

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 11 22
www.empa.ch

Folgestudie Lärmdisplay Metzerlen

Untersuchungsbericht: Empa-Nr. 5214.025691
Auftrag: Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
Anzahl Seiten inkl. Beilagen: 26

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ausgangslage und Auftrag
- 2 Situation
- 3 Wetterdaten
- 4 Auswertung der Topo-DD-Lärm Daten
- 5 Diskussion

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa

Dübendorf, 10.03.2021

Projektleiter:



Dr. Kurt Heutschi

Abteilung Akustik / Lärminderung

Abteilungsleiter:



Dr. Jean Marc Wunderli

Leiter Abteilung Akustik / Lärminderung

1 Ausgangslage und Auftrag

Das BAFU und der TCS prüfen Möglichkeiten zur Sensibilisierung von Motorradfahrerinnen und -fahrern hinsichtlich des von ihnen verursachten Lärms bei hochtouriger Fahrweise im siedlungsnahen Gebiet. 2019 wurde in einer Pilotphase temporär ein "Lärmdisplay" am Ortsausgang von Metzerlen im Kanton Solothurn auf der beliebten Strecke in Richtung Challpass bzw. Laufen installiert und die Auswirkungen auf die Fahrweise untersucht (siehe Bericht Empa-Nr. 5214.022857). Basierend auf diesen Ergebnissen wurde 2020 der Versuch in Metzerlen in modifizierter Anordnung mit zwei zusätzlichen Messstationen wiederholt, wiederum mit dem Ziel, eine allfällige durch das Display provozierte Verhaltensänderung zu erkennen. Im Juli 2020 beauftragte das BAFU den TCS und die Firma INNOLUTIONS sowie die Abt. Akustik / Lärminderung der Empa mit der Durchführung des Experiments.

Die drei Projektpartner teilten sich die Aufgaben wie folgt:

- TCS: Koordination, Standortevaluation und Kommunikation
- INNOLUTIONS: Bereitstellung, Installation, Betrieb und Datenexport der Mess- und Anzeigeräte Topo-DD-Lärm
- Empa: Analyse und Auswertung der Topo-DD-Lärm-Messdaten sowie Berichterstattung

2 Situation

2.1 Funktionsweise des Mess- und Anzeigesystems Topo-DD-Lärm

Das Messsystem Topo-DD-Lärm von INNOLUTIONS wird am Strassenrand aufgestellt und generiert Fahrzeugvorbeifahrtsprotokolle. Den Ereignissen wird eine Fahrzeugkategorie, eine Geschwindigkeit und ein akustischer Maximalpegel zugeordnet. Das Messmodul kann um eine Anzeigeeinheit erweitert werden, die gestützt auf die Informationen Geschwindigkeit und Maximalpegel eine "Bewertung" der Vorbeifahrt vornimmt und der das Fahrzeug führenden Person unmittelbar nach der Vorbeifahrt rückmeldet:

- **Danke:** Wenn sowohl die Geschwindigkeit als auch der Maximalpegel unter den vorgegebenen Schwellwerten liegen
- **Langsam!:** Wenn die Geschwindigkeit über und der Maximalpegel unter dem entsprechenden Schwellwert liegt
- **Leise!:** Wenn der Maximalpegel über dem Schwellwert liegt

In der hier eingesetzten Konfiguration wurde der Geschwindigkeitsschwellwert auf 50 km/h, der Maximalpegelschwellwert auf 83 dB gesetzt.

2.2 Geometrie der Installationen

Für den hier beschriebenen Versuch wurden von INNOLUTIONS in und um Metzerlen drei temporäre Messpunkte M1 (signalisierte Geschwindigkeit 80 km/h, horizontaler Abstand zur Mitte der nahen Fahrspur ca. 2.5 m), M2 (signalisierte Geschwindigkeit 50 km/h, horizontaler Abstand zur Mitte der nahen Fahrspur ca. 2.1 m) und M3 (signalisierte Geschwindigkeit 50 km/h, horizontaler Abstand zur Mitte der nahen Fahrspur ca. 2.9 m) (Abbildung 1 und Abbildung 2) zur akustischen Beobachtung der Vorbeifahrten in Richtung Challpass bzw. Laufen eingerichtet. Der Messpunkt M2 wurde durch ein rund 50 m abgesetztes Display *D* ergänzt, mit welchem die "Bewertung" der Vorbeifahrt unmittelbar rückgemeldet wurde. Von besonderem Interesse ist die Frage, ob sich bei aktiviertem Display am folgenden Messpunkt M3 eine Verhaltensänderung beobachten lässt. Die Mikrofonhöhe betrug an allen drei Messpunkten einheitlich 90 cm bezogen auf die Strassenoberfläche.

2.3 Phasen des Versuchs

Der ganze Versuch setzte sich aus drei direkt aufeinanderfolgenden Phasen zusammen:

Phase 1: Betrieb der Messmodule ohne Display, vom 04.07.2020 bis 10.07.2020

Phase 2: Betrieb der Messmodule mit Display *D*, vom 10.07.2020 bis 20.07.2020

Phase 3: Betrieb der Messmodule ohne Display, vom 20.07.2020 bis 26.07.2020

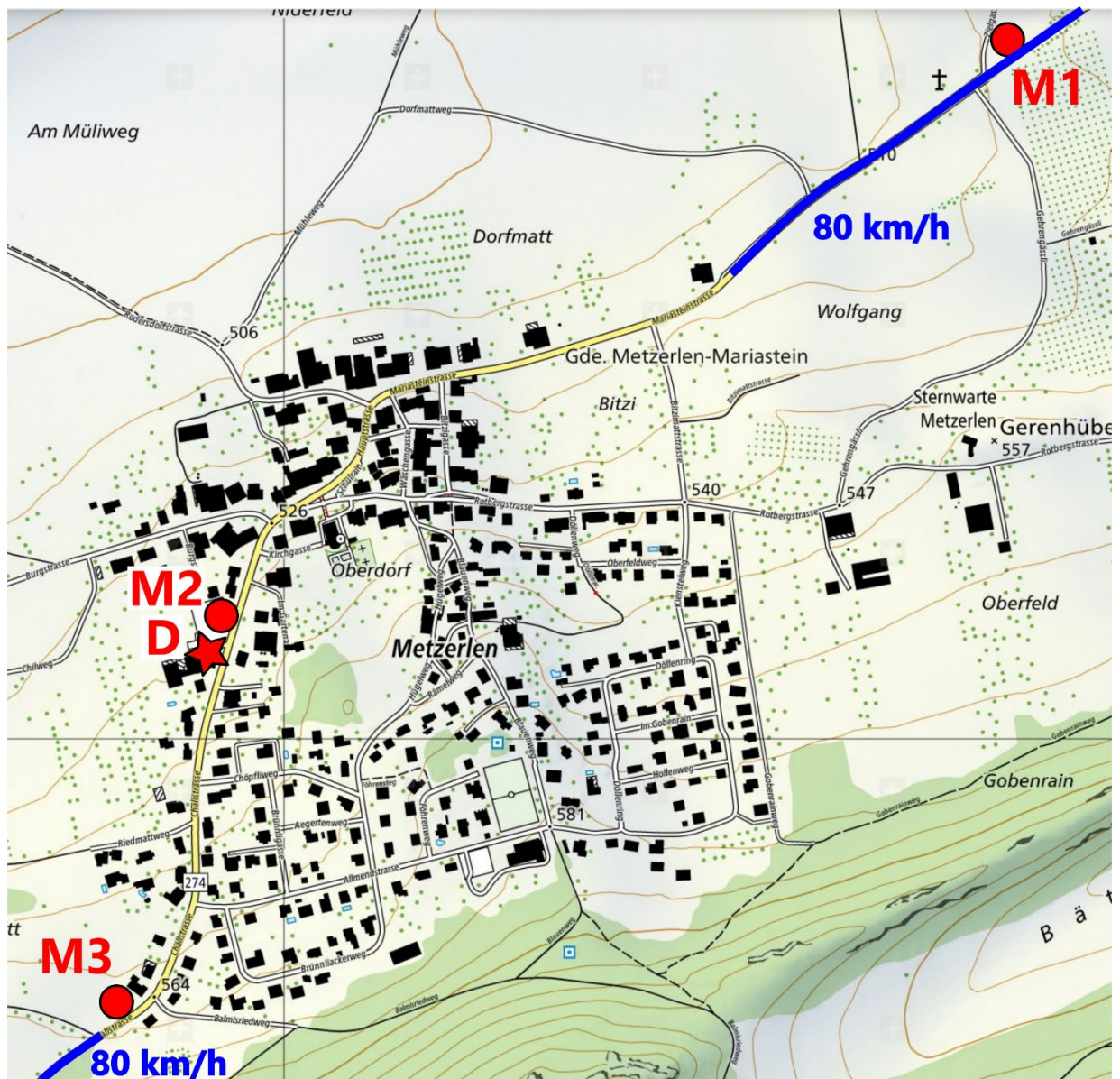


Abbildung 1: Situation der temporären Installation der Messpunkte M1, M2 und M3 sowie des Lärmdisplays D in und um Metzerlen. Auf den blau markierten Strassenabschnitten ist 80 km/h signalisiert, auf der Dorfdurchfahrt gilt Tempo 50 km/h. Karte: geodata © swisstopo



M1



M1



M2



M2



M3



M3

Abbildung 2: Fotos der drei Messstellen M1, M2 und M3 (Aufnahmen Remo Schiltknecht, INNOLUTIONS).

3 Wetterdaten

Um mögliche Wettereinflüsse auf das Fahrverhalten einschätzen zu können, werden in Abbildung 3 die Wetterdaten der automatischen MeteoSchweiz-Station Basel-Binningen dargestellt.

