

# **Studie zur Wirkung des Motorradlärms auf die betroffene Wohnbevölkerung im ländlichen Raum von Baden-Württemberg**

Ausschreibungs-ID: CXP4YNBD1QB

2021/0600

## **Auftraggeber**

Ministerium für Verkehr  
Baden-Württemberg  
Dorotheenstraße 8  
70173 Stuttgart

## **Projektbearbeitung**

ZEUS GmbH,  
Zentrum für angewandte Psychologie,  
Umwelt- und Sozialforschung  
Sennbrink 46, 58093 Hagen

und

LÄRMKONTOR GmbH  
Altonaer Poststr. 13b  
22767 Hamburg

Titel: Studie zur Wirkung des Motorradlärms auf die betroffene Wohnbevölkerung im ländlichen Raum von Baden-Württemberg

Auftraggeber:

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg  
Dorotheenstraße 8, 70173 Stuttgart

Projektbearbeitung

ZEUS GmbH,  
Zentrum für angewandte Psychologie,  
Umwelt- und Sozialforschung  
Sennbrink 46, 58093 Hagen

Tel.: 02331 – 47 87 194  
Email: [info@zeusgmbh.de](mailto:info@zeusgmbh.de)  
URL: <https://www.zeusgmbh.de/>

und

LÄRMKONTOR GmbH  
Altonaer Poststr. 13b  
22767 Hamburg

Tel.: 040 - 38 999 40  
Email: [hamburg@laermkontor.de](mailto:hamburg@laermkontor.de)  
URL: <https://laermkontor.de/>

Autorschaft:

Sarah Leona Benz, Christian Popp, Frank Heidebrunn, Wolfgang Wack, Julia Kuhlmann, Dirk Schreckenberg

Datum:

27.07.2023

# Inhalt

Inhalt .....	3
Abbildungsverzeichnis .....	6
Tabellenverzeichnis .....	9
Zusammenfassung .....	10
1 Anlass und Aufgabenstellung .....	12
2 Literaturanalyse zum Motorradlärm .....	12
2.1 Methodik der Literatursuche .....	13
2.2 Ergebnisse .....	14
2.2.1 Lärmwirkung von Motorradlärm .....	15
2.2.2 Belästigende Geräuschcharakteristika .....	16
2.2.3 Erholungsstörung durch Motorradlärm .....	16
2.2.4 Notwendigkeit eines saisonalen Richtwertes .....	17
2.2.5 Zusammenfassung .....	17
3 Sozio-akustische Bevölkerungsbefragung .....	18
3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete .....	18
3.2 Darstellung der Untersuchungsgebiete .....	21
3.2.1 Engen .....	21
3.2.2 Oppenau .....	23
3.2.3 Gernsbach .....	24
3.2.4 Gaggenau - Michelbach .....	25
3.2.5 Güdingen .....	27
3.3 Design der Bevölkerungsbefragung .....	29
3.3.1 Ablauf .....	29
3.3.2 Befragungsinhalte .....	30
3.3.3 Experience-Sampling-Methode .....	30
3.3.4 Beschreibung der MotoApp .....	32
3.3.5 Statistische Auswertung .....	32
4 Ermittlung der akustischen Kenngrößen .....	34
4.1 Beurteilungspegel .....	34
4.2 Stündliche, fahrzeugklassenbezogene Beurteilungspegel .....	35
5 Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung .....	37
5.1 Deskriptive Ergebnisse zur Stichprobe .....	37

5.2 Langzeitbefragung .....	41
5.2.1 Zusammenhänge zwischen Straßenverkehrspegel, Belästigungsvariablen und weiteren relevanten Aspekten .....	42
5.2.2 Expositions-Wirkungskurven zwischen Straßenverkehrslärmpegeln und Wirkungsvariablen in der Langzeitbefragung .....	44
5.3 Kurzzeitbefragung MotoApp.....	46
5.3.1 Deskriptive Übersicht über Schlüsselvariablen .....	48
5.3.2 Zusammenhänge zwischen 1-h-Pegeln und Stundenurteile der Belästigung ...	52
5.3.3 Expositions-Wirkungsbeziehung für $L_{Aeq,1h}$ und %HA <sub>V</sub> der Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus in der Kurzzeitbefragung .....	53
5.3.4 Subgruppenanalysen der Expositions-Wirkungsbeziehung der Belastung durch Motorradlärm .....	54
5.3.5 Tagesverlaufsanalysen: Wirkung der Belastung durch Lärm verschiedener Fahrzeugtypen im Tagesverlauf.....	55
6 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	58
7 Ableitung von Empfehlungen .....	59
7.1 Einleitendes.....	59
7.2 Geräuschbelastung .....	60
7.2.1 Einflüsse auf die Geräuschbelastung.....	60
7.2.2 Einflüsse auf die Lärmbelästigung .....	60
7.3 Atypik von Motorradlärm .....	61
7.3.1 Rechtlich geprägter Ansatz.....	61
7.3.2 Akustischer Ansatz.....	61
7.3.3 Akustisch-wirkungsbasierter Ansatz.....	62
7.4 Belästigungs- und Störwirkung von Motorradlärm .....	64
7.5 Empfehlungen.....	65
8 Literatur .....	67
Anhang .....	71
Anhang A: Pressemitteilung zur Ankündigung der Motorrad-Studie im Auftrag des Verkehrsministerium Baden-Württemberg.....	71
Anhang B: Fragebogen Langzeitbefragung.....	72
Anhang C: Fragebogen MotoApp .....	82
Anhang D: Screenshots der MotoApp .....	86
Anhang E: Ergebnisse .....	87
E1: Ergebnisse Reliabilität.....	87
E2: Deskriptive Darstellung der Fragen zum Place Attachment.....	88

E3: Deskriptive Darstellung der Fragen zum Umgang mit Motorradlärm.....	89
E4: Häufigkeitsangaben 12-Monatbelästigung durch verschiedene Straßenverkehrslärmquellen .....	90
E5: Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Lärm verschiedener Straßenverkehrstypen belästigt zu werden in Abhängigkeit des Straßenverkehrspegel $L_{DEN}$ .....	91
E6: Gruppenunterschiede Teilnehmende vs. Nicht-TN an MotoApp-Befragung .....	92
E7: Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Motorradlärm belästigt zu werden und Motorrad $L_{Aeq,1h}$ in Abhängigkeit vom Besitz eines Motorradführerscheins.....	94
E8: Darstellung Emissionspegelverteilung über zehn Untersuchungstage an den 12 Messpunkten .....	95

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Flussdiagramm zum Vorgehen bei der systematischen Literaturrecherche nach der PRISMA-Methode (Moher et al., 2009).....	13
Abbildung 2. Exemplarische Darstellung von Untersuchungsgebiet (rote Umrandung) und Motorradstrecke (gelbe Linie).....	20
Abbildung 3. Kartenausschnitt mit Überblick über die vorausgewählten Untersuchungsgebiete.....	20
Abbildung 4. Karte der ausgewählten Untersuchungsgebiete in Baden-Württemberg .....	21
Abbildung 5. Karte des Untersuchungsgebiet in Engen .....	22
Abbildung 6. Messpunkte 1 und 2 im Untersuchungsgebiet Engen .....	22
Abbildung 7. Karte des Untersuchungsgebiets in Oppenau.....	23
Abbildung 8. Messpunkt 3 im Untersuchungsgebiet Oppenau .....	23
<i>Abbildung 9. Karte des Untersuchungsgebiet in Gernsbach .....</i>	24
Abbildung 10. Messpunkte im Untersuchungsgebiet in Gernsbach.....	25
Abbildung 11. Karte des Untersuchungsgebiets in Gaggenau-Michelbach .....	26
Abbildung 12. Messpunkte im Untersuchungsgebiet in Gaggenau-Michelbach .....	27
Abbildung 13. Karte des Untersuchungsgebiet in Güglingen.....	28
Abbildung 14. Messpunkte im Untersuchungsgebiet Güglingen.....	29
Abbildung 15. Durchschnittliche Lärmbelästigung durch verschiedene Straßenverkehrslärmquellen in den vergangenen 12 Monaten.....	41
Abbildung 16. Durchschnittliche Belästigung durch einzelne Aspekte des Motorradverkehrs.....	42
Abbildung 17. Korrelationen zwischen Straßenverkehrslärmpegeln $L_{DEN}$ , $L_{Aeq,Tag}$ , $L_{Aeq,Nacht}$ und der 12-Monatsbelästigung durch einzelne Straßenverkehrsquellen .....	43
Abbildung 18. Korrelationen zwischen der 12-Monatsbelästigung durch Motorradverkehr und der Bewertung einzelner Aspekte von Motorradverkehr/-geräuschen .....	43
Abbildung 19. Expositions-Wirkungsbeziehung für $L_{Aeq,Tag}$ des Straßenverkehrslärms und %HA <sub>V</sub> durch die Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus, landwirtschaftlichen Verkehr und Straßenverkehr insgesamt .....	45
Abbildung 20. Expositions-Wirkungsbeziehung für den $L_{Aeq,Nacht}$ und %HSD durch Motorradlärm beim Einschlafen, Störungen beim Durchschlafen und Störungen beim Ausschlafen .....	46

Abbildung 21. Gesamte Befragungsteilnahmen (N=6.732) in der MotoApp getrennt nach Untersuchungsgebieten und Datum .....	47
Abbildung 22. Befragungsteilnahmen in der MotoApp zu denen die befragte Person angab, sich zuhause aufzuhalten (N=4.040) getrennt nach Untersuchungsgebieten und Datum .....	48
Abbildung 23. Anteilige Häufigkeit der Ausprägungen der Belästigungsskala für die fünf Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus, landwirtschaftlicher Verkehr aufgeteilt nach Untersuchungsgebieten für die zehn Untersuchungstage.....	50
Abbildung 24. Anzahl der gewählten Ausprägungen zu störenden Aspekten des Motorradlärms für die fünf Untersuchungsgebiete an den zehn Untersuchungstagen.....	51
Abbildung 25. Anteil der fünf Ausprägungen der Skala zur Belästigung durch Motorradlärm für jede Befragungsstunde im Tagesverlauf und über die zehn Untersuchungstage hinweg getrennt nach Untersuchungsgebiet .....	52
Abbildung 26. Korrelationen zwischen 1-h-Lärmpegeln $L_{Aeq,1h}$ Motorrad, $L_{Aeq,1h}$ PKW, $L_{Aeq,1h}$ LKW, $L_{Aeq,1h}$ Bus und den korrespondierenden 1h-Belästigungsangaben .....	52
Abbildung 27. Expositions-Wirkungsbeziehung für $L_{Aeq,1h}$ der Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus und %HA <sub>V</sub> der korrespondierenden Fahrzeugtypen .....	53
Abbildung 28. Expositions-Wirkungskurve für Motorrad $L_{Aeq,1h}$ und %HA <sub>V</sub> durch Motorradlärm getrennt nach Aufenthaltsort der befragten Person .....	54
Abbildung 29. Durchschnittliche Stundenlärmelästigung durch Motorradlärm bei gleichem Stundenpegel im Tagesverlauf in Abhängigkeit des Aufenthaltsorts zuhause (drinnen vs. draußen) .	56
Abbildung 30. Durchschnittliche Stundenlärmelästigung bei gleichem Stundenpegel im Tagesverlauf (Lärmelästigung kontrolliert um den Effekt des Pegels) .....	57
Abbildung 31. Durchschnittliche Störung bei verschiedenen Aktivitäten bei gleichem Stundenpegel im Tagesverlauf .....	58
Abbildung 32. Pegelunterschied Lkw2/Krad zu Pkw .....	62
Abbildung 33. Unterschiede hoher Lärmelästigung Montag bis Freitag und am Wochenende ( $L_{Aeq, 1h}$ = stündlicher, fahrzeugklassenbezogener Beurteilungspegel am Gebäude der Befragten).....	63
Abbildung 34. Ableitung von Richtwerten anhand der Wahrscheinlichkeit hoher Belästigung durch verschiedene Fahrzeugtypen werktags und am Wochenende ( $L_{Aeq, 1h}$ = stündlicher, fahrzeugklassenbezogener Beurteilungspegel am Gebäude der Befragten).....	65
Abbildung 35. Häufigkeitsverteilung der 12-Monats-Lärmelästigung in Prozent.....	90
Abbildung 35. Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Lärm verschiedener Straßenverkehrstypen belästigt zu werden in Abhängigkeit des Straßenverkehrspegel $L_{DEN}$ .....	91
Abbildung 36. Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Motorradlärm belästigt zu werden und Motorrad $L_{Aeq,1h}$ in Abhängigkeit vom Besitz eines Motorradführerscheins.	94

