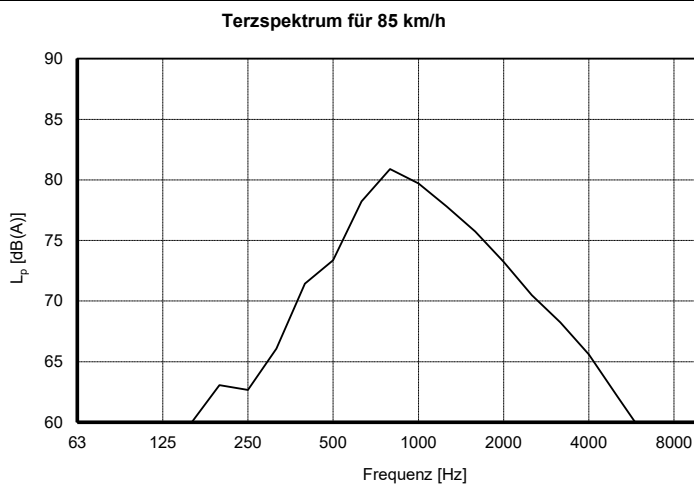
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%VB [dB(A)]
65	84,1	2,5
70	84,8	1,9
75	85,5	1,4
80	86,1	0,9
85	86,7	0,4
90	87,3	0,3
95	87,8	0,6
100	88,3	1,0
105	88,8	1,3

Trendlinie  $L_{A,max} = a + b \cdot \lg(v/v_0)$

Achsenabschnitt $a$	86,7
Steigung $b$	22,6
Korrelationskoeffizient $R$	0,3
Residuum [dB(A)]	0,8
Referenzgeschwindigkeit $v_0$ [km/h]	85

Anzahl der Messwerte	46
Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	89,0
Standardabweichung Geschwindigkeit [km/h]	2,7
Mittlerer Maximalpegel $L_{A,max}$ [dB(A)]	87,2
Standardabweichung $L_{A,max}$ [dB(A)]	0,9

### FREQUENZ-ANALYSE



**Oktavspektrum für 85 km/h**

f [Hz]	$L_p$ [dB(A)]
63	54,2
125	62,3
250	69,0
500	80,1
1k	84,4
2k	78,4
4k	70,8
8k	60,7
gesamt	86,7

## **Anhang C**

### **Beschreibung des SPB-Messsystems**

\\S-muc-fs01\allefirmen\MIProj\151\MI151750\MI151750\_26\_Ber\_1D.DOCX:20. 02. 2020

## Beschreibung des Messsystems

### Allgemein

Die Statistische Vorbeifahrtmethode bzw. **Statistical Pass-By-Method (SPB)** nach GEstRO [SPB1] bzw. DIN EN ISO 11819-1 [SPB2] ist eine Messmethode zur Erfassung und Beurteilung schalltechnischer Eigenschaften des Straßenverkehrs im Allgemeinen und der Fahrbahnoberfläche im Besonderen.

### Messmethode

Es wird ein Mikrofon in 7,5 m Abstand zur Mitte des zu untersuchenden Fahrstreifens und 1,2 m Höhe über Fahrbahnoberkante installiert (Abbildung 1). Bei jeder Vorbeifahrt eines einzelnen Fahrzeugs werden der maximale Schalldruckpegel und die Fahrzeuggeschwindigkeit registriert.

Derzeit wird in Fachkreisen diskutiert, die Messhöhe von 1,2 m über Fahrbahnoberkante auf 5,0 m über Fahrbahnoberkante zu erhöhen, um in entsprechenden Situationen der Beeinflussung der Messergebnisse durch Reflexionen und Abschirmungen von Objekten an der Straße (Leitplanken, Verkehrsschilder usw.) zu entgehen. Um die Vergleichbarkeit mit früheren Messungen zu gewährleisten, können derzeit Messungen in beiden Mikrofonhöhen durchgeführt werden.

Die Geschwindigkeitsmessungen erfolgen mit Hilfe eines Radar-Messgeräts. Die Geschwindigkeitsmessungen erfolgen kontinuierlich mit Datenübertragung an den Messrechner. Bei gültiger akustischer Messung eines einzelnen Fahrzeugs wird die dazugehörige Fahrgeschwindigkeit mit abgespeichert.

Die Fahrbahntemperatur wird in bestimmten zeitlichen Abständen berührungslos mit einem Laser-Temperaturmessgerät gemessen. Der Fühler für die Lufttemperatur ist im freien Luftstrom in einer Höhe von ca. 2 m über Fahrbahnoberkante in 7,5 m Abstand zur Fahrstreifenachse angebracht.