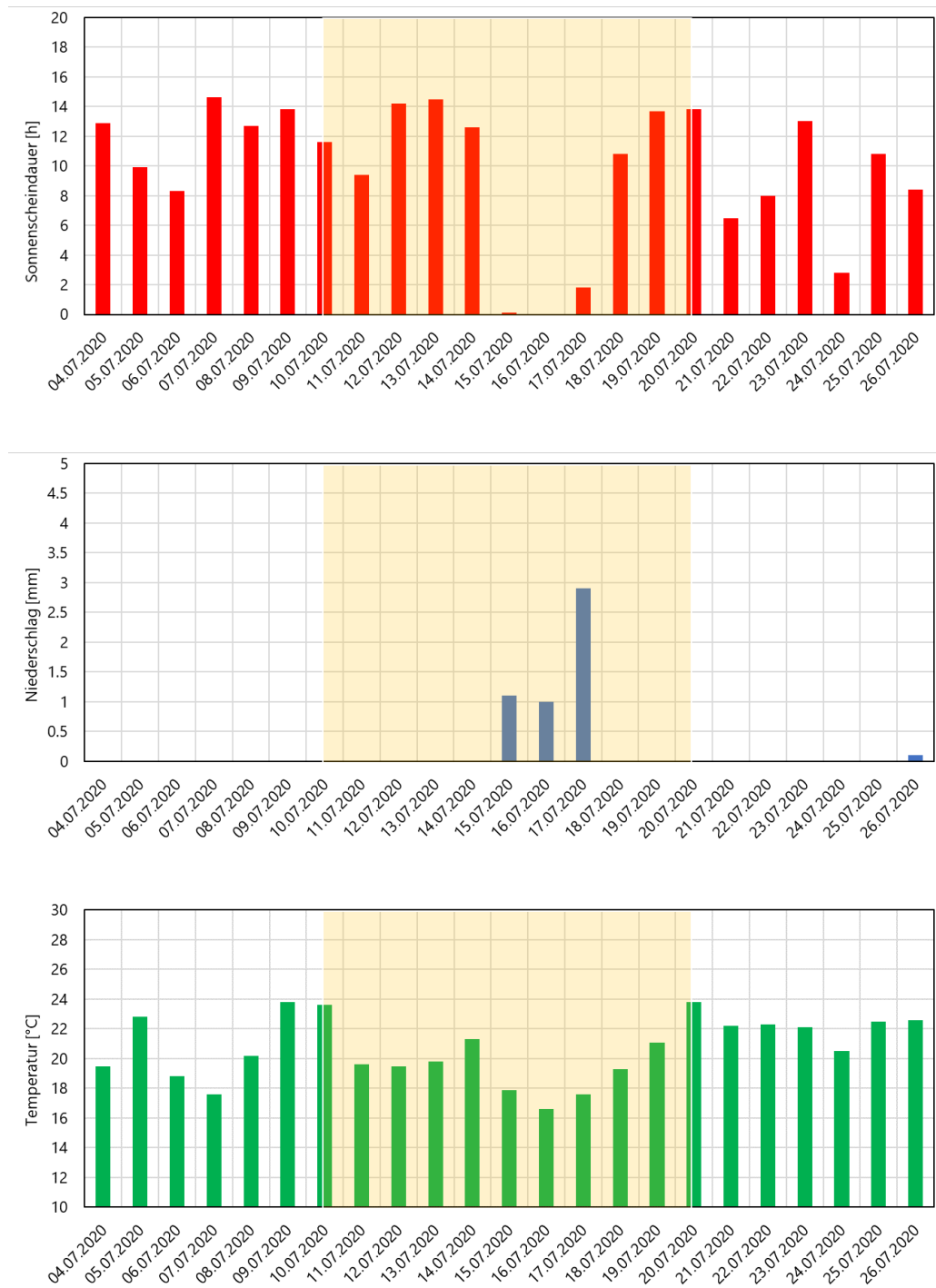


Abbildung 3: Auf jeweils 24 h bezogene Sonnenscheindauer (oben), Niederschlagsmenge (mitte) und Lufttemperatur (unten) gemäss Daten von MeteoSchweiz für die Station Basel-Binningen. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

4 Auswertung der Topo-DD-Lärm Daten

4.1 Protokoll des Messsystems

Die Dokumentation eines Ereignisses umfasst einen Zeitstempel, eine Geschwindigkeitsangabe, die Richtungsinformation, die Fahrzeuglänge und daraus abgeleitet eine Zuordnung zu einer Fahrzeugklasse sowie den akustischen Maximalpegel der Vorbeifahrt (Tabelle 1).

Geschwindigkeit (km/h)	Uhrzeit	Datum	Richtung	Fahrzeuglänge	Fahrzeugklasse	Fahrzeugklassen-Bezeichnung	Schall (dB)
74	12:28:39	09.07.2020	1	18	7	Pkw	86
75	12:28:41	09.07.2020	1	42	7	Pkw	89
43	12:29:25	09.07.2020	1	39	10	Krad	65
64	12:29:52	09.07.2020	1	38	2	PkwA	85
66	12:29:54	09.07.2020	1	99	7	Pkw	82

Tabelle 1: Auszug aus dem Einzelereignis-Datenfile (Pkw = Personenwagen, Krad = Motorrad, PkwA = Personenwagen mit Anhänger).

Das Augenmerk liegt hier primär auf den Motorrädern *Krad*, die als Klasse 10 eingeordnet werden. Ergänzend wurden aber auch Auswertungen für Personenwagen *Pkw* (Klasse 7) vorgenommen.

4.2 Datenauswertung

4.2.1 Allgemeines

Die von INNOLUTIONS für alle drei Messorte je in Form einer Excel-Datei bereitgestellten Ereignislisten umfassen etwas mehr als 40'000 Vorbeifahrten, davon sind 5'200 Motorräder und 31'000 PWs. Diese Daten wurden in Matlab eingelesen und eine tageweise, fahrzeugklassenspezifische Analyse vorgenommen. Diese Analyse liefert für die Motorrad- und PW-Vorbeifahrten eines jeden Messtages

- die Fahrzeugmengen
- die Geschwindigkeitsverteilung, ausgedrückt durch die Perzentilwerte 1% , 5%, 10%, 20% und 50%
- die Pegelverteilung, ausgedrückt durch die Perzentilwerte 1% , 5%, 10%, 20% und 50%

Der Perzentilwert x% wird hier als jener Wert verstanden, der von x% der Ereignisse überschritten wird. Die folgenden Abschnitte zeigen die gefundenen Ergebnisse und Analysen.

4.2.2 Fahrzeugmengen

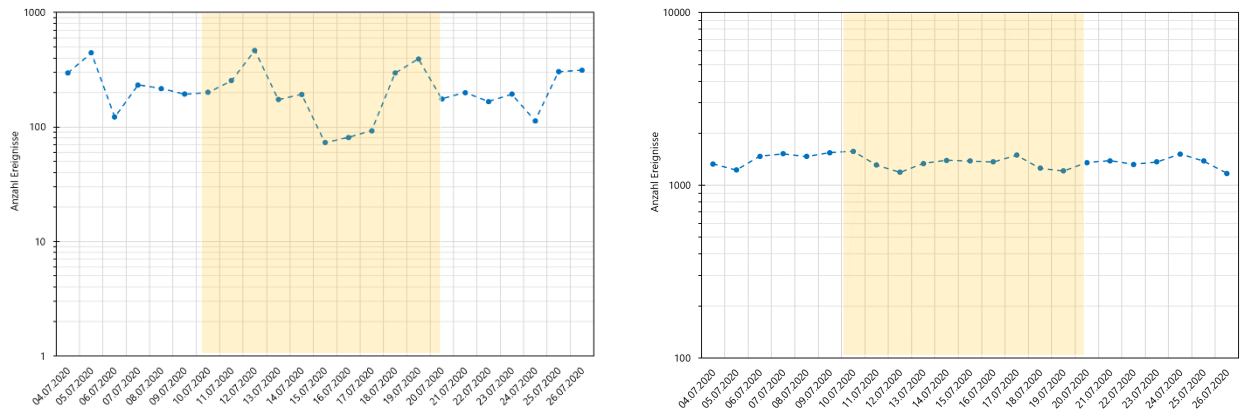


Abbildung 4: Erfasste Tages-Fahrzeugmengen am Messpunkt 1 (links: Motorräder, rechts: Personenwagen).

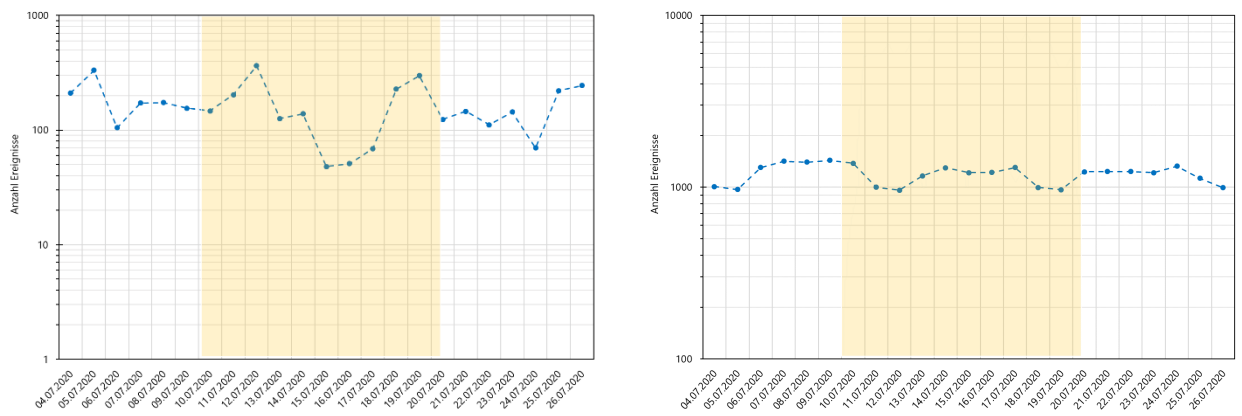


Abbildung 5: Erfasste Tages-Fahrzeugmengen am Messpunkt 2 (links: Motorräder, rechts: Personenwagen).

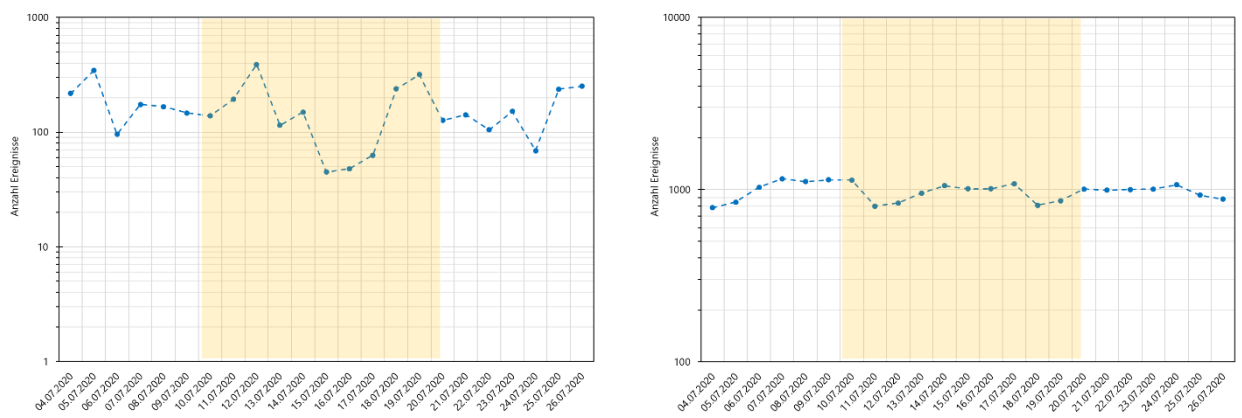


Abbildung 6: Erfasste Tages-Fahrzeugmengen am Messpunkt 3 (links: Motorräder, rechts: Personenwagen).