Abbildung 37. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 1 .....	95
Abbildung 38. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 2 .....	95
Abbildung 39. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 3 .....	96
Abbildung 40. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 4 .....	96
Abbildung 41. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 5 .....	97
Abbildung 42. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 6 .....	97
Abbildung 43. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 7 .....	98
Abbildung 44. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 8 .....	98
Abbildung 45. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 9 .....	99
Abbildung 46. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 10 .....	99
Abbildung 47. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 11 .....	100
Abbildung 48. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 12 .....	100

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Überblick über die gefundene Literatur .....	14
Tabelle 2. Auswahlkriterien zur Prüfung der Eignung der Untersuchungsgebiete .....	19
Tabelle 3. Zuteilung der Benachrichtigungszeitpunkte nach Gruppen .....	32
Tabelle 4. Durchschnittliche Verkehrszahlen der Motorradstrecken in den ausgewählten Untersuchungsgebieten .....	35
Tabelle 5. Übersicht der bei Zählungen erfassten Fahrzeugtypen zu ausgewerteten Fahrzeugklassen .....	36
Tabelle 6. Rücklauf der fünf Untersuchungsgebiete .....	37
Tabelle 7. Übersicht über die Gesamtstichprobe .....	38
Tabelle 8. Motorradnutzung der Befragungsteilnehmenden .....	39
Tabelle 9. Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen .....	39
Tabelle 10. Einstellung gegenüber Motorradverkehr .....	40
Tabelle 11. Korrelationen zwischen Belästigung durch Motorradlärm in den letzten 12 Monaten und Aktivitätenstörungen, Place Attachment, Einstellungen und Variablen der Wohnumgebung .....	44
Tabelle 12. Deskriptive Daten der gemittelten stündlichen Werte der Emissionen an Messpunkten durch die Fahrzeugtypen zwischen 08-20 Uhr .....	48
Tabelle 13. Reliabilität einzelner Skalen und Subskalen .....	87
Tabelle 14. Place Attachment .....	88
Tabelle 15. Umgang mit Motorradlärm .....	89
Tabelle 16. T-Test-Tabelle für Gruppenunterschiede zwischen TN und Nicht-TN an MotoApp Befragung (Welch T-Test) .....	92
Tabelle 17. Prüfung von Gruppenunterschieden zwischen Teilnehmenden an der MotoApp-Befragung vs. Nicht-Teilnehmenden mittels Kovarianzanalyse .....	92

## Zusammenfassung

Belästigung durch Motorradlärm ist insbesondere in für das Motorradfahren attraktiven Gebieten ein wachsendes Problem. Anders als andere Straßenverkehrslärmquellen ist die Geräuschbelastung durch Motorräder saisonabhängig und führt insbesondere in den Sommermonaten zu einer erheblichen Belästigung in der betroffenen Wohnbevölkerung, da hier viele Motorradfahrer:innen das gute Wetter nutzen und Ausflüge unternehmen (Lechner & Schnaiter, 2019). Bislang genutzte Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Geräuschsituation eignen sich daher nur bedingt zur Erfassung von Motorradlärm. Eine Expositions-Wirkungskurve wie für andere Verkehrslärmquellen gibt es zudem für Motorradlärm bislang für Deutschland nicht.

In diesem Vorhaben wurde in einer Literaturanalyse eine Bestandsaufnahme zu vorhandenen Studien, die neben der Motorradlärmbelästigung auch die Exposition erfassen, durchgeführt, um ein ganzheitliches Bild über die Expositions-Wirkungsbeziehungen zum Motorradlärm zu erhalten. Insgesamt wurden 9 relevante Artikel identifiziert. Davon beziehen sich die meisten Studien auf Laborforschung und nur wenige erfassen die Wirkung von Motorradlärm im Feld. Die identifizierten Studien zeigen, dass Motorradlärm eine höhere Belästigung und eine stärkere Störung hervorruft als andere Straßenverkehrslärmquellen (z. B. Lechner & Schnaiter, 2019). Psychoakustische Untersuchungen haben einige Geräuschcharakteristika identifiziert, die die höhere Belästigung durch Motorradgeräusche erklären könnten (z. B. Czedik-Eysenberg et al., 2015; Paviotti & Vogiatzis, 2012; UBA, 2020).

Es wurde eine Bevölkerungsbefragung in fünf ländlichen Gebieten von Baden-Württemberg durchgeführt, um die Lärmelastigung der Bevölkerung an vielbefahrenen Motorradstrecken abzubilden. Zur Gebietsauswahl dienten verschiedene Auswahlkriterien, u.a. die Abwesenheit von anderen dominanten Lärmquellen außer Straßenverkehrslärm (z.B. Industrie oder Windenergieanlagen), die Abwesenheit weiterer Emissionen wie Biogasanlagen, Starkstrommasten und ähnlichem sowie keine Baustellen im Untersuchungszeitraum, die einen direkten Einfluss auf den Streckenverlauf haben.

Die Bevölkerungsbefragung war in zwei Untersuchungsbestandteile gegliedert: einer Langzeiterhebung zur Erfassung der Langzeitwirkung von Motorradlärm und einer Kurzzeiterhebung, um Einblick in die akuten Reaktionen auf Motorradlärm zu erhalten, bei der darüber hinaus die Urteile im entsprechenden Setting und näher an den Einzelereignissen erfasst werden können. Die Langzeitwirkung von Motorradlärm wurde mittels einer Befragungsstudie – wahlweise schriftlich-postalisch oder online – von Mai bis Juni 2022 erfasst. Die Kurzzeitwirkung von Motorradlärm wurde im Anschluss über einen Zeitraum von 10 Tagen mit der smartphone-gestützten MotoApp im Juli 2022 erhoben. Die Verkehrslärmpegel wurden für die Langzeiterhebung aus Verkehrsmengenerfassungen adressgenau nach RLS-19 berechnet, für die Mobile-App-Studie wurden Lärmpegel verschiedener Fahrzeugtypen durch Messungen während der Untersuchungstage ermittelt und hieraus durch Ausbreitungsberechnungen Immissionspegel für die Wohngebäude der Untersuchungspersonen abgeleitet.

Insgesamt nahmen 493 Personen aus den fünf Untersuchungsgebieten an der Langzeiterhebung teil. Davon nahmen 213 an der nachfolgenden MotoApp-Studie teil. Die Ergebnisse der Langzeiterhebung legen nahe, dass die Belästigung durch Motorradlärm im Sommer, an Wochenendtagen und vor allem am Nachmittag stärker eingeschätzt wird. Am störendsten wird hochtouriges Fahren bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen bewertet, gefolgt von schnellem, rücksichtslosem Fahren. Zwischen dem

Beurteilungspegel  $L_{Aeq,Tag}$  und der Belästigung durch Motorradlärm zeigt sich eine niedrige Korrelation. Zu beachten ist, dass es sich in der Langzeiterhebung nicht um die Einzelquellenpegel (Motorrad, Pkw, Lkw, etc.) handelt, sondern um die Geräuschpegel des gesamten Straßenverkehrs. Weiterhin zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen der Belästigung durch Motorradlärm und der Einstellung zu Motorradverkehr: je zutreffender Aussagen mit positiver Wertung des Motorradverkehrs eingestuft wurden, desto geringer war die Belästigung durch Motorradlärm. Bei negativ ausgedrückten Einstellungsaussagen zum Motorradverkehr zeigte sich umgekehrt, dass je stärker die Zustimmung war, desto höher war auch die Belästigung durch Motorradlärm.

Expositions-Wirkungskurven wurden berechnet für die Wahrscheinlichkeit, durch verschiedene Straßenverkehrslärmquellen hoch belästigt zu sein in Abhängigkeit des Straßenverkehrslärmpegel. Als hoch belästigt wurden dabei die Personen eingestuft, die auf der 5-stufigen Beurteilungsskala zur Lärmelbelästigung nach ISO-TS 15666 eine der obersten zwei Antwortstufen nannten. Es zeigt sich, dass die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Motorradlärm belästigt zu sein, deutlich über den Kurven für andere Straßenverkehrsfahrzeugtypen lag. Bei der Interpretation der Expositions-Wirkungskurven ist zu beachten, dass die Belästigung durch den Lärm verschiedene Fahrzeugtypen auf Beurteilungspegel des gesamten Straßenverkehrslärms bezogen werden. Der Straßenverkehrslärmpegel enthält unterschiedliche Anteile an Fahrzeugtypen, was bei der Interpretation der Expositions-Wirkungskurven zur Lärmelbelästigung in der Langzeitstudie zu beachten ist.

In der Kurzzeiterhebung beurteilten Teilnehmende über einen Zeitraum von 10 Tagen bis zu 6-mal am Tag den Grad ihrer Belästigung durch verschiedene Straßenverkehrslärmarten. Die Befragungszeiten wurden über die 10 Untersuchungstage so gewählt, dass insgesamt Stundenbelästigungsurteile erhoben wurden, welche die Tagesstunden im Zeitraum von 8 bis 20 Uhr abdecken. Separate Analysen für Wochentage und Wochenendtage zeigen, dass die Expositions-Wirkungskurven für die Belästigung durch Motorradlärm über den Kurven der anderen Straßenverkehrsfahrzeugtypen liegen. Die Belästigung durch Motorradlärm unterliegt zudem zeitlichen Schwankungen: An den Wochenenden ist die Wahrscheinlichkeit hoher Belästigung durch Motorradlärm deutlich höher als montags bis freitags; der Unterschied gegenüber hoher Belästigung durch Pkw-Lärm entspricht einer Pegeldifferenz zugunsten des Pkw-Lärms in Höhe von 15 bis 18 dB. Betrachtet man die Untersuchungszeiten, so erweist sich Motorradlärm besonders an Wochenendtagen, Sonn- und Feiertagen sowie in den Nachmittagsstunden im Vergleich zu übrigen Zeiten als belästigender.

Damit unterstützen die Ergebnisse die Befunde der Langzeiterhebung und korrespondieren weiterhin mit den Ergebnissen der Außerfern-Studie von Lechner und Schnaiter (2019). Die Ergebnisse lassen schlussfolgern, dass die Belästigung durch Motorradlärm ein jahreszeitlich bedingtes Problem zu sein scheint, das durch den jahresgemittelten Beurteilungspegel nicht wirkungsgerecht erfasst wird, das heißt, die Belästigung, die Motorradlärm in der Bevölkerung auslöst, damit unterschätzt wird.

Auf Basis der Ergebnisse sowie aus der Literatur kann unterstellt werden, dass der Motorradverkehr im Vergleich zu anderen Straßenverkehrslärmquellen lauter ist sowie als belästigender beurteilt wird. Insgesamt erscheint ein Pegelzuschlag für Motorradlärm von mindestens 5-10 dB im Vergleich zum Pkw-Verkehr gerechtfertigt. Betrachtet man die Belästigung durch Motorradlärm im Tagesverlauf, zeigt sich die Zeit zwischen 12 und 20 Uhr vor allem kritisch für eine erhöhte Lärmelbelästigung durch Motorradlärm. Als Handlungsempfehlung zum Umgang mit Motorradlärm ergibt sich, Lärmminderungsmaßnahmen auf diesen Zeitraum abzustellen.