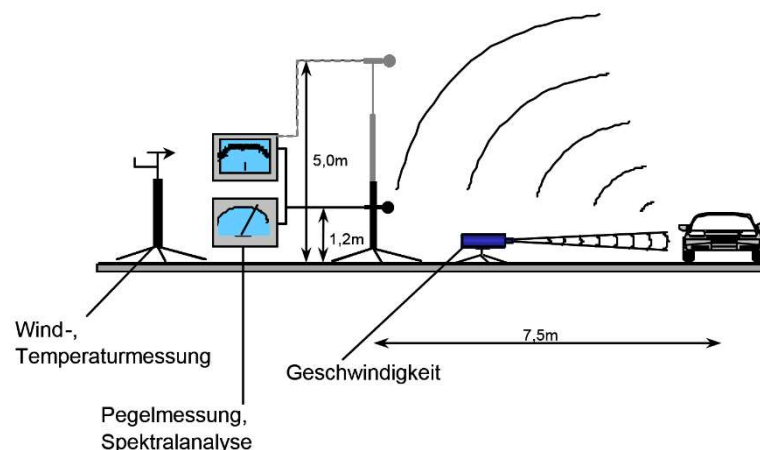


Abbildung 1. Schema der Messanordnung zur Durchführung von Messungen nach der Statistischen Vorbeifahrtmethode (SPB).



Abbildung 2. Beispielhafter Messaufbau nach der Statistischen Vorbeifahrtmethode (SPB).

## Durchführung und Auswertung

### Messablauf

Die SPB-Messungen werden beobachtet durchgeführt und getrennt nach folgenden Fahrzeugkategorien aufgezeichnet:

- Fahrzeugkategorie „Pkw“
  - alle Pkw ohne Anhänger
  - keine Vans, SUVs, Geländewagen und Lieferfahrzeuge
- Fahrzeugkategorie „zweiachsige Lkw“
  - Lkw ohne Anhänger mit einer Hinterachse mit Zwillingsbereifung, keine Busse
- Fahrzeugkategorie „mehrachsige Lkw“
  - Lkw mit Doppelachse hinten, keine Busse
  - Lkw mit Anhänger
  - Lkw mit Auflieger

Zur Erzielung einer ausreichenden Genauigkeit nach DIN EN ISO 11819-1 soll die nachfolgend angegebene Mindestanzahl von Fahrzeugen erfasst werden:

- |                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| • Pkw             | mindestens 100 Fahrzeuge |
| • zweiachsige Lkw | mindestens 30 Fahrzeuge  |
| • mehrachsige Lkw | mindestens 30 Fahrzeuge  |

Von den zwei- und mehrachsigen Lkw sind grundsätzlich insgesamt mindestens 80 Fahrzeuge zu erfassen.

## Witterungsverhältnisse

Die Messungen können nur dann durchgeführt werden, wenn trockenes niederschlagsfreies Wetter mit Luft- und Fahrbahntemperaturen über 5 °C herrscht. Je nach Fahrbahnbelagstyp und vorherrschender Lufttemperatur darf sechs Stunden bis drei Tage vor Durchführung der Messungen kein Niederschlag erfolgt sein. Dadurch wird verhindert, dass Restfeuchtigkeit das Messergebnis beeinflusst.

## Anforderungen an den Messpunkt

Das Umfeld der Messstelle muss vom Gelände her möglichst eben (keine Einschnitte und Dammlagen), reflexionsarm (keine Bebauung) und ohne höheren Bewuchs beschaffen sein. Dies gilt für einen Radius von 25 m um die Messstelle.

## Ergebnisdarstellung

Die Messergebnisse werden in Form eines Scatterdiagramms dargestellt, worin jeder Punkt den maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel  $L_{pAF,max}$  einer Vorbeifahrt mit der jeweils zutreffenden Geschwindigkeit  $v$  wiedergibt. Eine Regressionsanalyse liefert Mittelwerte für beliebige Geschwindigkeiten  $v$ .

Je nach Niveau der auf dem betreffenden Straßenabschnitt gefahrenen Geschwindigkeiten werden die den drei Fahrzeugkategorien (vehicle category) zuzuordnenden Vorbeifahrtpegel  $L_{veh}$  gemäß DIN EN ISO 11819-1 als Mittelwert (Ergebnis der Regressionsanalyse) bei folgenden Referenzgeschwindigkeiten  $v_{ref}$  abgelesen:

- Geschwindigkeitsklasse „Niedrig“  
 $v_{ref} = 50$  km/h für alle Fahrzeugkategorien
- Geschwindigkeitsklasse „Mittel“  
 $v_{ref} = 80$  km/h für Pkw und  $v_{ref} = 70$  km/h für Lkw
- Geschwindigkeitsklasse „Hoch“  
 $v_{ref} = 110$  km/h für Pkw und  $v_{ref} = 85$  km/h für Lkw

Die ermittelten Messwerte werden temperaturkorrigiert. Es werden spektrale Auswertungen der Messergebnisse durchgeführt und in den Messprotokollen dargestellt.