4.2.3 Geschwindigkeiten und Schalldruckpegel der Motorräder am Messpunkt 1 (80 km/h)

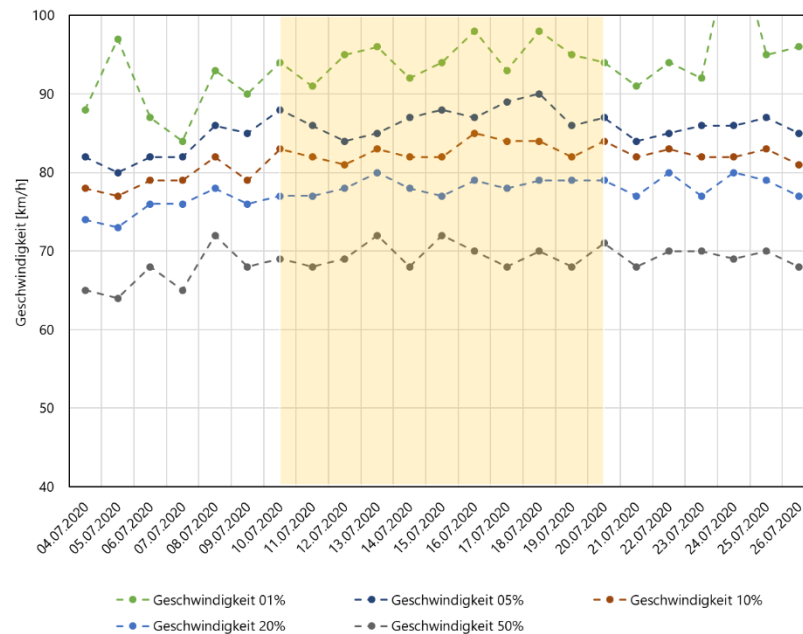


Abbildung 7: Tageweise ausgewertete Geschwindigkeitsperzentilwerte für die Motorrad-Ereignisse am Messpunkt 1. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display. Lesebeispiel: die langsamsten 50% der Motorräder fahren mit höchstens 70 km/h, die 1% schnellsten sind mit mehr als 90 km/h unterwegs.

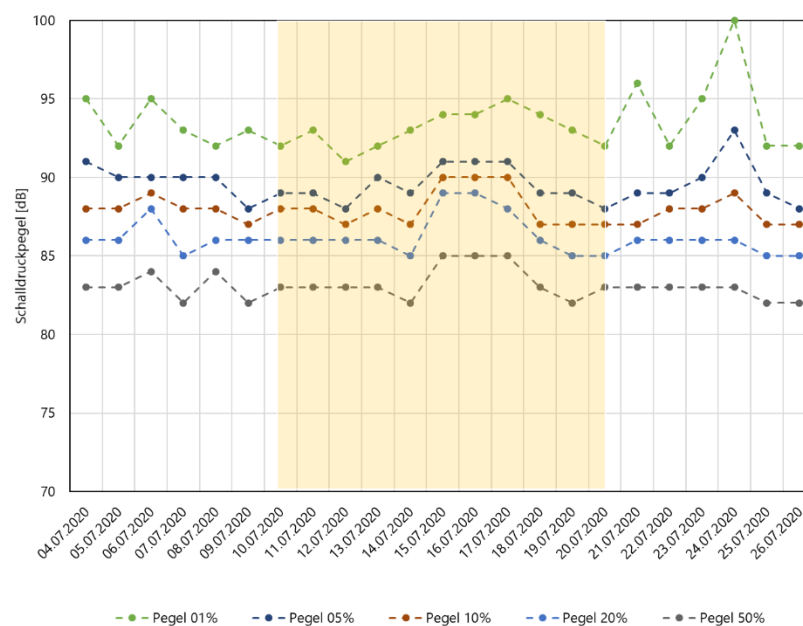


Abbildung 8: Tageweise ausgewertete Schalldruckpegelperzentilwerte für die Motorrad-Ereignisse am Messpunkt 1. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display. Lesebeispiel: die leisesten 50% der Motorräder erzeugen einen Schalldruckpegel von weniger als 85 dB, die 1% lautesten erzeugen mehr als 92 dB.

4.2.4 Geschwindigkeiten und Schalldruckpegel der Motorräder am Messpunkt 2 (50 km/h)

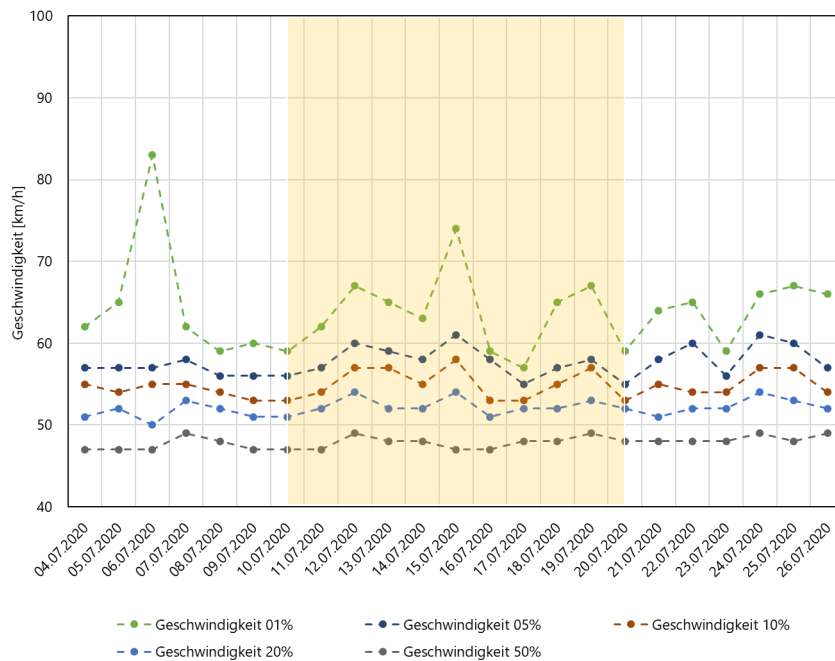


Abbildung 9: Tageweise ausgewertete Geschwindigkeitsperzentilwerte für die Motorrad-Ereignisse am Messpunkt 2. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

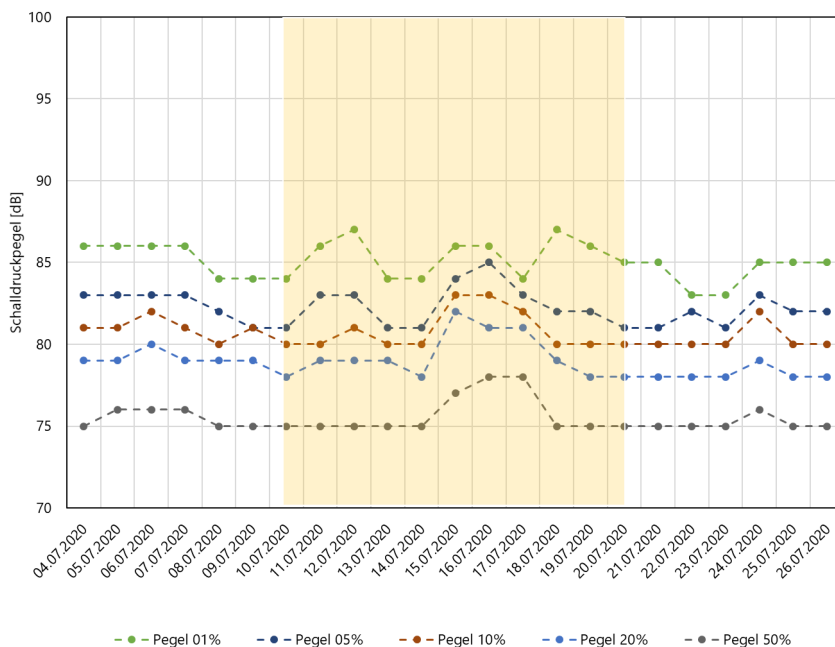


Abbildung 10: Tageweise ausgewertete Schalldruckpegelperzentilwerte für die Motorrad-Ereignisse am Messpunkt 2. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

4.2.5 Geschwindigkeiten und Schalldruckpegel der Motorräder am Messpunkt 3 (50 km/h)

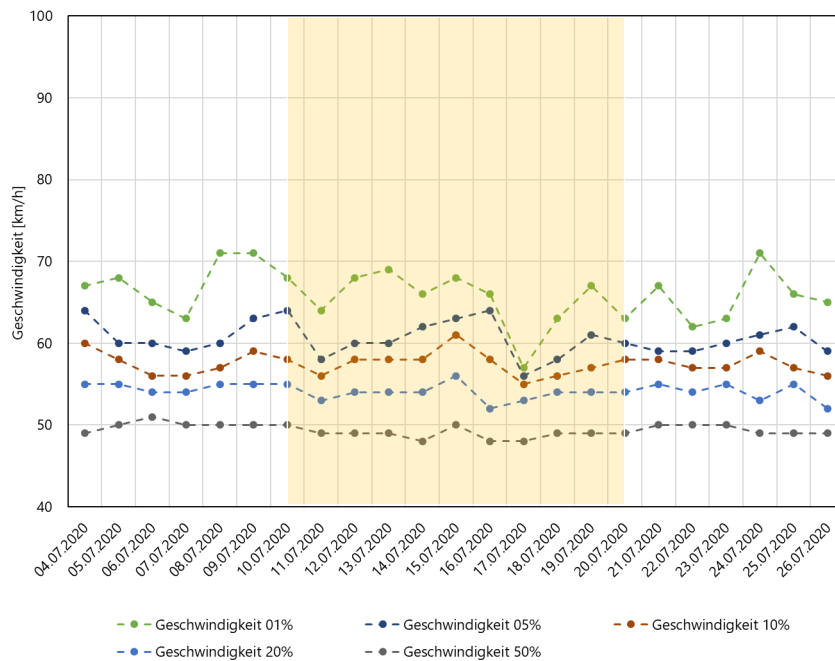


Abbildung 11: Tageweise ausgewertete Geschwindigkeitsperzentilwerte für die Motorrad-Ereignisse am Messpunkt 3. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

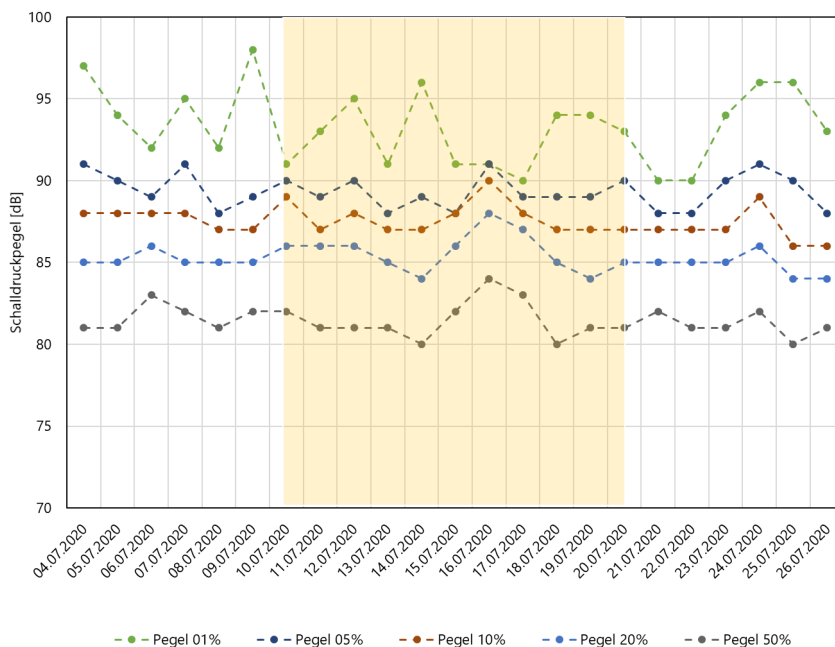


Abbildung 12: Tageweise ausgewertete Schalldruckpegelperzentilwerte für die Motorrad-Ereignisse am Messpunkt 3. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