# 1 Anlass und Aufgabenstellung

Lärmbelästigung zählt zu den Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Umgebungslärm und kann langfristig die Entwicklung von stressbedingten Krankheiten fördern und begünstigen. Die Reduzierung des Verkehrslärms ist daher von hoher Bedeutung. Dies soll nicht nur die gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Verkehrslärm mindern bzw. weitestgehend vermeiden, sondern auch die Lebensqualität der Bevölkerung sichern bzw. verbessern.

Wenngleich der Motorradverkehr in Deutschland im Vergleich zu anderen Straßenverkehrsarten weniger häufig auftritt, ist die Belästigung durch Motorradlärm insbesondere in für das Motorradfahren attraktiven Gebieten ein wachsendes Problem. Bisherige Studien zu den Auswirkungen von Motorradlärm haben gezeigt, dass Motorradlärm bei gleichem Beurteilungspegel als belästigender wahrgenommen wird als beispielsweise der Lärm von Pkw (Lechner & Schnaiter, 2019). Hinzu kommt, dass Motorradlärm insbesondere abends und nachts auch bei niedrigeren Geräuschpegeln zu einer höheren Belästigung führt als der Lärm von Pkw (Lechner & Schnaiter, 2019). Die stärkere Belästigungswirkung von Motorrädern scheint unter anderem auf die wahrgenommene Lautheit und Rauigkeit der Geräusche zurückführbar zu sein (Czedik-Eysenberg, Knauf & Reuter, 2015).

Anders als andere Straßenverkehrslärmquellen ist die Motorradlärmbelastung saisonabhängig und führt insbesondere in den Sommermonaten zu einer erheblichen Belästigung, da hier viele Motorradfahrer:innen das gute Wetter nutzen und Ausflüge unternehmen (Lechner & Schnaiter, 2019). Bislang genutzte Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Geräuscsituation eignen sich daher nur bedingt zur Erfassung von Motorradlärm. Eine Expositions-Wirkungskurve wie für andere Verkehrslärmquellen gibt es zudem für Motorradlärm bislang für Deutschland nicht.

In diesem Vorhaben wurde mittels einer sozio-akustischen Studie für den ländlichen Raum von Baden-Württemberg die Wirkung von Motorradlärm untersucht. Ein besonderes Anliegen war, hierbei die Expositions-Wirkungsbeziehung zur Belästigung durch Motorradlärm aufzuzeigen. Zunächst wurde der aktuelle Stand der Forschung zur Wirkung von Motorradlärm auf die betroffene Bevölkerung mittels einer Literaturanalyse aufbereitet und dargelegt. Zur Vorbereitung einer Bevölkerungsbefragung wurden Untersuchungsgebiete identifiziert und die Lärmbelastung durch den Straßenverkehr erhoben. Die Erhebung der Beeinträchtigung durch Motorradlärm erfolgte mittels einer quantitativen Befragung kombiniert mit Lärmpegelmessungen zur Erfassung der Belastung vor Ort. Aus den Ergebnissen wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet und insbesondere zur Reduzierung der Belästigung durch Motorradlärm geeignete Maßnahmen herausgearbeitet.

# 2 Literaturanalyse zum Motorradlärm

Einige Studien haben bereits gezeigt, dass Motorradlärm zu mehr Belästigung führt als andere Straßenverkehrslärmquellen (z. B. RIVM, 2020; Infratest, 1993; Weinert et al., 2015). Im Rahmen einer Literaturanalyse wurde eine Bestandsaufnahme zu vorhandenen Studien, die neben der Belästigung durch Motorradlärm auch die Exposition erfassen, durchgeführt, um ein ganzheitliches Bild über die Expositions-Wirkungsbeziehungen zum Motorradlärm zu erhalten.

## 2.1 Methodik der Literatursuche

Für die Literatursuche wurden deutsche und englische Suchbegriffe verwendet, um sowohl relevante nationale als auch internationale Literatur berücksichtigen zu können. Der Prozess der Literatursuche wurde angelehnt an das PRISMA-Statement (Moher et al., 2009). Die Suche erfolgte in einschlägigen Fachdatenbanken. Neben den im Rahmen der Datenbankrecherchen gefundenen Artikeln wurde zusätzlich in einschlägigen Tagungsbänden von wissenschaftlichen Tagungen und Konferenzen (z. B. ICBEN, Inter-Noise, Euro-Noise) nach geeigneten Studien gesucht. Abbildung 1 zeigt die Vorgehensweise und gibt einen Überblick über die gefundene Literatur.

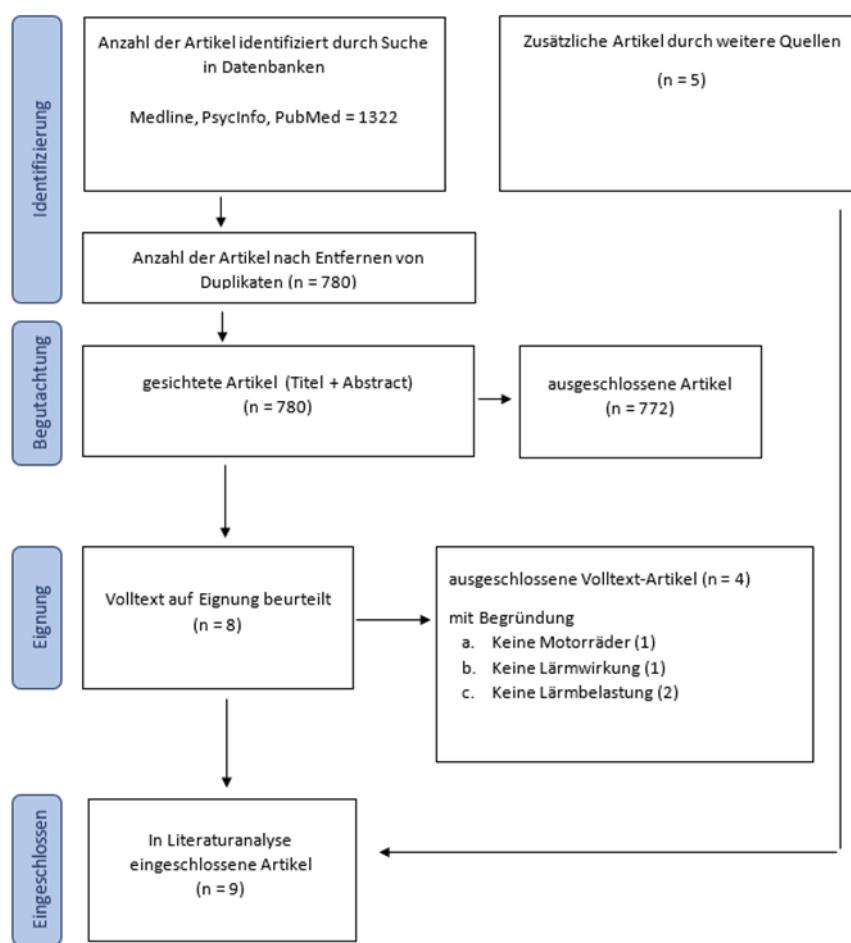


Abbildung 1. Flussdiagramm zum Vorgehen bei der systematischen Literaturrecherche nach der PRISMA-Methode (Moher et al., 2009)

Für die Literatursuche wurden die folgenden Suchbegriffe verwendet:

- (Motorrad OR Kraftrad OR Motorroller OR Zweirad OR Moped OR Mofa OR Quads) AND (Belästigung OR Schlaf OR Störung OR Gesundheit) AND (Lärm)
- (motorcycle OR bike OR chopper OR cycle OR scooter OR motorbike OR moped OR quad bike) AND (annoyance OR sleep OR disturbance OR Health) AND (noise)

Studien wurden in der Literaturanalyse aufgenommen, sofern sie die Motorradgeräuschbelastung und die Lärmwirkungen von Motorradverkehr erfassten. Zudem wurde die Suche auf deutsch- und englischsprachige Artikel begrenzt.

## 2.2 Ergebnisse

Insgesamt wurden 9 relevante Artikel identifiziert. Tabelle 1 gibt eine Übersicht der gefundenen Artikel und fasst die wichtigsten Punkte zusammen, wie erhobene Variablen, Teilnehmendenzahl und Ergebnisse. Im Folgenden wird die gefundene Literatur ausführlich beschrieben und die Ergebnisse erläutert und diskutiert.

*Tabelle 1. Überblick über die gefundene Literatur*

Autor:in, Jahr	Jahr d. Erhebung	Land	Design	Lärmquelle(n), Pegel	Lärmwirkung	N	Ergebnisse
Bach et al., 1991	-	FRA	Laborstudie	Motorrad, Lkw, Pkw	Schlaf (EEG und FPR)	8	Motorradlärm führt zu mehr Schlafstörungen
Chang et al., 2011	2008	TWN	Befragung	StrV. Insgesamt, Motorrad, Pkw, Lkw $L_{Aeq}$ , Verkehrsaufkommen	Hypertonie-Diagnose	820	Hohe Verkehrsgeräuschbelastung ist mit höherer Hypertonie-Prävalenz assoziiert; Motorräder sind dominante Lärmquelle im Straßenverkehr
Czedik-Eysenberg	-	AUT	Laborstudie	Motorrad	Einstellungen, Lästigkeit	53	Lästigkeit hängt u.a. mit hoher Lautheit, Rauhigkeit und Schärfe zusammen
Lechner & Schnaiter, 2019; Lechner et al., 2020	2018	AUT	CATI-Befragung	StrV insgesamt, Motorrad, Pkw, schwere Fahrzeuge u.a. $L_{Aeq}$ , $L_{d,SS}$	Lärmbelästigung, Aktivitätenstörung	545	Verlagerung der Expositionswirkungskurve zur Motorradlärmbelästigung zu 30 dB niedrigeren Pegeln im Vergleich zu anderen Straßenverkehrslärmquellen

Lercher & Sölder, 2009	2008	AUT	Berechnung	Motorrad, Pkw, Lkw, $L_{Aeq}, L_1, L_5, L_{50},$ $L_{95}$	-	-	Pegelrichtwert von 60 dB werden in den Sommermonaten überschritten
Paviotti & Vogiatzis, 2012	-	GRC	Befragung	StrV. insgesamt, Scooter, Motorrad, Pkw  u.a. $L_{Aeq}, L_{Amax},$ Rauhigkeit	Lärm- belästigung	178	Höhere Belästigung bei niedrigem Hintergrundpegel
Samani, Martius & Altinsoy, 2021	-	DE	Laborstudie (online)	Motorrad Geschwindigkeit	Lärm- belästigung	20	Höhere Geschwindigkeiten sind mit höherer Belästigung assoziiert
UBA, 2020	-	DE	Fahrzeugtest	Maximalpegel	Lästigkeit (Rauhigkeit, Lautheit, Schärfe)	-	Fahrverhalten spielt eine wesentliche Rolle und kann eine höhere Lästigkeit zur Folge haben

Anmerkung. FRA=Frankreich, TWN=Taiwan, AUT=Österreich, GRC=Griechenland, DE=Deutschland.