Durch die oben genannte Mindestanzahl von Fahrzeugen bzw. Messwerten sind die in Tabelle 1 genannten Standardabweichungen und 95 %-Vertrauensbereiche bei den für die verschiedenen Geschwindigkeitsklassen genannten Referenzgeschwindigkeiten  $v_{ref}$  zu erwarten.



Tabelle 1. Zu erwartende Standardabweichungen und Vertrauensbereiche der Vorbeifahrtpegel bei Zugrundelegung der Mindestanzahl von gemessenen Fahrzeugen und den entsprechenden Referenzgeschwindigkeiten  $v_{ref}$ .

Fahrzeugkategorie	Standardabweichung bei einzelnen Fahrzeugen	95%-Vertrauensbereich über und unter dem Mittelwert
Pkw	1,5 dB	0,3 dB
Zweiachsige Lkw	2,0 dB	0,7 dB
Mehrachsige Lkw	2,0 dB	0,7 dB

## Temperaturkorrektur

Die durch das Reifen-Fahrbahn-Geräusch entstehenden Schallpegel sind temperaturabhängig. Da man davon ausgehen kann, dass die an den Messpunkten messbaren Vorbeifahrtpegel von Pkw, die sich aus Reifen-Fahrbahn-Geräuschen, Antriebs- und Strömungsgeräuschen an der Karosserie zusammensetzen, von den Reifen-Fahrbahn-Geräuschen dominiert sind, ist die Temperaturabhängigkeit der Schallpegel der Reifen-Fahrbahn-Geräusche auch auf die Vorbeifahrtpegel anwendbar.

Den Anforderungen der ISO 11819-1, Abschnitt 9.4 und 11.2, gemäß sollen die Vorbeifahrtpegel auf die Referenz-Lufttemperatur von

$$T_{\text{Luft, ref.}} = 20 \text{ °C}$$

bezogen werden. Werden die Vorbeifahrtpegel bei anderen Lufttemperaturen gemessen, sind die einzelnen Messwerte entsprechend zu korrigieren, wobei in der Norm kein Verfahren angegeben ist, wie die Korrektur vorzunehmen ist. Im Bericht sollen die korrigierten und nicht korrigierten Werte angegeben werden.

Die Vorbeifahrtpegel nehmen mit steigender Lufttemperatur ab. Die Temperaturgänge der Vorbeifahrtpegel bezogen auf Lufttemperatur und Fahrbahntemperatur verlaufen nahezu deckungsgleich, weshalb kein Unterschied zwischen Luft- und Fahrbahntemperatur zu machen ist.

Für den A-bewerteten Gesamtpegel  $L_{pAF,max.}$  ist folgende Korrektur maßgeblich:

$$L_{pAF,max.,korr.} = L_{pAF,max.,mess} + c_{TL} (T_L - T_0)$$

mit

$L_{pAF,max.,korr.}$	temperaturkorrigierter Vorbeifahrtpegel in dB(A)
$L_{pAF,max.,mess}$	gemessener, nicht temperaturkorrigierter Vorbeifahrtpegel in dB(A)
$c_{TL}$	Korrekturfaktor in dB/ °C, hier $c_{TL} = 0,04$ dB/ °C für PKW
$T_0$	Referenztemperatur in °C, hier $T_0 = 20$ °C
$T_L$	Lufttemperatur zum Zeitpunkt der Messung des Vorbeifahrtpegels in °C

Die Lufttemperatur muss nach Norm während der Messungen zwischen 5 °C und 30 °C liegen, die Fahrbahntemperatur zwischen 5 °C und 50 °C.

Die Temperaturkorrektur ist nur auf die Fahrzeugkategorie Pkw anwendbar.

### Ermittlung des $D_{StrO}$ -Wertes

In den Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2006 [SPB4] und Nr. 3/2009 [SPB5] ist im beigelegten Statuspapier der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) der Referenzwert für den mittleren Pkw-Vorbeifahrtpegel bei 120 km/h auf bis zu drei Jahre alten Deckschichten mit dem Referenzbelag „nicht geriffelter Gussasphalt“ von

$$L_{ref,Statuspapier 2009} = 85,2 \text{ dB(A)}$$

festgelegt.