4.2.6 Geschwindigkeiten und Schalldruckpegel der Personenwagen am Messpunkt 1 (80 km/h)

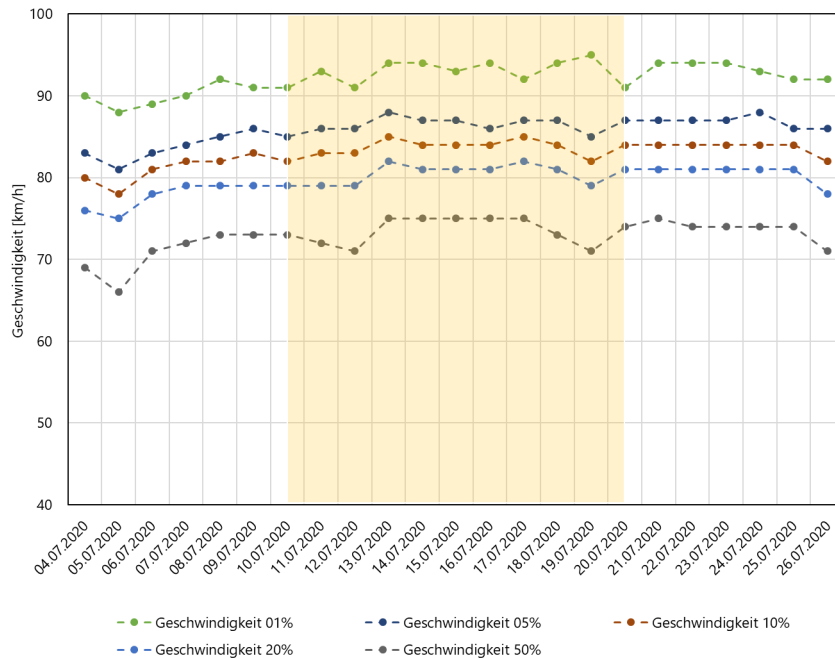


Abbildung 13: Tageweise ausgewertete Geschwindigkeitsperzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 1. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

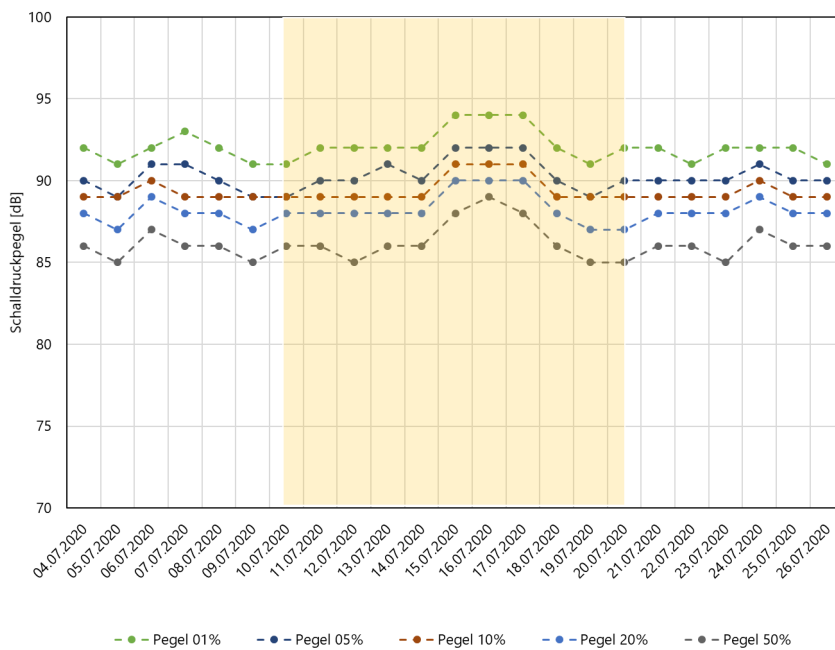


Abbildung 14: Tageweise ausgewertete Schalldruckpegelperzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 1. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

4.2.7 Geschwindigkeiten und Schalldruckpegel der Personenwagen am Messpunkt 2 (50 km/h)

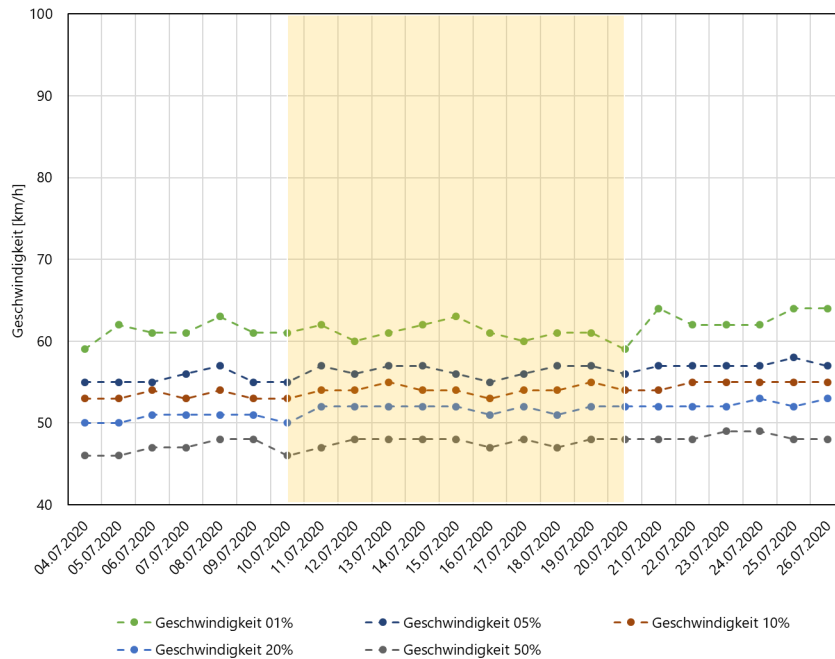


Abbildung 15: Tageweise ausgewertete Geschwindigkeitsperzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 2. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

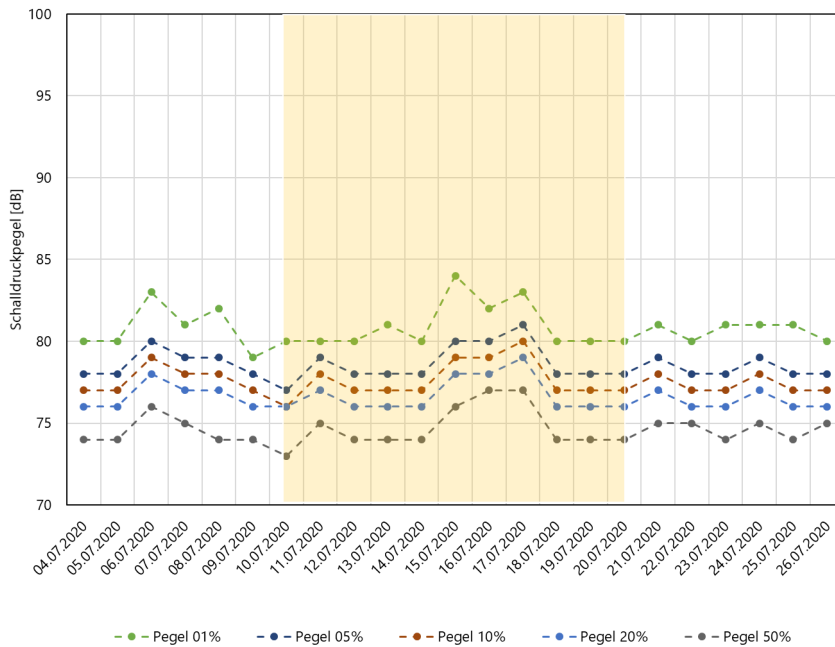


Abbildung 16: Tageweise ausgewertete Schalldruckpegelperzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 2. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

4.2.8 Geschwindigkeiten und Schalldruckpegel der Personenwagen am Messpunkt 3 (50 km/h)

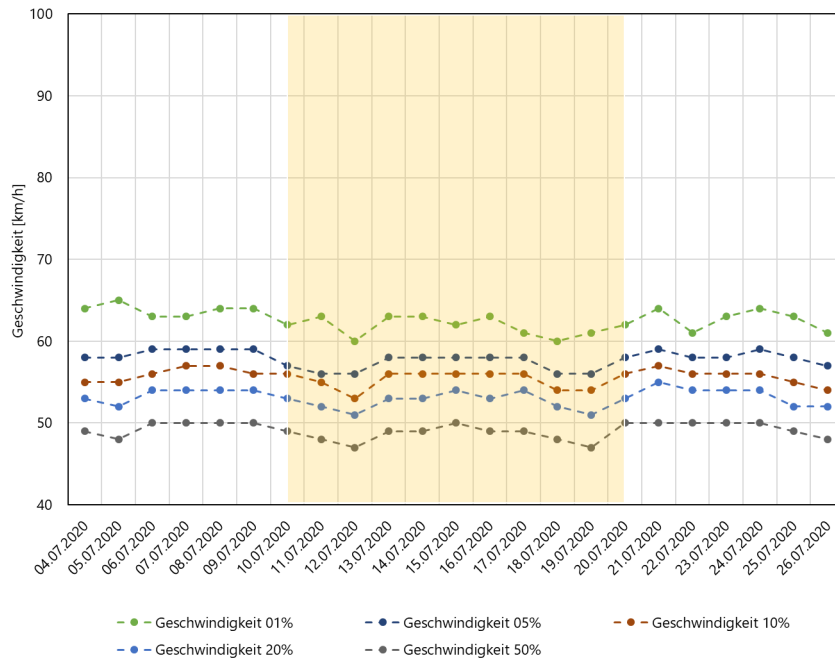


Abbildung 17: Tageweise ausgewertete Geschwindigkeitsperzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 3. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

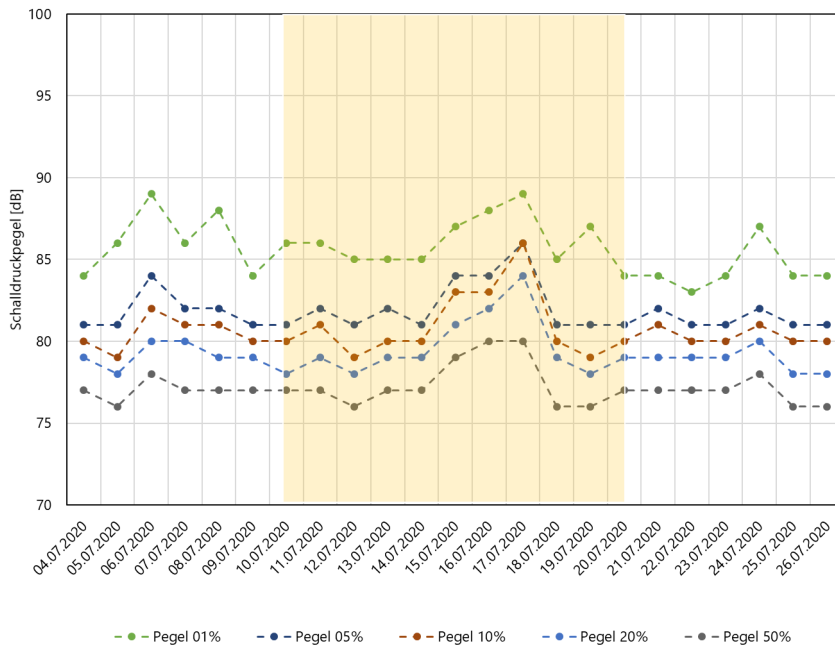


Abbildung 18: Tageweise ausgewertete Schalldruckpegelperzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 3. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

4.2.9 Pegelverteilungen als Histogramme am Messpunkt 1

In Abbildung 19 und Abbildung 20 sind pro Phase die vollständigen Verteilungen der gemessenen Vorbeifahrtspegel am Messpunkt 1 für Motorräder bzw. Personenwagen gezeigt.