## 2.2.1 Lärmwirkung von Motorradlärm

Die am häufigsten erhobene Lärmwirkung durch Motorradverkehr ist die Belästigung. Zur Erfassung der Belästigung wurde unter anderem die von der International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN; Fields et al., 2001) empfohlene 5-er Skala verwendet. Bei Paviotti und Vogiatzis (2012) bestand darüber hinaus bei der Frage zur Belästigung durch Motorradlärm die Möglichkeit anzugeben, dass man das Geräusch nicht wahrgenommen hat. Einige Studien erfassen auch die Aktivitätenstörung und Schlafstörungen. Neben dem  $L_{eq}$  verwendeten zwei Studien zur Erfassung der Belastung durch Motorradlärm zusätzlich weitere Pegel, wie etwa ein saisonaler Pegel für Motorradlärm (Lechner & Schnaiter, 2019; Lercher & Sölder, 2009).

Lechner und Kollegen (2019, 2020) untersuchten in ihrer Studie die Lärmwirkung von Motorradverkehr in Österreich. Hierzu wurden Lärmessungen vorgenommen und Anwohnende telefonisch befragt. Die Expositions-Wirkungskurve bezogen auf den  $L_{d,SS}$  (durchschnittliche Pegel für Sommersonntage bei Tag) von Motorradlärm zeigte im Vergleich des Anteils hoch belästigter Personen (%HA) mit anderen Straßenverkehrslärmquellen eine Verlagerung von 30 dB (Lechner et al., 2020). Laut Autoren verweist dies auf die Notwendigkeit eines höheren Malus für Motorradlärm als den bisher in anderen Studien geschätzten 5 dB(A) (z. B. Lercher & Sölder, 2009).

Im Rahmen einer Studie fanden Paviotti und Vogiatzis (2012), dass Motorradlärm insbesondere bei niedrigem Hintergrundpegel für Fußgänger\*innen belästigend ist, da dieser sich dann abhebt und leichter zu identifizieren ist.

Eine taiwanische Studie untersuchte die Beziehung zwischen dem Straßenverkehrspegel gemessen in  $L_{eq}$ , dem Verkehrsaufkommen von Motorrädern und der Prävalenz von Hypertonie (Chang et al., 2011). Insgesamt zeigte sich, dass ein höherer  $L_{eq}$  signifikant mit einer höheren Hypertonie-Prävalenz zusammenhing und Motorräder die dominante Straßenverkehrslärmquelle darstellen.

Eine Studie befasste sich mit der Wirkung von verschiedenen Verkehrslärmquellen (u.a. Motorradlärm) sowie unterschiedlichen Raumtemperaturen auf den Schlaf (Bach et al., 1991). Im Rahmen dieser Laborstudie wurde die Wirkung von drei Lärmquellen (Pkw, Lkw, Motorrad) und zwei verschiedenen hohen Raumtemperaturen (20 °C und 35 °C) auf den Schlaf untersucht, gemessen anhand von EEG-Messungen sowie der Messung der Fingerimpulsantwort. Den Ergebnissen zufolge führte Motorradlärm beispielsweise im Vergleich zu den anderen beiden Lärmquellen zu mehr Schlafstörungen.

## 2.2.2 Belästigende Geräuschcharakteristika

Einige Studien befassten sich mit der Psychoakustik des Motorradlärms, um die zur Belästigung beitragenden Geräuschcharakteristika zu identifizieren und ggf. einen Erklärungsansatz für die höhere Belästigung durch Motorradlärm im Vergleich zu anderen Verkehrslärmquellen zu liefern (z. B. Czedik-Eysenberg et al., 2015; Paviotti & Vogiatzis, 2012).

So fanden Paviotti und Vogiatzis (2012) in ihrer Studie heraus, dass beispielsweise der Maximalpegel und die Rauheit der Motorradgeräusche einen relevanten Erklärungsansatz für die höhere Belästigung bieten. Diese Ergebnisse werden zum Teil durch die Studie von Czedik-Eysenberg und Kollegen (2015) bestätigt. Hier fanden die Autor:innen einen Zusammenhang zwischen der Lästigkeit von Motorradlärm mit der Rauheit, einer hohen Lautheit und einer klangfarblichen Schärfe (Czedik-Eysenberg et al., 2015). Eine weitere Studie zeigte einen positiven Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit von Motorrädern und der Belästigung (Samani, Martius & Altinsoy, 2021).

Darüber hinaus verwiesen Ergebnisse einer anderen Studie (UBA, 2020) darauf, dass das Fahrverhalten der Motorradfahrer:innen einen wesentlichen Einfluss auf die Geräuschwirkungen hat. Die Autor:innen verglichen hierbei eine normale Vorbeifahrt mit einer Worst-Case-Vorbeifahrt, in der verschiedene typische Fahrmanöver, wie hohe Geschwindigkeiten, Ampelstarts und das Herunterschalten bei hohen Drehzahlen in einen niedrigeren Gang, Berücksichtigung fanden. Ihre Wirkung auf die Grenzwerte und die Lästigkeit, die sich aus den psychoakustischen Faktoren Rauheit, Lautheit sowie Schärfe abschätzen lässt, wurde untersucht. In den Worst-Case-Vorbeifahrten wurden die Grenzwerte des Geräuschpegels oftmals überschritten und die Lästigkeit erhöhte sich deutlich (UBA, 2020).

## 2.2.3 Erholungsstörung durch Motorradlärm

Eine Studie liefert Hinweise zur Erholungsstörung durch Motorradlärm (Lechner & Schnaiter, 2019). In der österreichischen Studie von Lechner und Schnaiter (2019) führte Motorradlärm bereits im niedrigen Pegelbereich abends und nachts zu mehr Belästigung als Lärm von Pkw bei gleichem Pegel. Weiterhin deuten die Ergebnisse darauf hin, dass sich Anwohnende vor allem an Sonn- und Feiertagen durch Motorradlärm gestört fühlen. Auch bei den Fragen zur Aktivitätenstörung zeichnet sich das Bild ab, dass Motorradlärm insbesondere zu Zeiten und bei Aktivitäten der Erholung stört, wie etwa beim

Schlafen oder Lesen und Entspannen (Lechner & Schnaiter, 2019). Die meisten Befragten fühlten sich jedoch bei außerhäuslichen Aktivitäten durch Motorradlärm gestört (67%; Lechner et al., 2020).

#### **2.2.4 Notwendigkeit eines saisonalen Richtwertes**

Das Besondere am Motorradverkehr im Gegensatz zum allgemeinen Straßenverkehr ist, dass er insbesondere in den Sommermonaten vermehrt auftritt, da viele Fahrerinnen und Fahrer das Fahren bei gutem Wetter präferieren. Dieser stark saisonale Aspekt führt zu der Frage, ob ein jahresgemittelter Dauerschallpegel die Belastung durch Motorradlärm adäquat abbilden kann.

Zwei identifizierte Studien befassen sich mit dieser Fragestellung. So fanden beispielsweise Lechner und Schnaiter (2019), dass sich knapp 80 % der Befragten in den Sommermonaten durch Motorradlärm gestört fühlen im Vergleich zu lediglich 0,2 % während des Winters. Zusätzlich fällt auf, dass die durchschnittlichen Belästigungsangaben für Sonntage ganzjährig sich nicht im Wesentlichen von den Belästigungsangaben zu Sonntagen in den Sommermonaten unterschieden. Dies ließe darauf schließen, dass Anwohnende ihr Belästigungsurteil vordergründig auf Basis der Motorradverkehrsergebnisse in den Sommermonaten bilden.

Lercher und Sölder (2009) untersuchten die Wirkung von verschiedenen Geschwindigkeitsbegrenzungen (30 km/h, 40 km/h, 50 km/h) auf den Geräuschpegel. Laut Berechnungen würde bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 50 km/h der Richtwert von 60 dB(A) in den Sommermonaten überschritten.

#### **2.2.5 Zusammenfassung**

Die im Rahmen dieser Literaturanalyse identifizierten Studien zeigen, dass Motorradlärm höhere Belästigungen und Störungsempfindungen hervorruft als andere Straßenverkehrslärmquellen (z. B. Lechner & Schnaiter, 2019). Insbesondere das hohe Motorradverkehrsaufkommen während der Sommermonate stellt ein Problem für Anwohnende an beliebten Fahrstrecken dar. Anwohnende fühlen sich vor allem abends und nachts sowie an Sonn- und Feiertagen durch den Motorradlärm gestört (z. B. Lechner & Schnaiter, 2019). Um die Belastung durch Motorradverkehr adäquat abbilden zu können, scheinen daher alternative Expositionsmaße sinnvoll, wie beispielsweise saisonal berechnete Geräuschpegel (Lechner & Schnaiter, 2019; Lercher & Sölder, 2009).

Psychoakustische Untersuchungen haben einige Geräuschcharakteristika identifiziert, die die höhere Belästigung durch Motorradgeräusche erklären könnten (z. B. Czedik-Eysenberg et al., 2015; Paviotti & Vogatzis, 2012; UBA, 2020). So zeigt sich beispielsweise, dass Motorräder bei gleichem Emissionspegel  $L_{m,E}$  und bei gleicher Geschwindigkeit eine höhere Lautheit aufweisen als Pkw (Accon/LUBW, 2010). Dieser Unterschied wurde in Bezug auf die Schärfe und Rauigkeit nicht gefunden. Allerdings können einzelne Motorräder eine besonders hohe Rauigkeit aufweisen, da bei höheren Emissionspegeln die Rauigkeit von Motorrädern stark streut (Accon/LUBW, 2010). Das Fahrverhalten der Motorradfahrer:innen spielt hierbei eine entscheidende Rolle (UBA, 2020).

In den Studien von Lercher und Sölder (2009) sowie Paviotti und Vogatzis (2012) wird als Ableitung aus den Ergebnissen ein Aufschlag von 4,6 dB für Motorräder empfohlen. Dieser Wert stammt aus einer Studie von Vos (2006), in der die Lästigkeit von Mopeds untersucht wurde. In der Laborstudie wurden Geräusche von Mopeds denen von Straßenverkehr sowie Eisenbahngeräusche gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei gleichen Schallpegeln Mopedgeräusche als belästigender empfunden

werden. Daraus wurde ein Aufschlag von 4,6 dB für Mopeds ermittelt. Eine Übertragung der Ergebnisse auf Krafträder aller Klassen ist unter Feldbedingungen zu prüfen.

## 3 Sozio-akustische Bevölkerungsbefragung

Das Untersuchungsdesign der Bevölkerungsbefragung sah eine zweigeteilte Untersuchung der Wirkung von Motorradlärm auf die betroffene Bevölkerung in Baden-Württemberg vor. Die Langzeitwirkung von Motorradlärm wurde über eine postalische Befragungsstudie durchgeführt. Nachfolgend wurde bei der Mobile-App-Studie smartphone-gestützt eine Kurzzeiterhebung durchgeführt. Die Verkehrslärmelastung wurde für die Langzeiterhebung aus Verkehrsmengenerfassungen abgeleitet, für die Mobile-App-Studie wurden Geräuschpegel verschiedener Fahrzeugtypen mittels Messgeräten ermittelt.

### 3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete

Zu Beginn der vorbereitenden Arbeiten für die Bevölkerungsbefragung wurden die vom Ministerium für Verkehr zur Verfügung gestellten ca. 100 Datensätze aus Leitpfostenmessungen des Ministeriums gesichtet. Die Eignung wurde unter Berücksichtigung von Pegel, Aufkommen, geographischer Lage und zulässiger Höchstgeschwindigkeit beurteilt.

Für die Auswahl der Untersuchungsgebiete wurde zunächst eine Liste an Auswahlkriterien zusammengestellt. Anhand der Auswahlkriterien wurden die vorhandenen Gebiete mit Leitpfostenmessungen untersucht.