Die Korrektur  $D_{StrO}$  des betreffenden Fahrbahnbelages wird ausgedrückt als Pegeldifferenz der gemessenen Vorbeifahrtpegel zum Referenzwert. Der von der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, ermittelte Referenzwert, mit dem die gemessenen Vorbeifahrtpegel verglichen werden, bezieht sich auf folgende Randbedingungen:

- Fahrzeugkategorie Pkw,
- Fahrbahnbelag nicht geriffelter Gussasphalt 0/11 mit Abstreifung 5/8 oder 2/5+5/8,
- Referenzgeschwindigkeit  $v_{ref.} = 120$  km/h,
- Messhöhe 1,2 m über Fahrbahnoberkante.

Für die anderen Fahrzeugkategorien und die Messhöhe 5,0 m bestehen keine nationalen Referenzwerte. Insofern sind also allein die Messwerte in 1,2 m Höhe über Fahrbahnoberkante für Pkw ausschlaggebend für den  $D_{StrO}$ -Wert.

### Qualitätsmanagement

Die verwendeten Messgeräte und Prüfmittel unterliegen dem bei Müller-BBM eingeführten Qualitätsmanagement und werden regelmäßig mit Prüfnormalen verglichen.

## Grundlagen

- [SPB1] Verfahren zur Messung der Geräuschemission von Straßenoberflächen (GESTrO), herausgegeben durch den Bundesminister für Verkehr, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 16/1992, Bonn, 16.03.1992.
- [SPB2] DIN EN ISO 11819-1: Akustik. Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgeräusche. Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren. 2002-05.
- [SPB3] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90: Ausgabe 1990. Der Bundesminister für Verkehr. Bonn, den 22. Mai 1990. Berichtigter Nachdruck Februar 1992.
- [SPB4] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2006 vom 17. Februar 2006 (S 13/7244.4/01, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung) zu Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90 – Fahrbahnoberflächen-Korrekturwerte  $D_{\text{StrO}}$  für Betone mit Waschbetonoberflächen mit Anlage: Statuspapier Deckschichten aus Waschbeton der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) vom 03.11.2003.
- [SPB5] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 3/2009 vom 31.03.2009 (S 13/7144.2/02-09/1005908, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung) zu Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90 und Fahrbahnoberflächen-Korrekturwerte  $D_{\text{StrO}}$  für offenporige Asphalte; mit Anlage: Statuspapier Offenporige Asphaltdeckschichten (OPA) vom 10.02.2009.

## Anhang D

### Verwendete Messsysteme

\\S-muc-fs01\allefirmen\MIProj\151\MI151750\MI151750\_26\_Ber\_1D.DOCX:20. 02. 2020

Für die SPB-Messungen wurden folgende Prüfmittel verwendet:

Tabelle D 1. SPB-Messung Messpunkt MP1 – verwendete Messgeräte, SPB-Messsystem 1.

Beschreibung	Hersteller	Typ	Seriennummer
Mikrofon, 1/2"	PCB	377B02	122830
Vorverstärker	PCB	426E01	018264
Digitales Messsystem mit 4-Kanal Messkarte	Müller BBM	SPB-Inomos	380601
Akustischer Kalibrator	Brüel & Kjaer	4230	1655709
Radar-Geschwindigkeitsmessgerät	via traffic controlling	Viacount II 0682	08VZZ0133
Wetterstation (u. a. Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit)	Reinhardt System- und Messelectronic	MWS 4M	1016538
Fahrbahntemperaturmessgerät (Infrarotthermometer) ab 01/2018	Testo	830-T2	41930642

Tabelle D 2. SPB-Messung Messpunkt MP2 – verwendete Messgeräte, SPB-Messsystem 3.

Beschreibung	Hersteller	Typ	Seriennummer
Mikrofon, 1/2"	PCB	377B02	123567
Vorverstärker	PCB	426E01	018271
Digitales Messsystem mit 4-Kanal Messkarte	Müller BBM	SPB-Inomos	380602
Akustischer Kalibrator	Brüel & Kjaer	4231	3004278
Radar-Geschwindigkeitsmessgerät	via traffic controlling	Viacount II	16VZZ0135
Wetterstation (u. a. Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit)	Reinhardt System- und Messelectronic	MWS 4M	1034303
Fahrbahntemperaturmessgerät (Infrarotthermometer)	Testo	830-T2	41959146

Die verwendeten Prüfmittel unterliegen dem bei Müller-BBM eingeführten Qualitätsmanagement und werden regelmäßig mit Prüfnormalen verglichen.