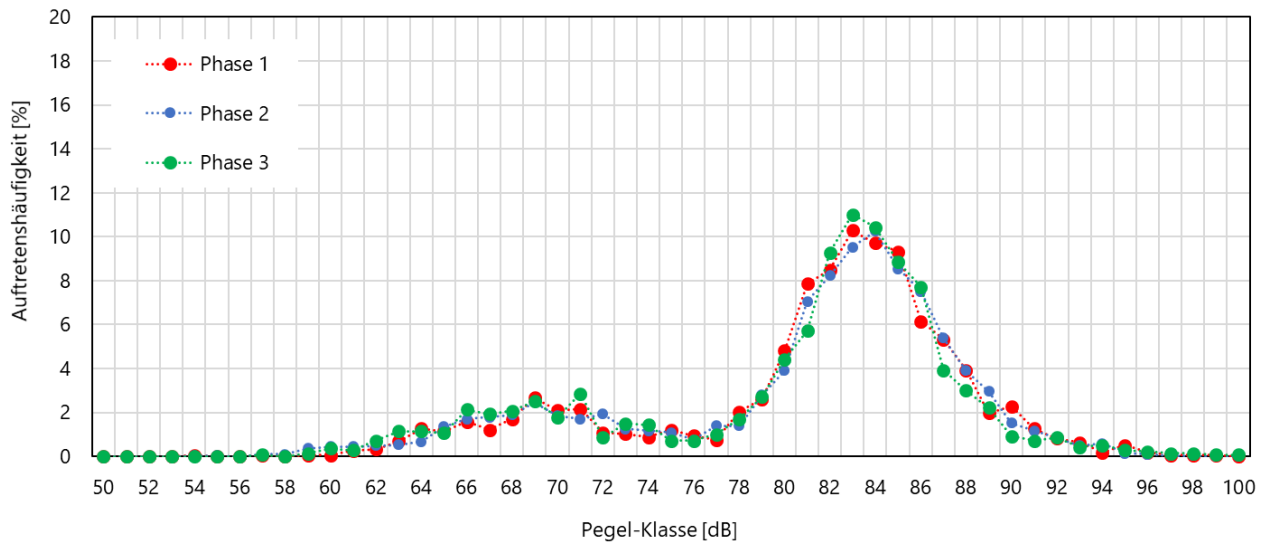


Abbildung 19: Phasenaufgeschlüsselte Pegelverteilung der Motorradereignisse am Messpunkt 1.

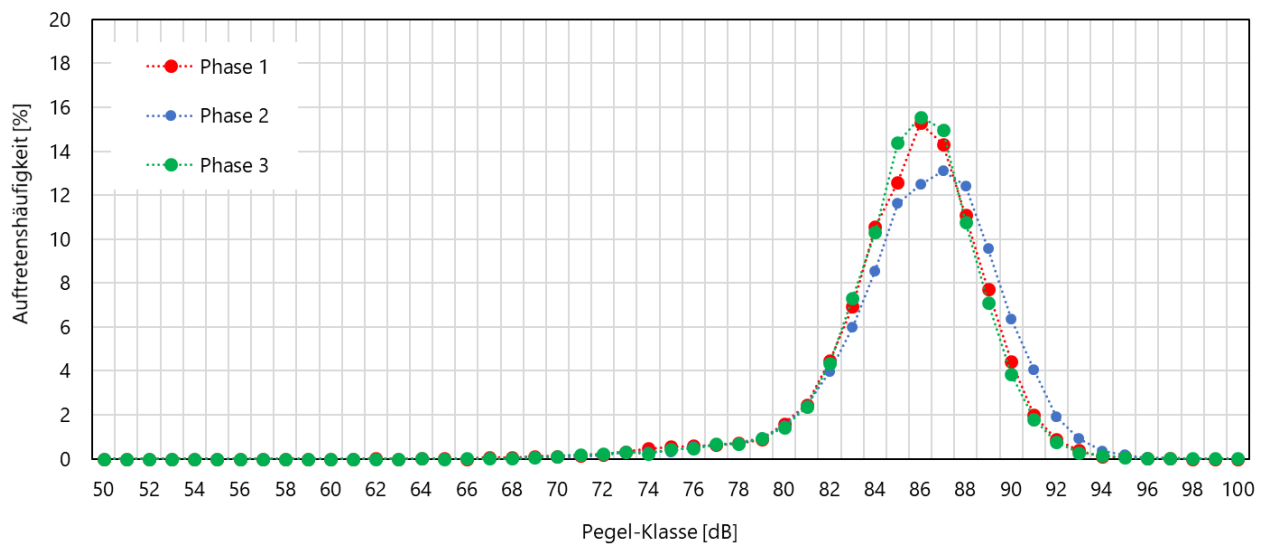


Abbildung 20: Phasenaufgeschlüsselte Pegelverteilung der PW-Ereignisse am Messpunkt 1.

4.2.10 Pegelverteilungen als Histogramme am Messpunkt 2

In Abbildung 21 und Abbildung 22 sind pro Phase die vollständigen Verteilungen der gemessenen Vorbeifahrtspegel am Messpunkt 2 für Motorräder bzw. Personenwagen gezeigt.

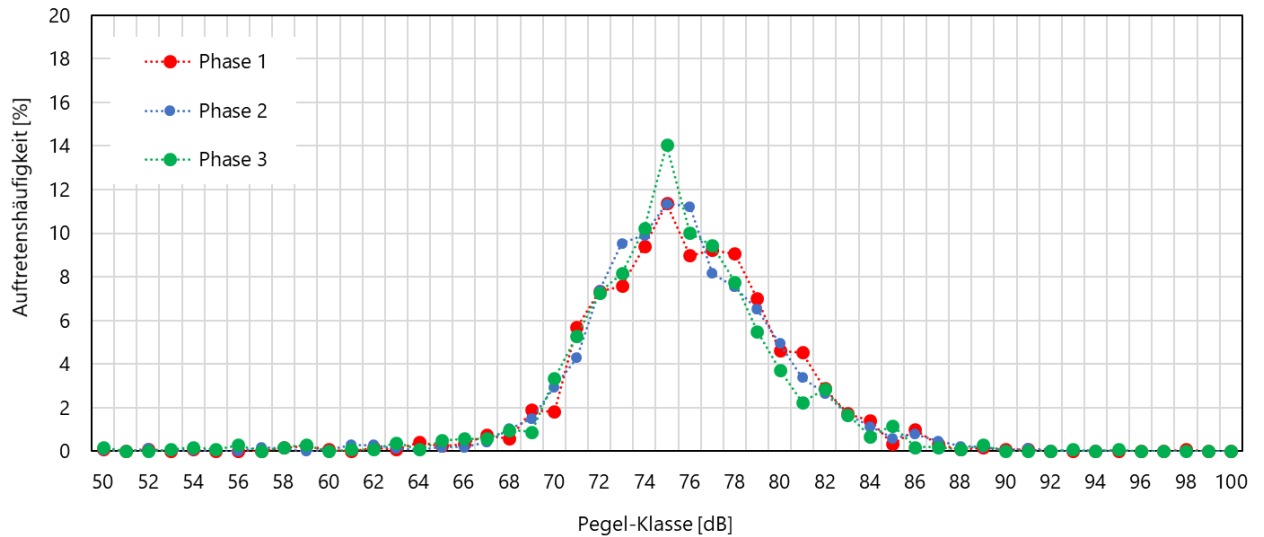


Abbildung 21: Phasenaufgeschlüsselte Pegelverteilung der Motorradereignisse am Messpunkt 2.

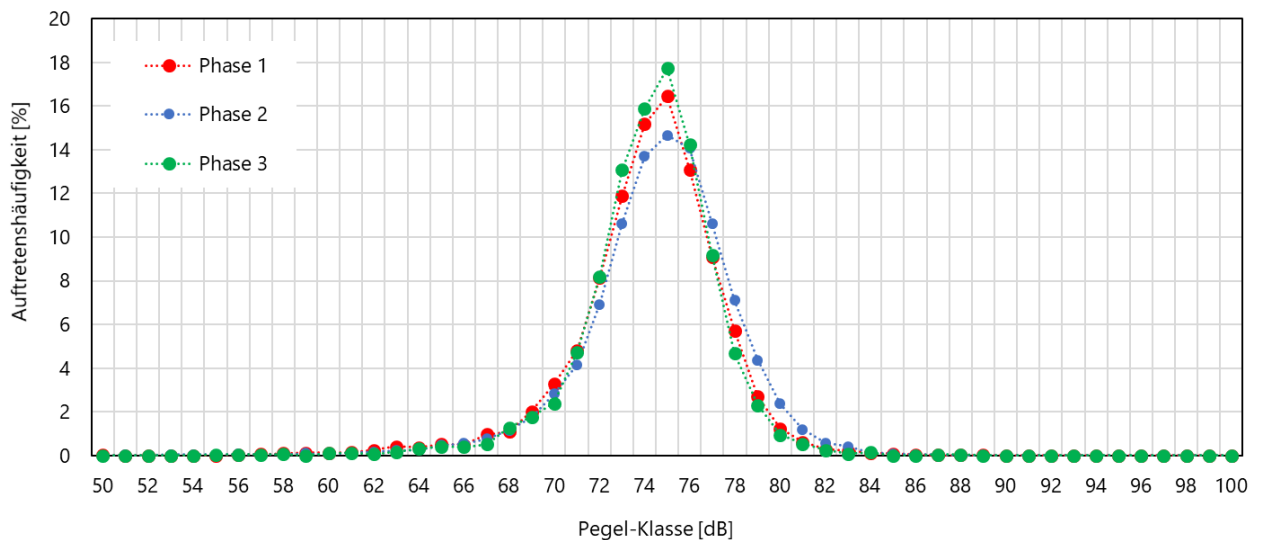


Abbildung 22: Phasenaufgeschlüsselte Pegelverteilung der PW-Ereignisse am Messpunkt 2.