Um die Anzahl der in den Datensätzen aus Leitpfostenmessungen identifizierten Untersuchungsgebiete auf die am besten geeigneten zu beschränken, wurden die nachfolgenden Auswahlkriterien definiert (Tabelle 2):

Tabelle 2. Auswahlkriterien zur Prüfung der Eignung der Untersuchungsgebiete

Auswahlkriterien	Kommentar
1. Gibt es genügend Einwohner im Untersuchungsgebiet, um sicher 70 Probanden zu finden?	ein JA ist obligatorisch <sup>1)</sup>
2. Ist das Untersuchungsgebiet frei von anderen relevanten Geräuschquellen <sup>2)</sup> , außer den von Motorrädern befahrene(n) Straße(n)?	ein JA ist obligatorisch
3. Ist der Verlauf der Motorradstrecke <sup>3)</sup> mit einem/zwei/drei Messgerät(en) ausreichend genau zu erfassen?	Anzahl angeben
4. Ist die zu untersuchende Motorradstrecke stark durch landwirtschaftlichen Verkehr befahren?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
5. Ist die zu untersuchende Motorradstrecke im Frühjahr 2022 durch Baustellen (umleitungsverkehr) betroffen?	Ein NEIN ist obligatorisch
6. Handelt es sich bei der Motorradstrecke um eine Steigungs- oder Gefällestrecke?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
7. Verfügt die Kommune, in der das Untersuchungsgebiet liegt, über eine Lärmkartierung (2017)?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
8. Verfügt die Kommune, in der das Untersuchungsgebiet liegt, über eine Lärmaktionsplanung (2018)?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
9. Steht an der Motorradstrecke ein Leitpfostenmessgerät, dessen Daten verwertbar sein werden?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
10. Ist die Struktur der Kommunen (Bevölkerungsdichte, bauliche Struktur, Flächennutzung, Ländlichkeit, landwirtschaftlicher Verkehr, etc.) zwischen den Untersuchungsgebieten vergleichbar?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
11. Gibt es eine Konfundierung von Pegel und sozialräumlichen Eigenschaften wie leise Villengegend vs. laute alte dörfliche Baustruktur?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
12. Ist das Untersuchungsgebiet frei von anderen Emissionen (Biogasanlage, Klärwerk, Schweinemast, Starkstrommasten, Mobilfunk 5G usw.)?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch
13. Ist die Kommune Mitglied der Initiative Motorradlärm?	vorteilhaft, aber nicht obligatorisch

*Anmerkung:*

- 1) Untersuchungsgebiete mit >1.000 Haushalten wünschenswert.
- 2) Relevante Geräuschquellen wären etwa Industrie/Gewerbe, Fluglärm, Schienenverkehr, WEA und landwirtschaftliche Lohnfuhrunternehmen.
- 3) Unter "Strecken" ist zu verstehen, dass es sich um Straßenabschnitte (unterschiedlicher Länge) handelt, auf denen Motorräder zu laut sind.

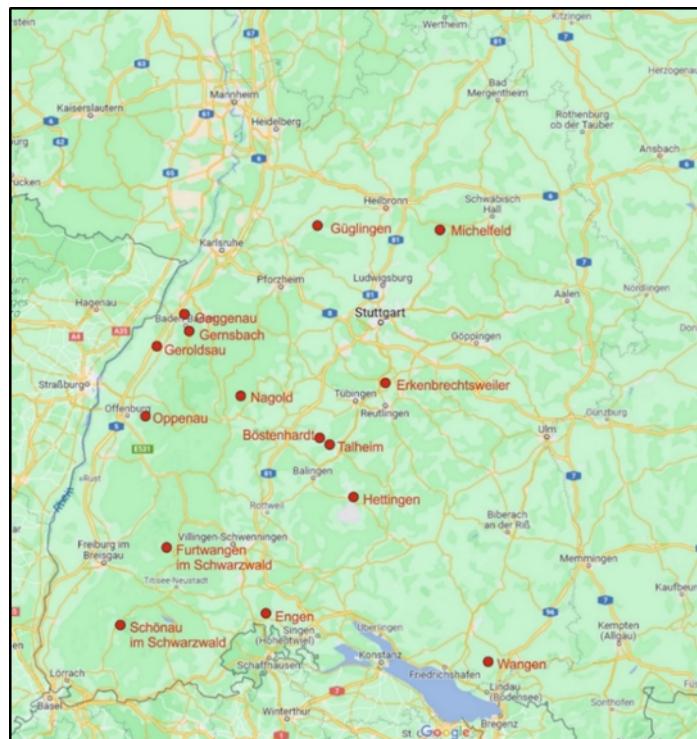
Zur Identifikation potenzieller Untersuchungsgebiete wurden die Bereiche im Umfeld von Leitpfostenzählstellen genauer betrachtet. Im nachfolgenden Beispiel kennzeichnet die rote Umrundung das Untersuchungsgebiet und die gelbe Linie die „Motorradstrecke“ (Abbildung 2).



Quelle: Google Maps (2021)

Abbildung 2. Exemplarische Darstellung von Untersuchungsgebiet (rote Umrandung) und Motorradstrecke (gelbe Linie).

Die Motorradstrecke sollte mehr als 400 Motorräder am Wochenende (an beiden Wochenendtagen zusammen) und für die Befragungen genügend Anwohnende aufweisen. Für die Vorauswahl von geeigneten Untersuchungsgebieten war der Grad der Erfüllung der Auswahlkriterien sowie die regionale Verteilung der Gebiete wichtig, die der nachfolgende Kartenausschnitt wiedergibt (Abbildung 3).



Grundlage / Quelle: Google Maps (2021)

Abbildung 3. Kartenausschnitt mit Überblick über die vorausgewählten Untersuchungsgebiete

Die Kommunen der bei der Vorauswahl identifizierten Untersuchungsgebiete wurden angeschrieben und zu einem Interessensbekundungsverfahren eingeladen. Die Bürgermeister:innen aller in der

vorstehenden Karte dargestellten Untersuchungsgebiete wurden vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg mit der Bitte angeschrieben, ihr Interesse an der Beteiligung am Forschungsvorhaben „Motorradlärm“ zu bekunden. Die Kommunen wurden gebeten, weiterführende Informationen zum Untersuchungsgebiet (z.B. Anzahl Anwohnende, vorhandene Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung, weitere Emissionen) zu dokumentieren, die für die Bevölkerungsbefragung bedeutsam waren. Auf Basis der Rückmeldungen wurde eine begrenzte Anzahl an Gebieten für die Durchführung der Gebietsbesichtigung vorgesehen.

Durch eine Vor-Ort-Besichtigung der ausgewählten Gebiete wurden relevante Aspekte für die Befragungsdurchführung und Messgerätaufhängung geprüft, wie z.B. Straßenführung, Besiedlungsdichte, potentielle bisher nicht identifizierte Störfaktoren, etc.

### 3.2 Darstellung der Untersuchungsgebiete

Auf Basis der Ergebnisse der Gebietsbesichtigungen wurden die finalen fünf Untersuchungsgebiete festgelegt: Engen, Oppenau, Gernsbach, Gaggenau Michelbach, Güglingen (Abbildung 4).

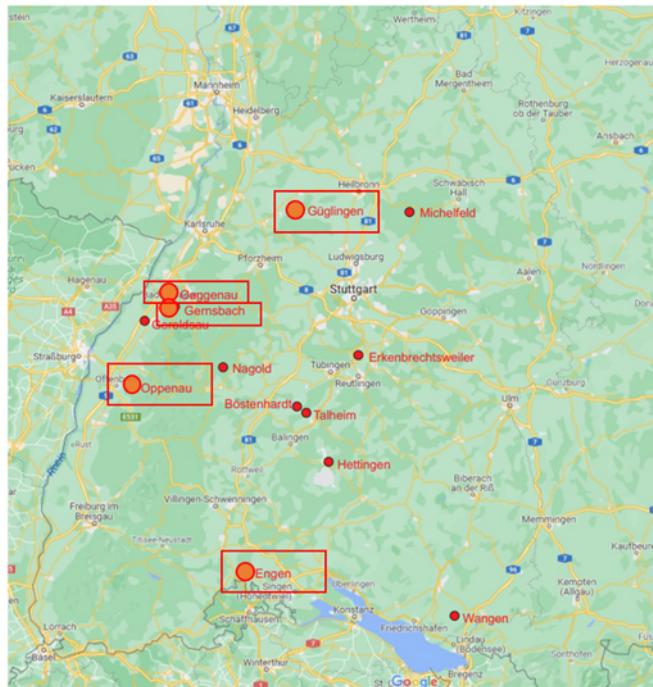


Abbildung 4. Karte der ausgewählten Untersuchungsgebiete in Baden-Württemberg

#### 3.2.1 Engen

Engen ist eine Stadt im Landkreis Konstanz. In Engen verläuft die B491 in einem Tal. Richtung Norden schließt ein Wohngebiet an, das an einem ansteigenden Hang liegt. Im Nordosten befindet sich die A81, zu der östlich des Gebietes eine Auffahrt besteht. Westlich des untersuchten Gebietes führt die Strecke in Hochlage über einen Schienenweg (Abbildung 5).

Der erste Messpunkt (MP 1) liegt innerorts (zul. Höchstgeschwindigkeit 30 km/h), in Fahrtrichtung Osten, während der zweite Messpunkt (MP 2) im weiteren Streckenverlauf (zul. Höchstgeschwindigkeit 50 km/h) vor dem Ortsausgang liegt (Abbildung 6).

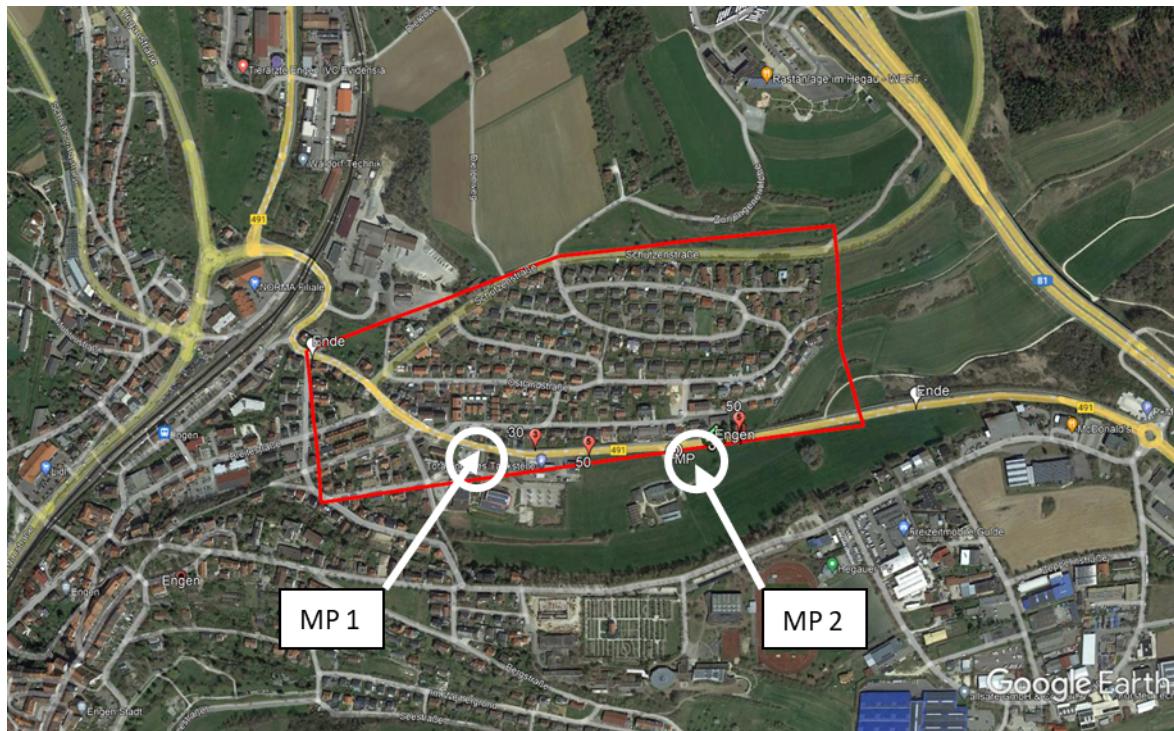


Abbildung 5. Karte des Untersuchungsgebiet in Engen



MP 1: Fahrtrichtung Osten



MP 2: Fahrtrichtung Osten

Abbildung 6. Messpunkte 1 und 2 im Untersuchungsgebiet Engen

### 3.2.2 Oppenau

Oppenau ist eine Stadt im Ortenaukreis. Sie hat mit der Hauptstraße eine enge Ortsdurchfahrt im östlichen Teil mit geschlossener Randbebauung (Abbildung 7). Der Messpunkt MP 3 liegt in diesem Abschnitt (zul. Höchstgeschwindigkeit 40 km/h) in Fahrtrichtung Westen (Abbildung 8).



Abbildung 7. Karte des Untersuchungsgebiets in Oppenau



MP 3: Fahrtrichtung Westen

Abbildung 8. Messpunkt 3 im Untersuchungsgebiet Oppenau

### 3.2.3 Gernsbach

Die Gemeinde Gernsbach befindet sich im unteren Murgtal (Landkreis Rastatt). Richtung Osten führt die L564 an einem Hang aufwärts. Der optische Eindruck des Straßenraums entspricht dem einer Außerortsstrecke. Richtung Norden breitet sich der Schall über den Ort hinweg im Tal weit aus (Abbildung 9). Der Messpunkt MP 4 liegt in Fahrtrichtung Osten (zul. Höchstgeschwindigkeit 30 km/h) (Abbildung 10). Messpunkt MP 5 befindet sich kurz hinter dem Beginn des Tempo-30-Bereichs in Fahrtrichtung Westen und damit auf abschüssiger Strecke nach dem Ortseingang (Abbildung 10).

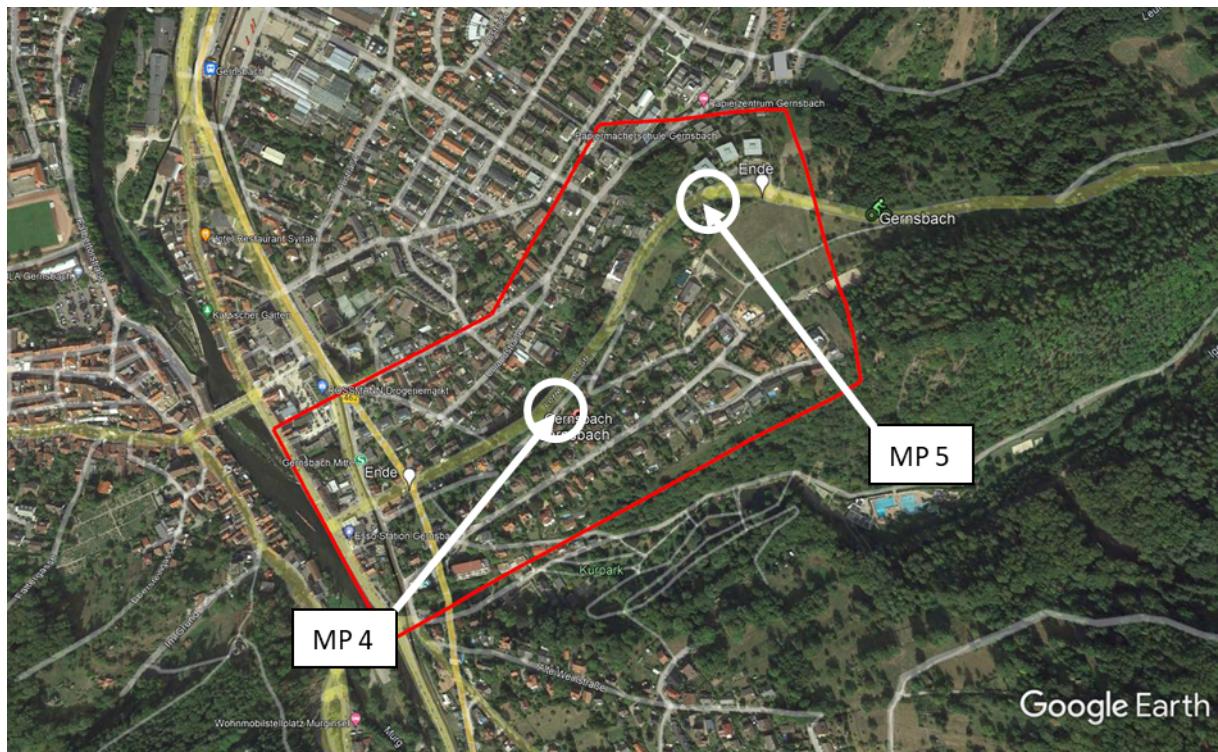


Abbildung 9. Karte des Untersuchungsgebiet in Gernsbach



MP 4: Fahrtrichtung Osten



MP 5: Fahrtrichtung Westen

*Abbildung 10. Messpunkte im Untersuchungsgebiet in Gernsbach*

### 3.2.4 Gaggenau - Michelbach

Michelbach ist ein Stadtteil von Gaggenau (Landkreis Rastatt). Der Ort liegt in einem Tal. Die L613 führt aus beiden Richtungen in das Tal hinab und am jeweils anderen Ende wieder aufwärts. Im Zentrum (zwischen MP 7 und MP 8, siehe Abbildung 11) befindet sich eine scharfe Kurve, an die Richtung Norden direkt anschließend eine Steigung beginnt, die Motorradfahrer:innen besonders zum Beschleunigen anregen könnte.

Messpunkt MP 6 liegt im Süden mit Fahrtrichtung Norden in einem Tempo-30-Bereich mit abfallendem Streckenverlauf (Abbildung 12). Der Messpunkt MP 7 befindet sich im Tal bei leicht ansteigendem Gelände in einem breiten Straßenraum. Kurz hinter einer scharfen Kurve liegt der Messpunkt MP 8 an einer Steigung, die zum lauten Beschleunigen anregen könnte. Auch hier ist Tempo 30 vorgeschrieben. Der Messpunkt MP 9 liegt in Gegenrichtung (Fahrtrichtung Süden) innerorts an dem Punkt, an dem die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h reduziert wird auf einem abschüssigen Streckenabschnitt.

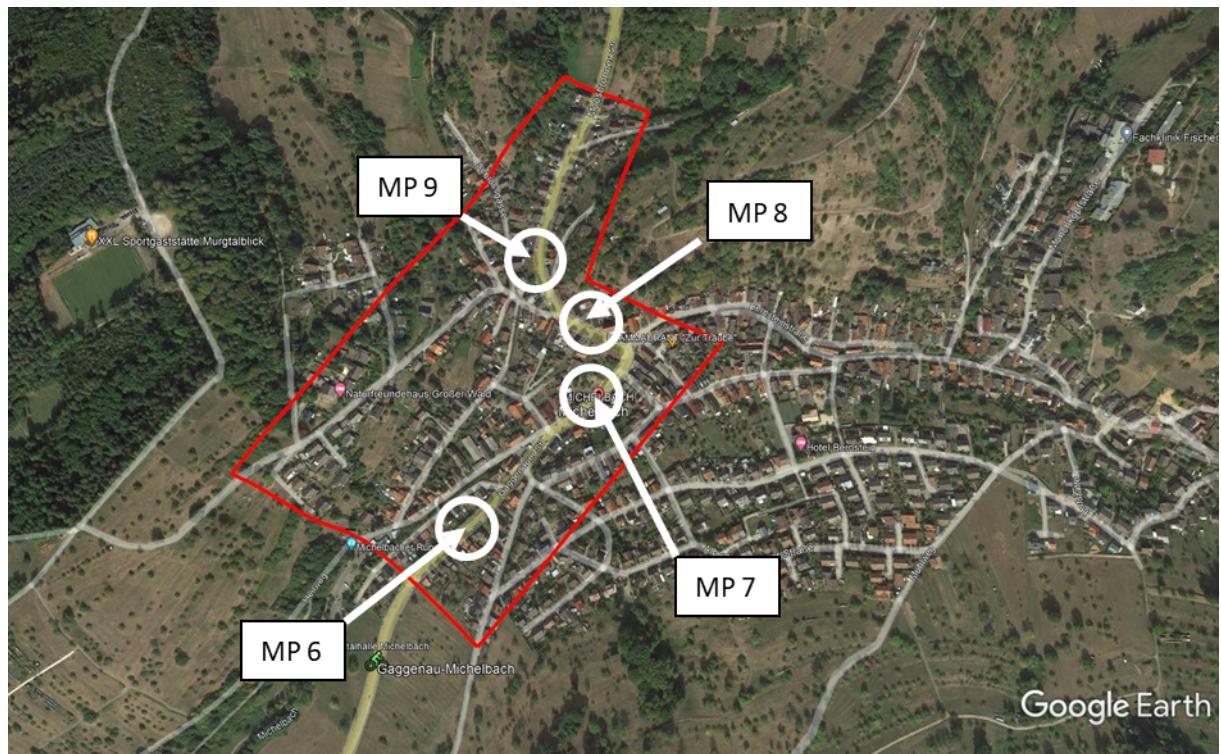


Abbildung 11. Karte des Untersuchungsgebiets in Gaggenau-Michelbach



MP 6: Fahrtrichtung Nordosten



MP 7: Fahrtrichtung Nordosten



MP 8: Fahrtrichtung Nordwesten



MP 9: Fahrtrichtung Südosten

*Abbildung 12. Messpunkte im Untersuchungsgebiet in Gaggenau-Michelbach*

### 3.2.5 Güglingen

Güglingen ist eine Stadt im westlichen Teil des Landkreises Heilbronn. Der Untersuchungsbereich ist hier zweigeteilt, da der östlich angrenzende Ortsteil Frauenzimmern mit in die Untersuchung einbezogen wurde (Abbildung 13). Der Streckenabschnitt beginnt im Westen hinter einem Kreisverkehr mit einer ansteigenden Strecke (zul. Höchstgeschwindigkeit 50 km/h) um eine Kurve, die zum lauten Beschleunigen anregen könnte (MP 10) (Abbildung 14). Der zweite Messpunkt (MP 11) liegt kurz nach dem Ortsausgang auf einer leicht ansteigenden Beschleunigungsstrecke mit einer zul. Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h. Im Ortsteil Frauenzimmern liegt innerorts der letzte Messpunkt (MP 12) in ebenem Gelände (zul. Höchstgeschwindigkeit 50 km/h).



Abbildung 13. Karte des Untersuchungsgebiet in Göglingen



MP 10: Fahrtrichtung Osten



MP 11: Fahrtrichtung Osten



MP 12: Fahrtrichtung Osten

*Abbildung 14. Messpunkte im Untersuchungsgebiet Göglingen*

### 3.3 Design der Bevölkerungsbefragung

Die Bevölkerungsbefragung wurde in zwei aufeinanderfolgenden Studienteilen durchgeführt. Im ersten Teil wurde wahlweise ein Papier- oder Onlinefragebogen zur Wahrnehmung und Wirkung von Motorradverkehr und -lärm ausgefüllt. Im zweiten Teil wurde mittels Experience-Sampling-Methode die kurzfristige Wirkung von Motorradverkehr im Alltag erfasst (siehe Kapitel 3.3.3).