4.2.11 Pegelverteilungen als Histogramme am Messpunkt 3

In Abbildung 23 und Abbildung 24 sind pro Phase die vollständigen Verteilungen der gemessenen Vorbeifahrtspegel am Messpunkt 3 für Motorräder bzw. Personenwagen gezeigt.

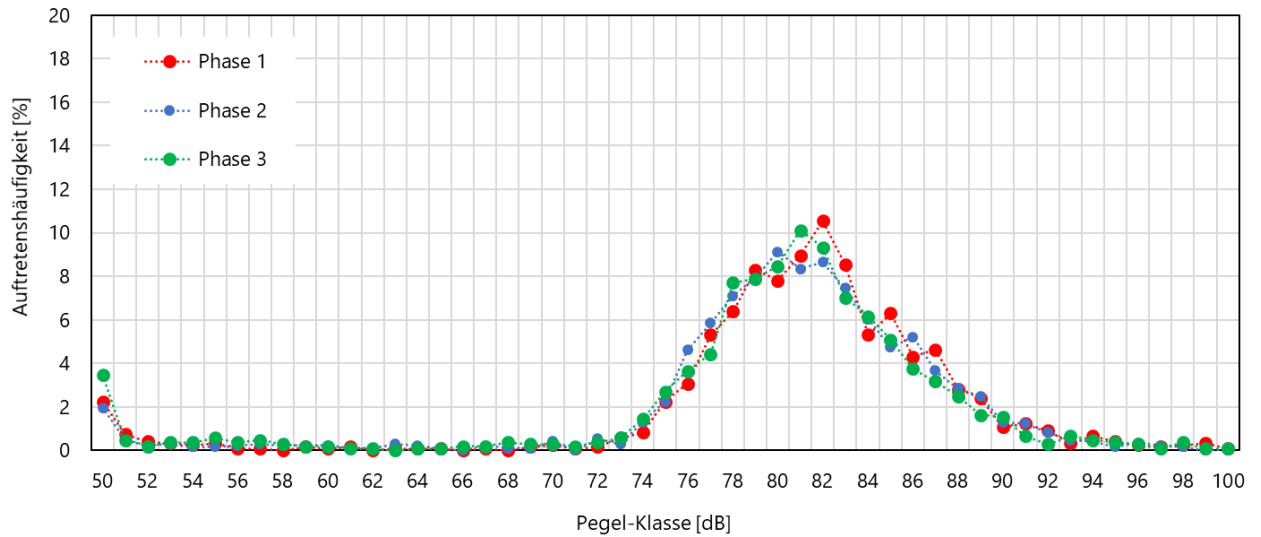


Abbildung 23: Phasenaufgeschlüsselte Pegelverteilung der Motorradereignisse am Messpunkt 3.

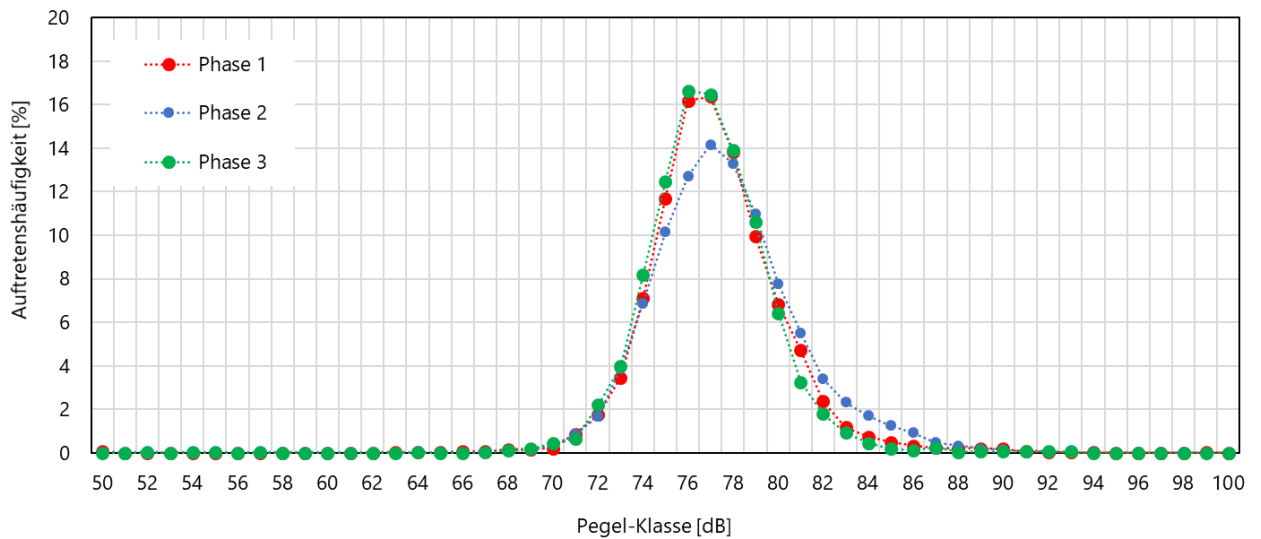


Abbildung 24: Phasenaufgeschlüsselte Pegelverteilung der PW-Ereignisse am Messpunkt 3.

4.2.12 Displaymeldungen am Messpunkt 2

Ausgewertet über die Messperiode mit aktiviertem Display zeigen die Tabelle 2 und die Tabelle 3 die Gesamtzahlen der erfassten Motorrad- und PW-Vorbeifahrten und die Anzahl Displaymeldungen am Messpunkt 2.

	Gesamtzahl M.rad	Anzahl M.rad "zu laut"	Anzahl M.rad "zu schnell"	Anzahl M.rad "zu laut" und "zu schnell"
absolut	1800	96	577	47
in Prozent bzgl. Gesamtzahl	100	5	32	3

Tabelle 2: Gesamtzahl und Anteile an Motorrad-Vorbeifahrten mit Displaymeldungen.

	Gesamtzahl PW	Anzahl PW "zu laut"	Anzahl PW "zu schnell"	Anzahl PW "zu laut" und "zu schnell"
absolut	12724	104	3422	54
in Prozent bzgl. Gesamtzahl	100	0.8	27	0.4

Tabelle 3: Gesamtzahl und Anteile an PW-Vorbeifahrten mit Displaymeldungen.

4.2.13 Mittelwerte der Geschwindigkeits- und Schalldruckpegelperzentilwerte für die Motorräder

Tabelle 4 bis Tabelle 6 zeigen für die Motorräder die Mittelwerte der oben gezeigten tageweisen Perzentilgrössen für die drei Perioden "vor Aktivierung des Displays", "während aktiviertem Display" und "nach Aktivierung des Displays".

	Geschwindigkeit [km/h]					Schalldruckpegel [dB]				
	1%	5%	10%	20%	50%	1%	5%	10%	20%	50%
Vor Aktivierung	89.8	82.8	79.0	75.5	67.0	93.3	89.8	88.0	86.2	83.0
Während Aktivierung	94.7	86.9	82.8	78.3	69.4	93.2	89.7	88.2	86.7	83.4
Nach Aktivierung	96.5	85.5	82.2	78.3	69.2	94.5	89.7	87.7	85.7	82.7

Tabelle 4: Mittelwerte der oben gezeigten Geschwindigkeits- und Schalldruckpegel-Perzentilwerte für die Motorradereignisse am Messpunkt 1 (80 km/h).

	Geschwindigkeit [km/h]					Schalldruckpegel [dB]				
	1%	5%	10%	20%	50%	1%	5%	10%	20%	50%
Vor Aktivierung	65.2	56.8	54.3	51.5	47.5	85.3	82.5	81.0	79.2	75.5
Während Aktivierung	64.3	58.1	55.4	52.4	47.9	85.6	82.7	81.0	79.6	75.9
Nach Aktivierung	64.5	58.7	55.2	52.3	48.3	84.3	81.8	80.3	78.2	75.2

Tabelle 5: Mittelwerte der oben gezeigten Geschwindigkeits- und Schalldruckpegel-Perzentilwerte für die Motorradereignisse am Messpunkt 2 (50 km/h).

	Geschwindigkeit [km/h]					Schalldruckpegel [dB]				
	1%	5%	10%	20%	50%	1%	5%	10%	20%	50%
Vor Aktivierung	67.5	61.0	57.7	54.7	50.0	94.7	89.7	87.7	85.2	81.7
Während Aktivierung	65.3	60.2	57.4	53.8	48.8	92.8	89.1	87.7	85.7	81.4
Nach Aktivierung	65.7	60.0	57.3	54.0	49.5	93.2	89.2	87.0	84.8	81.2

Tabelle 6: Mittelwerte der oben gezeigten Geschwindigkeits- und Schalldruckpegel-Perzentilwerte für die Motorradereignisse am Messpunkt 3 (50 km/h).

4.2.14 Mittelwerte der Geschwindigkeits- und Schalldruckpegelperzentilwerte für die PW

Tabelle 7 bis Tabelle 9 zeigen für die Personenwagen die Mittelwerte der oben gezeigten tageweisen Perzentilgrössen für die drei Perioden "vor Aktivierung des Displays", "während aktiviertem Display" und "nach Aktivierung des Displays".

	Geschwindigkeit [km/h]					Schalldruckpegel [dB]				
	1%	5%	10%	20%	50%	1%	5%	10%	20%	50%
Vor Aktivierung	90.0	83.7	81.0	77.7	70.7	91.8	90.0	89.2	87.8	85.8
Während Aktivierung	93.3	86.6	83.8	80.6	73.6	92.6	90.7	89.7	88.6	86.6
Nach Aktivierung	93.2	86.8	83.7	80.5	73.7	91.7	90.2	89.2	88.2	86.0

Tabelle 7: Mittelwerte der oben gezeigten Geschwindigkeits- und Schalldruckpegel-Perzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 1 (80 km/h).

	Geschwindigkeit [km/h]					Schalldruckpegel [dB]				
	1%	5%	10%	20%	50%	1%	5%	10%	20%	50%
Vor Aktivierung	61.2	55.5	53.3	50.7	47.0	80.8	78.7	77.7	76.7	74.5
Während Aktivierung	61.2	56.4	54.1	51.8	47.7	81.1	78.9	77.9	76.9	75.0
Nach Aktivierung	63.0	57.2	54.8	52.3	48.3	80.7	78.3	77.3	76.3	74.7

Tabelle 8: Mittelwerte der oben gezeigten Geschwindigkeits- und Schalldruckpegel-Perzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 2 (50 km/h).

	Geschwindigkeit [km/h]					Schalldruckpegel [dB]				
	1%	5%	10%	20%	50%	1%	5%	10%	20%	50%
Vor Aktivierung	63.8	58.7	56.0	53.5	49.5	86.2	81.8	80.5	79.2	77.0
Während Aktivierung	61.8	57.1	55.1	52.6	48.4	86.3	82.4	81.2	79.9	77.6
Nach Aktivierung	62.7	58.2	55.7	53.5	49.5	84.3	81.3	80.3	78.8	76.8

Tabelle 9: Mittelwerte der oben gezeigten Geschwindigkeits- und Schalldruckpegel-Perzentilwerte für die PW-Ereignisse am Messpunkt 3 (50 km/h).