#### 3.3.1 Ablauf

Die empirische Durchführung der Studie fand vom 30. Mai 2022 bis zum 26. Juli 2022 statt. Der erste Teil der Befragung fand dabei im Zeitraum 30. Mai bis – 13. Juni 2022 statt, in Gaggenau wurde die Laufzeit aufgrund von Problemen in der Postzustellung bis zum 20. Juni 2022 verlängert. Der zweite Teil der Befragungsstudie, die Smartphone-gestützte MotoApp-Befragung wurde regulär im Zeitraum 06. – 19. Juli 2022 durchgeführt und wurde ebenfalls für Nachzügler:innen im Zeitraum 13. - 26. Juli 2022 durchgeführt. Die Studie wurde vor der Kontaktaufnahme mit der Stichprobe in den lokalen Gemeindeblättern bzw. Amtsblättern angekündigt (siehe Anhang A).

Für alle in den Untersuchungsgebieten liegenden Haushalten wurde bei den zuständigen Einwohnermeldeämtern eine Gruppenmeldeauskunft gem. § 46 des Bundesmeldegesetzes zu den in den Haushalten lebenden Erwachsenen Bürger:innen eingeholt. Im Detail wurde die Auskunft von Vor- und Nachnamen, Anschrift, Geschlecht sowie Geburtsdatum eingeholt. Aus der Gesamtheit der erwachsenen Personen wurde eine Zufallsziehung von 500 Personen je Untersuchungsgebiet durchgeführt. Die Gesamtstichprobe von 2 500 Personen wurde postalisch angeschrieben und zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Mit dem Schreiben erhielten die angeschriebenen Personen ein

personalisiertes Anschreiben, ein Begleitschreiben des Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, einen Papierfragebogen mit frankiertem Rückumschlag, die Datenschutzerklärung sowie einen Flyer mit zusammengefassten Informationen zum Ablauf der Studie. Bei Teilnahme am zweiten Teil der Studie, der MotoApp-Befragung, wurde den Teilnehmenden postalisch oder per Email ein Leitfaden zur MotoApp übermittelt, in dem das Herunterladen sowie die Handhabung der App erläutert wurden. Weiterhin wurde der Ablauf der MotoApp-Befragung detailliert beschrieben.

### 3.3.2 Befragungsinhalte

In der Langzeitbefragung wurden folgende Befragungsinhalte abgefragt (der gesamte Fragebogen siehe Anhang B):

- Wohnbedingungen (Wohnzufriedenheit, Gebäudeart, Eigentumsstatus, etc.)
- Place Attachment (Verbundenheit mit dem Wohnort, 9 Fragen aus Devine-Wright & Wiersma 2019; Lewicka 2011)
- Empfindlichkeit gegenüber Umweltbedingungen
- Lärmbelästigung durch verschiedene Verkehrsquellen (Pkw, Lkw, Busse, landwirtschaftlicher Verkehr, Motorräder; erfasst gem. internationaler Empfehlungen der International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN; Fields et al. 2001))
- Lärmbelästigung Tageszeit/Wochentag/Jahreszeit
- Aktivitätenstörungen
- Einstellung zu Motorradverkehr (orientiert an Lechner & Schnaiter, 2019)
- Bewältigungsvermögen zum Umgang mit Motorradlärm
- Soziodemographische Fragen (Alter, Geschlecht, etc.)

In der MotoApp-Befragung wurden folgende Inhalte erfragt (die Fragen aus dem App-Fragebogen finden sich in Anhang C):

- Aufenthaltsort letzte Stunde
- Fensterstellung falls drinnen
- Lärmbelästigung durch verschiedene Verkehrsquellen (Pkw, Lkw, Busse, landwirtschaftlicher Verkehr, Motorräder)
- Störende Merkmale bei Motorradverkehr (orientiert an Lechner & Schnaiter, 2019)
- Aktivitätenstörungen
- Tagesabschlussbefragung (Lärmbelästigung bezogen auf ganzen Tag)

### 3.3.3 Experience-Sampling-Methode

Um neben der langfristigen auch die kurzzeitige und akute Lärmwirkung von Motorradgeräuschen erfassen und etwaige, die Lärmwirkungen beeinflussenden, Geräuschcharakteristika identifizieren zu können, wurde in der vorliegenden Studie von der sogenannten Experience Sampling Methode (ESM; Csikszentmihalyi & Larson, 1992) Gebrauch gemacht. Diese Methode erlaubt es grundsätzlich, selbstberichtete kurzzeitige Lärmwirkungen im Rahmen von Mehrfacherhebungen in-situ zu erfassen. So können Proband\*innen beispielsweise über den Tag verteilt und an mehreren Tagen hintereinander einen kurzen Fragebogen zur akuten Belästigung beantworten. In der Regel werden heutzutage Smartphones verwendet und die Teilnehmenden werden anhand von Benachrichtigungen oder

Alermen an die Beantwortung des Fragebogens erinnert. Diese Alarme können beispielsweise zu festen Zeitpunkten oder zufällig über den Tag verteilt gesetzt werden.

Insbesondere in Studien zur akuten Wahrnehmung der Geräuschumgebung (Soundscape) ist die Nutzung der ESM etabliert (z. B. Steffens et al., 2017; Ricciardi et al., 2015). Steffens et al. (2017) verglichen beispielsweise akute (momentary) und retrospektive Soundscape-Beurteilungen miteinander. Sie fanden, dass die retrospektiven Beurteilungen zur Angenehmheit der Geräuschumgebung den Mittelwert der akuten Beurteilungen widerspiegeln und ebenfalls von persönlichen und situationsbedingten Faktoren abhängig waren, wie beispielsweise dem Gemütszustand der Teilnehmenden während der Beurteilung. Aber auch in anderen Bereichen findet ESM Anwendung, wie beispielsweise zum impliziten Lernen (z. B. Heininga et al., 2017).

ESM wird mittlerweile auch vermehrt in der Lärmwirkungsforschung genutzt, wie beispielsweise zur Untersuchung kurzzeitiger Belästigung durch Straßen- und Schienenverkehrslärm (Schreckenberg et al., 2004), durch Schießlärm von Truppenübungsplätzen (Großarth & Schreckenberg, 2019), durch Flugzeug-Überschallknalle (z. B. Page et al., 2020) sowie Fluglärm (Bartels, Marki & Müller, 2015; Lavendier et al., 2022). Auch hier wurde ein Zusammenhang zwischen der langfristigen und kurzfristigen Fluglärmbelästigung gefunden (Schreckenberg & Schuemer, 2010). In einer anderen Studie untersuchten Fujiwara und Kollegen (2017) anhand von ESM den Zusammenhang zwischen subjektivem Wohlbefinden und Fluglärm.

In einer 14-tägigen ESM-Studie untersuchten Eisele und Kolleg:innen (2022) den Effekt von der Fragebogenlänge und der Befragungshäufigkeit auf die wahrgenommene Belastung, Compliance und auf unseriöses Antwortverhalten der Teilnehmenden (careless responding). Teilnehmende wurden auf sechs unterschiedliche Bedingungen verteilt: Kurzer und langer Fragebogen (30 und 60 Frageitems) sowie drei, sechs oder neun Erhebungen am Tag. Teilnehmende, die den Fragebogen mit 60 Frageitems ausfüllten, nahmen eine signifikant höhere Belastung wahr, als Teilnehmende mit lediglich 30 Fragen. Die Befragungshäufigkeit spielte hierbei keine Rolle. Ähnliche Ergebnisse fanden die Autor:innen für Compliance und unseriöses Antwortverhalten. In einer ESM-Studie zur mentalen Gesundheit fanden Vachon und Kolleg:innen unter anderem einen positiven Zusammenhang zwischen Compliance und festen Erhebungszeitpunkten sowie zwischen Compliance<sup>1</sup> und höheren Incentives<sup>2</sup> (z.B. Vachon et al., 2019).

Kürzlich publizierten van Berkel und Kostakos (2021) Empfehlungen für die Durchführung von longitudinalen ESM-Studien. Relevant für ESM-Studien sei es, laut Autoren, den Teilnehmenden während der Studiendauer Feedback über die Studienziele und ihren individuellen Beitrag zu diesen Zielen zukommen zu lassen. Weiterhin wären Mikro-Kompensationen einem einmaligen hohen Geldbetrag vorzuziehen, sofern dies möglich ist. Je nach untersuchtem Thema und Fragestellung können unterschiedliche Fragebogenplanungen hilfreich sein. So eignet sich beispielsweise eine Intervall-Kontingent-Konfiguration zur Erfassung von regelmäßig auftretenden Ereignissen. Van Berkel und Kostakos (2021) empfehlen ebenfalls, die Zeit zum Ausfüllen der einzelnen Fragebögen so kurz wie möglich zu halten.

<sup>1</sup> Bereitschaft zur Mitwirkung, in diesem Fall die Bereitschaft zur Teilnahme an einer Studie.

<sup>2</sup> Incentives sind eine Aufwandsentschädigung, die einen Anreiz zur Teilnahme an einer Studie oder Untersuchung schaffen soll.

### 3.3.4 Beschreibung der MotoApp

Die MotoApp wurde für Mobiltelefone programmiert und war für die Betriebssysteme Android und iOS verfügbar. Für Android war die App ab der Version 8.0 nutzbar. Die App war kostenfrei zum Download für iOS Telefone im Appstore und für Androidsysteme im Play Store verfügbar. Screenshots der App finden sich im Anhang D.

Im Untersuchungszeitraum von 2 x 5 Tagen (06. - 10. Juli und 15.-19. Juli 2022) wurden die Teilnehmenden gebeten, mehrmals pro Tag auf die Benachrichtigungen der MotoApp zu reagieren und kurze Fragebögen auf dem Smartphone auszufüllen. Die Personen wurden pro 5-Tagesblock zufällig in eine von zwei Gruppen eingeteilt, deren Beginn der Befragung variierte. Personen in einem Gebiet wurden nach dem Zufallsprinzip jeweils der Gruppe A oder B zugeordnet, die nachfolgende Person entsprechend in die jeweils andere Gruppe. Die Benachrichtigungen erschienen zu festgelegten Zeitpunkten (Tabelle 3). Gruppe A startete in der ersten Woche um 09 Uhr mit der ersten Benachrichtigung zur Befragung und erhielt die weiteren Benachrichtigungen im 2-Stunden-Intervall bis 19 Uhr. Gruppe B startete um 10 Uhr und erhielt entsprechend um 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 und 20:00 die Benachrichtigungen zur Teilnahme.

*Tabelle 3. Zuteilung der Benachrichtigungszeitpunkte nach Gruppen*

5-Tagesblock	Tag	Gruppe	Benachrichtigungszeiten					
			9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
1.	Mi, Do, Fr, Sa, So	A	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
		B	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
2.	Fr, Sa, So, Mo, Di	A	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
		B	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00

Die Teilnehmenden waren angehalten, auf möglichst viele Benachrichtigungen zu reagieren. Die Benachrichtigungen kamen zur vollen Stunde. Die Beantwortung der Fragen musste innerhalb von 15 Minuten nach der Benachrichtigung durchgeführt werden. Ein späteres Ausfüllen war nicht möglich. Bei Problemen und Nachfragen stand die Studienleitung zur Verfügung.

Die mit der App gesammelten Daten wurden anonymisiert erhoben. Die Datenschutzhinweise wurden in der App hinterlegt. Die Zustimmung zu den Datenschutzhinweise war für die Teilnahme obligatorisch. Die Teilnahme an der MotoApp-Befragung wurde mit einer Aufwandsentschädigung von 70 € vergütet.

### 3.3.5 Statistische Auswertung

Die Daten der Bevölkerungsbefragung wurden mit den ermittelten Pegeldaten verschnitten. In den Datensätzen wurden Plausibilitätsprüfungen durchgeführt. Darunter versteht man, dass

beispielsweise Datumseingaben auf Plausibilität überprüft werden; beispielsweise kann die Wohndauer einer Person deren Alter nicht übersteigen. Für alle Fragen (Items) wurden zur Beschreibung der Ergebnisse deskriptive Analysen durchgeführt und Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimum, Maximum, errechnet und dargestellt.