4.2.15 Perzentilpegel als Differenzen zu Phase 1

Mit Phase 1 (Messbetrieb vor Displayaktivierung) als Referenz lassen sich aus den Mittelwerten der tagesweisen Perzentilpegel für die Phasen 2 (aktiviertes Display) und 3 (wieder deaktiviertes Display) Differenzen bilden, die als Displaywirkung interpretiert werden können (Abbildung 25 bis Abbildung 27). Im Unterschied zu der Auswertung in Tabelle 4 bis Tabelle 9 wurden hier nur die regenfreien Tage berücksichtigt. Während sich am Messpunkt 1 ein indifferentes Bild ergibt, sind an den Messpunkten 2 und 3 praktisch alle Differenzen negativ. Daraus kann eine erwünschte Displaywirkung zwischen rund 0.5 bis 1.5 dB abgeleitet werden, allerdings bleibt unklar, weshalb am Messpunkt 3 die Wirkung während Phase 3 grösser ist als während Phase 2.

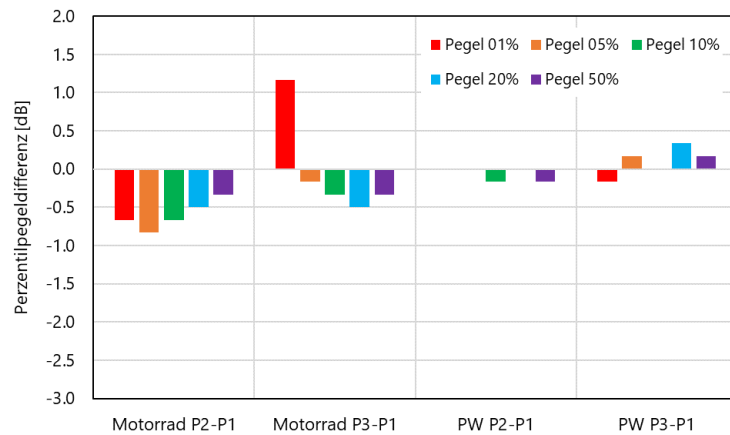


Abbildung 25: Perzentilpegeldifferenzen (1, 5, 10, 20, 50%) am Messpunkt 1 für die beiden Kategorien Motorräder und PW. P2-P1 steht für Phase 2 minus Phase 1, P3-P1 ist Phase 3 minus Phase1.

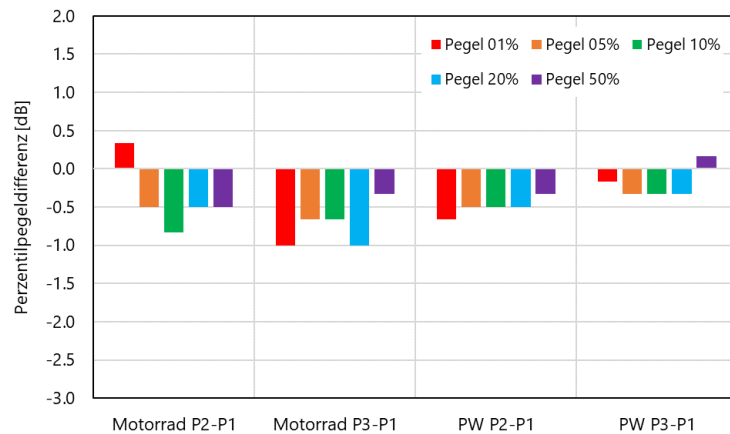


Abbildung 26: Perzentilpegeldifferenzen (1, 5, 10, 20, 50%) am Messpunkt 2 für die beiden Kategorien Motorräder und PW. P2-P1 steht für Phase 2 minus Phase 1, P3-P1 ist Phase 3 minus Phase1.

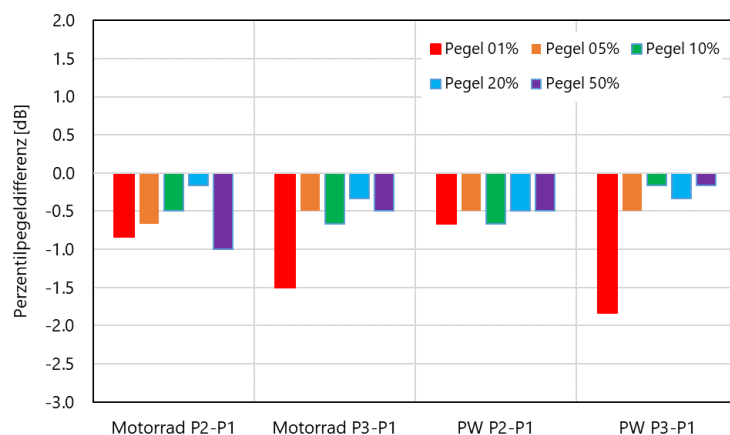


Abbildung 27: Perzentilpegeldifferenzen (1, 5, 10, 20, 50%) am Messpunkt 3 für die beiden Kategorien Motorräder und PW. P2-P1 steht für Phase 2 minus Phase 1, P3-P1 ist Phase 3 minus Phase1.

4.2.16 Geschwindigkeitsmodelle für die Motorräder und die PW

Abbildung 28 bis Abbildung 30 zeigen die Geschwindigkeits/Schalldruckpegel-Messpaare an den drei Standorten für die Motorräder und die PW. Man beachte, dass Topo-DD-Lärm sowohl die Geschwindigkeiten als auch die Schalldruckpegel nur als ganzzahlige Werte ausweist. Beim Messpunkt 3 in der Kategorie Motorräder fällt eine isolierte Punktgruppe in einem engen Geschwindigkeitsbereich rund um 20 km/h auf. Hierbei könnte es sich um falsch zugeordnete Fahrzeuge wie z.B. Mofas handeln, die an der spürbaren Steigung nicht mehr die volle Geschwindigkeit erreichen. In Abbildung 31 werden alle Geschwindigkeitsmodelle in einer Übersicht zusammengestellt. Die am steilsten verlaufende Kurve ist das Motorradmodell am Messpunkt 3. Dies weist auf ein niedertourigeres bzw. beschleunigtes Fahrverhalten an der leichten Steigung am Dorfausgang hin.

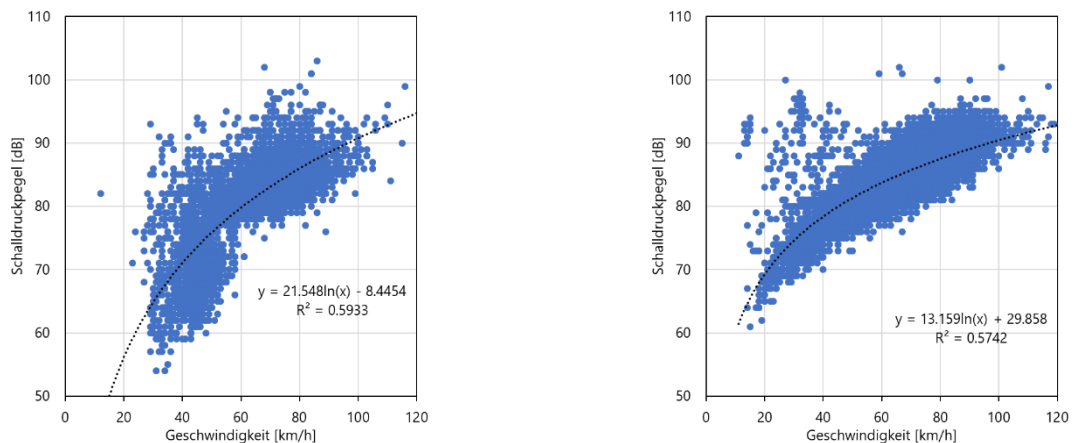


Abbildung 28: X-Y Darstellung der Geschwindigkeits/Schalldruckpegel-Paare am Messpunkt 1 für die Motorräder (links) und PW (rechts).

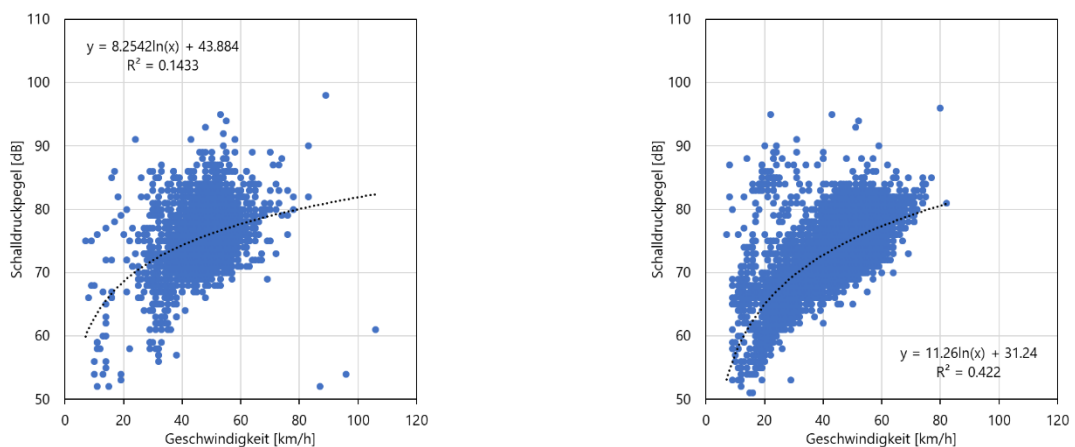


Abbildung 29: X-Y Darstellung der Geschwindigkeits-Schalldruckpegel-Paare am Messpunkt 2 für die Motorräder (links) und PW (rechts).

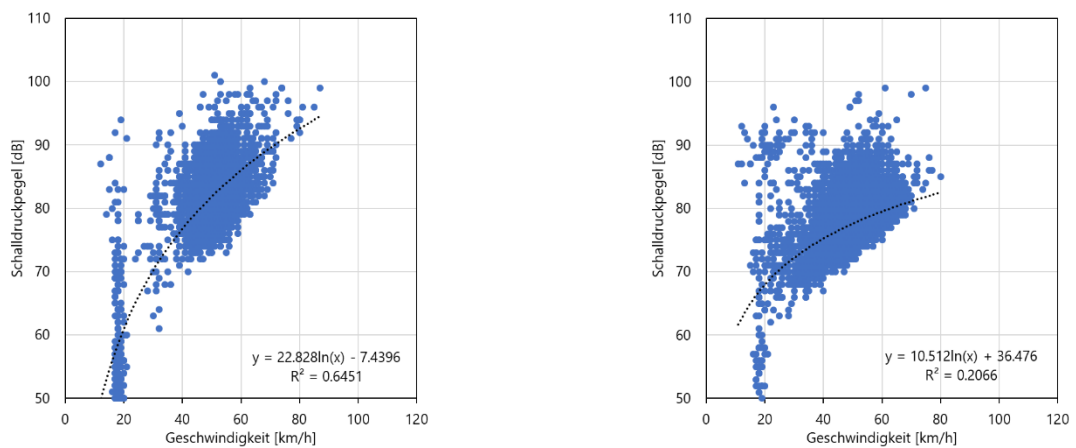


Abbildung 30: X-Y Darstellung der Geschwindigkeits-Schalldruckpegel-Paare am Messpunkt 3 für die Motorräder (links) und PW (rechts).

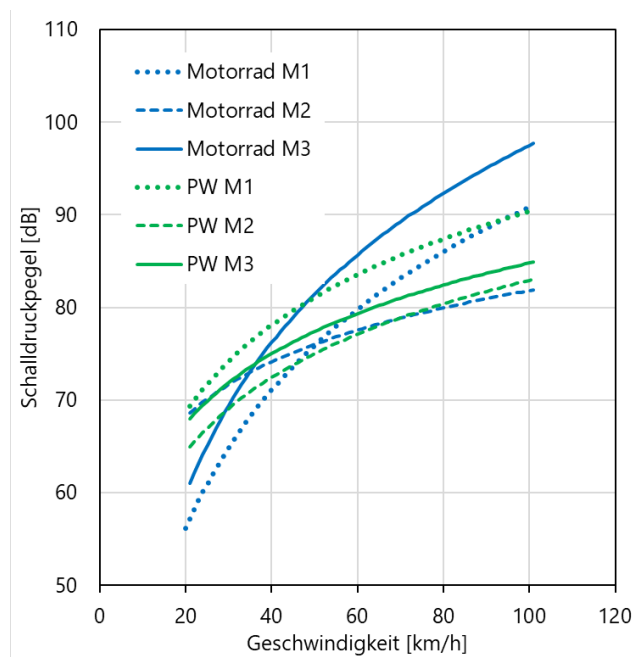


Abbildung 31: Zusammenstellung der Motorrad- und PW-Geschwindigkeitsmodelle an allen drei Messpunkten M1 bis M3.

4.2.17 Ergänzende Analyse zur Wahrscheinlichkeit, dass ein lautes Fahrzeug an allen Standorten laut ist

Diese Analyse untersucht, ob Fahrzeuge, die an einem Messpunkt hohe Schalldruckpegel erzeugen, auch an den anderen Messpunkten zu den "lauten" Fahrzeugen gehören. Da anhand der zur Verfügung stehenden Daten keine eigentliche Fahrzeugidentifikation und damit Verfolgung von einem Messpunkt zum anderen möglich ist, wurde ein Test implementiert, der prüft, ob innerhalb eines plausiblen Zeitfensters am anderen Standort ebenfalls ein "lauter" Kandidat aufgetreten ist.

Als Bezugsstandort wurde Messpunkt 3 gewählt. In einem ersten Schritt wurde für diesen Punkt eine Liste der "lauten" Ereignisse erstellt. In die Liste aufgenommen wurden Vorbeifahrten, deren Pegel über den tageweise ausgewerteten 5% Perzentilwerten lagen. Analoge Listen wurden für die Messpunkte 2 und 1 generiert. Basierend auf einer geschätzten Distanz zwischen M3 und M2 von 450 m, die bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h in 32 Sekunden zurückgelegt wird, wurde ausgehend von der Ereigniszeit t_3 an M3 ein Zeitintervall $t_3-54 \dots t_3-20$ Sekunden definiert, in welchem in der Liste von M2 nach einem "lauten" Ereignis gesucht wurde. Die Distanz zwischen M3 und M1 beträgt rund 1550 m, wovon 400 m in der Achtziger-Zone verlaufen. Mit einem langsamen und einem schnellen Durchfahrtsszenario kann hier ein Zeitintervall $t_3-162 \dots t_3-66$ Sekunden für die Suche bei M1 festgelegt werden.

Die Auswertung wurde in zwei Stufen vorgenommen. In Stufe 1 wurde geprüft, wie hoch der Anteil an den bei M3 "lauten" Fahrzeugen ist, denen auch ein "lauter" Kandidaten bei M2 zugeordnet werden kann. In Stufe 2 wurde geprüft, wie hoch der Anteil an bei M3 "lauten" Fahrzeugen ist, denen auch ein "lauter" Kandidat bei M2 und ein "lauter" Kandidat bei M1 zugeordnet werden kann. Abbildung 32 zeigt die tageweise aufgeschlüsselten Ergebnisse für Motorräder, in Abbildung 33 sind die Daten für Personenwagen gezeigt.

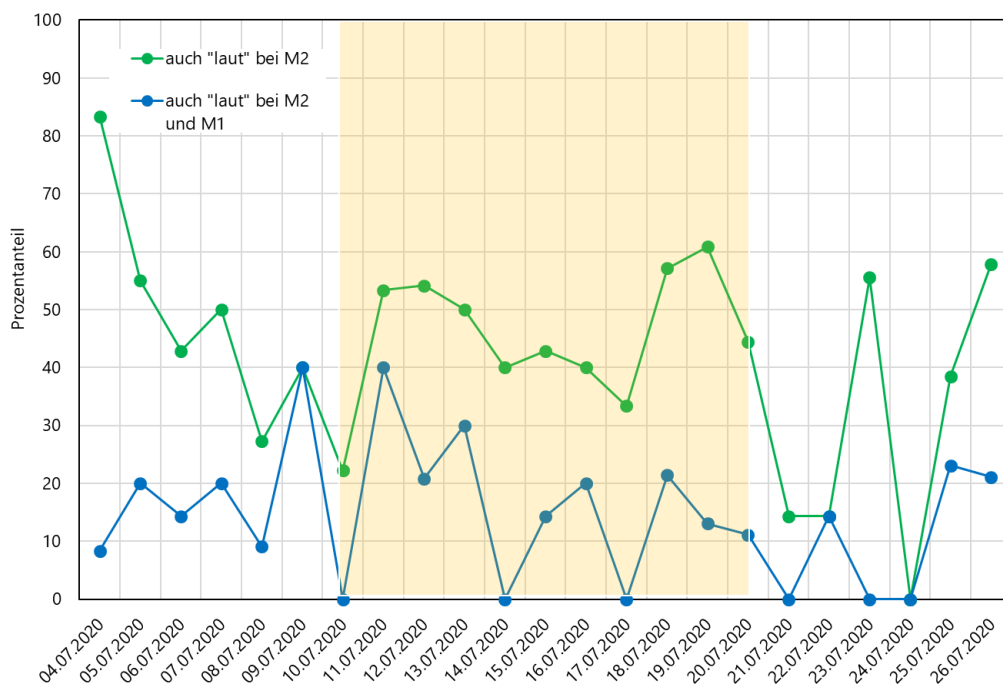


Abbildung 32: Tageweise Anteile von aus Sicht M3 auch an M2 und M1 "lauten" Motorrädern. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

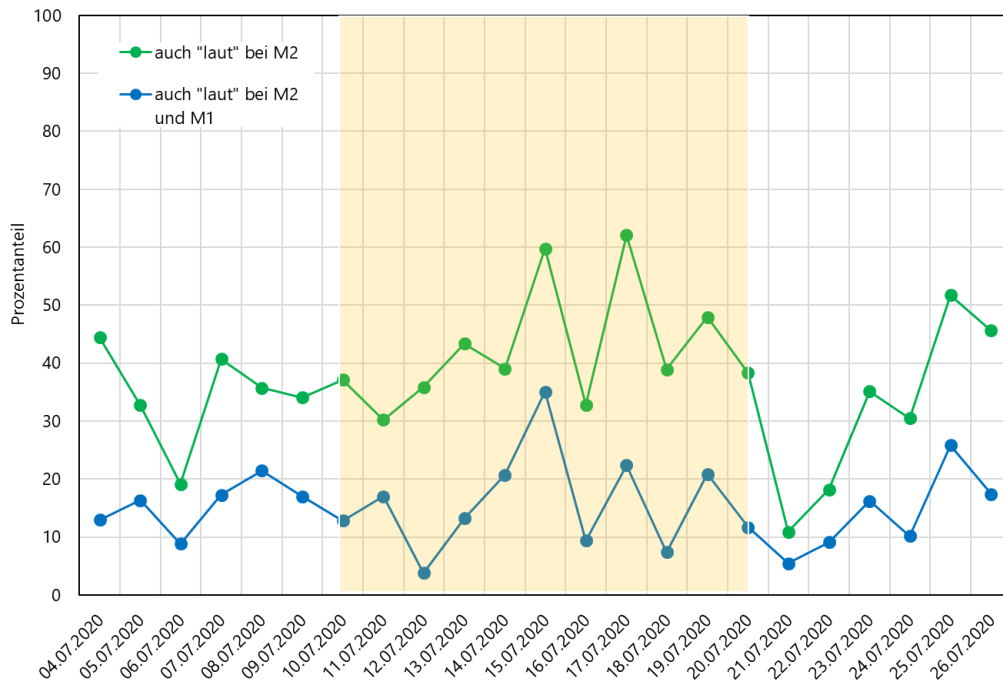


Abbildung 33: Tageweise Anteile von aus Sicht M3 auch an M2 und M1 "lauten" Personenwagen. Gelb unterlegt ist die Periode mit eingeschaltetem Display.

5 Diskussion

Die Basis-Analyse der Perzentilwerte zeigt, dass bei Motorrädern das lauteste Prozent im Vergleich zum Medianwert rund 10 dB höhere Emissionen erzeugt hat. Ein 10 dB lauterer Motorrad entspricht 10 Median-Motorrädern. Wahrnehmungsbezogen wird ein 10 dB lauterer Ereignis als doppelt so laut empfunden.

Überdies fällt auf, dass in Phase 1 teilweise tiefere mittlere Geschwindigkeiten gefahren wurden als in Phase 3. Die naheliegende Vermutung, dass dies mit den meteorologischen Bedingungen erklärt werden kann, lässt sich mit Blick auf die Wetterdaten der fraglichen Periode aber nicht bestätigen. Es dürfte sich um eine zufällige Streuung handeln.

Die häufigsten Displaymeldungen am Messpunkt 2 betrafen die Geschwindigkeit. So haben rund ein Drittel der Motorradfahrerinnen und -fahrer die "zu schnell" Meldung gesehen, bei den Personenwagen betraf es rund ein Viertel. Deutlich seltener, nämlich nur bei 5% der Motorradvorbeifahrten wurde die "zu laut" Meldung gezeigt. Bei den PW überschritten weniger als 1% die "zu laut" Schwelle.

Die Analyse der standortvergleichenden "zu laut" Ereignisse suggeriert, dass "zu laut" eine Fahrzeug/Fahrerin/Fahrer-Eigenschaft ist, d.h. insbesondere bei den beiden Innerortsmesspunkten M2 und M3 gilt, dass bei einer lauten Durchfahrt eines Fahrzeuges bei M2 auch bei M3 eher mit einer lauten Vorbeifahrt zu rechnen ist.

Die Mittelwerte der tageweisen Perzentilwerte zeigen an den beiden Messpunkten 2 und 3 während den Phasen 2 und 3 rund 0.5 bis 1.5 dB tiefere Pegel als während Phase 1, was auf eine geringe aber erwünschte Displaywirkung hinweist.