Für einzelne Skalen wurden Skalenscores bzw. Faktoren gebildet. Die Reliabilität der Skalenscores bzw. Faktoren, sprich wie gut einzelne Items einer Skala zu einem damit erhobenen Konstrukt passen, wurde über das Reliabilitätsmaß Cronbachs Alpha gemessen. Dabei spricht man von interner Konsistenz der Skala. Cronbachs Alpha kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je höher der Wert, desto besser ist die interne Konsistenz; desto besser bilden also die Fragen ein übergeordnetes Konstrukt ab.

Aus der Place-Attachment-Skala wurden drei Faktoren gebildet (Traditional Place Attachment, Active Place Attachment, Placelessness), aus den Items zur Einstellung zu Motorradverkehr wurden zwei Faktoren gebildet (positive Einstellung zu Motorradverkehr, negative Einstellung zu Motorradverkehr) und aus den Coping-Items wurde ein Gesamtscore berechnet (Anhang E1, Tabelle 13). Dazu wurde jeweils Cronbachs Alpha berechnet. Die interne Konsistenz war für alle Subskalen und Faktoren hoch (> 0.8) bis akzeptabel (>.7) (Blanz, 2015). Aus den Störungsvariablen wurden vier Faktoren gebildet (Anhang E1, Tabelle 13).

Die Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen wurden mittels Berechnung des Pearson-Korrelationskoeffizienten  $r$  untersucht. Der Korrelationskoeffizient  $r$  kann zwischen -1 und +1 liegen. Damit wird die Stärke der Beziehung zwischen zwei Variablen angegeben. Je näher sich der Wert von  $r$  an dem Betrag von 1 befindet, desto enger ist der positive (Richtung + 1) bzw. negative (Richtung - 1) Zusammenhang. Ein positiver Zusammenhang bedeutet, dass mit steigendem Wert von Variable 1 der Wert von Variable 2 steigt. Ein negativer Zusammenhang bedeutet, dass sich mit steigendem Wert von Variable 1 ein sinkender Wert von Variable 2 zeigt. Ist der Wert nahe an 0 (Null), so spricht man davon, dass kaum (oder kein) Zusammenhang besteht. Die Korrelation zweier Variablen sagt jedoch nichts über die Kausalität aus, also ob durch Variable 1 die Steigerung von Variable 2 bedingt wird oder umgekehrt.

In Analysen wird in der Regel auf signifikante Unterschiede geprüft. Bei Signifikanztests wird dabei der  $p$ -Wert herangezogen, der die Wahrscheinlichkeit ausgibt, dass die untersuchten Unterschiede durch Zufall zustande gekommen sind. Die Prüfung erfolgt gegen ein vorher festgelegtes  $\alpha$ -Niveau. In den vorliegenden Analysen wird ein  $\alpha$  von 5% zugrunde gelegt. Das bedeutet: Bei einem signifikanten Ergebnis, das einen  $p$ -Wert unter  $p<.05$  hat wird angenommen, dass die untersuchten Unterschiede mit 95% Wahrscheinlichkeit nicht auf Zufall beruhen (Fisher, 1956).

Die Wirkungsvariablen Belästigung sowie Schlafstörungen wurden für logistische Regressionen in eine dichotome Variable übersetzt. Nach der Definition von Fields et al. (2001) wird bei der fünfstufigen Belästigungsskala die Stufe 4=stark und 5= äußerst belästigt als *highly annoyed*, also hoch belästigt klassifiziert. Der Prozentanteil hoch belästigter Personen %HA<sub>v</sub> wird mit einem tiefergestellten v versehen um zu kennzeichnen, dass diese aus der Verbalskala resultieren (ISO/TS 15666:2021).

Bei den Auswertungen der MotoApp-Daten gehen von jeder Befragungsperson mehrere Messwerte (Befragungsaufgaben) in die Analysen ein, da die Untersuchungsteilnehmenden mehrmals zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Fragen in der App beantworteten. Durch dieses

Messwiederholungsdesign der MotoApp-Befragung ist die vollständige Unabhängigkeit der Daten nicht gegeben. Die wiederholt von einer Person erhobenen Daten sind miteinander korreliert, die Daten der verschiedenen Teilnehmenden sind voneinander unabhängig. Für diese Art von Daten eignet sich für die Modellbildung die Methode der 'Generalized Estimating Equations' (GEE; Liang & Zeger, 1986)

Für den Zusammenhang zwischen Lärmpegel-Werten und den dichotomen 'Highly-Annoyed'-Variablen wurden GEE-Modelle mit binär-logistischer Regression verwendet. Für Gruppenvergleiche (z.B. für die Lärmbelästigung zu unterschiedlichen Tagesstunden) wurden Kovarianzanalysen im Rahmen des GEE-Ansatzes durchgeführt. Dabei erfolgen die Gruppenvergleiche (hier: Vergleich zwischen der Belästigung zwischen verschiedenen Tagesstunden) kontrolliert um den Effekt des Lärmpegels.

## 4 Ermittlung der akustischen Kenngrößen

### 4.1 Beurteilungspegel

Die Ermittlung der den Befragten zugeordneten Langzeitschallpegel (Beurteilungspegel) erfolgte nach den „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-19“. Dazu wurde in der Berechnungssoftware<sup>3</sup> ein dreidimensionales Modell der Umgebung, insbesondere des Geländes, der Gebäude sowie weiterer relevanter Hindernisse aufgebaut. In dieses Modell wurden die relevanten Straßenabschnitte mit ihrer Geometrie und ihren Höchstgeschwindigkeiten auf Basis der Ortsbesichtigung integriert. Die in die Untersuchungen einbezogenen Straßen wurden mit Verkehrsmengen aus Verkehrszählungen an nahegelegenen Zählstellen des Verkehrsmonitoring 2018 Baden-Württemberg gemäß RLS-19 belegt.

Daten zu den vorhandenen Straßenoberflächen lagen nicht vor. Aufgrund des verhältnismäßig schlechten Fahrbahnzustands in Gernsbach und Gaggenau-Michelbach wurde bei den Berechnungen ein nicht geriffelter Gussasphalt (GA) angesetzt. Für die übrigen Strecken wurde ein Splittmastixasphalt 8 (SMA 8) angenommen.

Die verwendeten Verkehrszahlen sind Tabelle 4 zu entnehmen. Immissionspegel wurden an allen Gebäuden, in denen Befragte leben, rechnerisch in 4 m Höhe über dem Gelände ermittelt. Verwendet wurde für die Langzeitbefragung der jeweils höchste, an einem Gebäude ermittelte Beurteilungspegel.

<sup>3</sup> SoundPLAN 8.2 - 64 bit, Version vom 19.09.2022

Tabelle 4. Durchschnittliche Verkehrszahlen der Motorradstrecken in den ausgewählten Untersuchungsgebieten

Ort Straße	DTV	Tag			Nacht			Oberfläche	
		M	$p_1$	$p_2$	$p_m$	M	$p_1$	$p_2$	
Engen B491	10.928	603,7	2,6%	2,4%	1,4%	71,6	2,9%	2,5%	0,4% SMA 8
Oppenau Post-/Hauptstr.	1.744	93,3	1,8%	0,2%	9,1%	7,0	3,1%	-	9,3% SMA 8
Oppenau B28 Ri. Norden	8.256	441,8	2,7%	3,5%	2,9%	54,7	2,7%	5,0%	1,2% SMA 8
Oppenau B28 Ri. Süden	5.344	272,2	3,3%	4,9%	5,1%	34,8	3,4%	7,7%	2,0% SMA 8
Gernsbach L564	4.000	212,7	2,4%	0,7%	6,4%	27,0	2,9%	0,8%	6,3% GA
Gaggenau- Michelbach L316	4.464	244,7	1,8%	0,4%	3,7%	35,8	2,0%	0,3%	3,6% GA
Güglingen L1103	9.896	512,1	0,9%	1,1%	8,0%	89,4	0,8%	0,9%	8,0% SMA 8

DTV durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke

M Anzahl Fahrzeuge je Stunde

 $p_1$  Anteil leichte Lkw (Lkw ohne Anhänger über 3,5 t, Busse) $p_2$  Anteil schwere Lkw (Lkw mit Anhänger, Sattelzüge) $p_m$  Anteil Motorräder (rot hinterlegt, wo am Tag mehr Motorräder als Lkw gezählt wurden (Stichwort: Atypik))

## 4.2 Stündliche, fahrzeugklassenbezogene Beurteilungspegel

Für die Bewertung der Befragungsergebnisse werden die stündlichen Immissionspegel für jede bei der Befragung getrennt erfasste Fahrzeugklasse benötigt. Um diese zu ermitteln, lagen die Schallpegel und Fahrzeugtypen aller am Messgerät vorbeifahrenden Fahrzeuge vor. Die Ermittlung der stündlichen, fahrzeugklassenspezifischen Immissionspegel erfolgte darauf aufsetzend in folgenden Schritten:

1. Mit Hilfe der zuvor erstellten dreidimensionalen Berechnungsmodelle wurden die Einflüsse der Schallausbreitung ermittelt, d.h. der Unterschied zwischen Schallleistungspegel der Straße und dem Schallpegel am lautesten Immissionsort des jeweiligen Gebäudes. Diese Schallpegeldifferenz ist bei der Berechnung gemäß den RLS-19 von der Geometrie (Abstand, Hindernisse, Gelände, Reflektoren), nicht jedoch von den Fahrzeugen abhängig.
2. Aus den bei den Messungen miterfassten Abständen der einzelnen Fahrzeuge zum Messgerät sowie dem gemessenen Schallpegel wurde der stundenbezogene Schallleistungspegel je Fahrzeug berechnet.
3. An jedem Gebäude mit Befragten wurden aus den Schallleistungspegeln je Fahrzeug und dem Einfluss der Schallausbreitung die stündlichen Schallleistungspegel je Fahrzeugklasse sowie des gesamten Verkehrs aufsummiert (Beurteilungspegel).
4. Auf Basis dieser stündlichen Beurteilungspegel wurden darüber hinaus die für den jeweiligen Befragungstag (8:00 bis 20:00 Uhr) gemittelten Beurteilungspegel berechnet.

Die an den Messpunkten messtechnisch erfassten Fahrzeugklassen sind differenzierter als in der Untersuchung erforderlich<sup>4</sup>. Die verwendete Zuordnung der bei den Zählungen erfassten Fahrzeugtypen zu den im Kontext der Befragungen benötigten abgefragten Fahrzeugklassen ist Tabelle 5 zu entnehmen.

*Tabelle 5. Übersicht der bei Zählungen erfassten Fahrzeugtypen zu ausgewerteten Fahrzeugklassen*

erfasster Fahrzeugtyp	zugeordnete Fahrzeugklasse				
	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr
Pkw	X				X
PkwA (Pkw mit Anhänger)	X				X
Lfw (leichte Nutzfahrzeuge)	X				X
Lkw		X			X
LkwA (Lkw mit Anhänger)		X			X
Sattel-Kfz		X			X
Bus			X		X
Krad				X	X
Fahrrad					-

<sup>4</sup> Pkw mit Anhänger und Lieferwagen werden in der Untersuchung nicht als einzelne Fahrzeugklassen betrachtet, da diese sich im Sinne der Untersuchung nicht (wesentlich) von sonstigen Pkw unterscheiden. Gleichermaßen verhält es sich mit den Lkw ohne/mit Anhänger und Sattelzügen.

## 5 Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung

Die Wetterbedingungen während des Untersuchungszeitraums vom 06.-19.07.2023 boten optimales Motorrad-Wetter. Es wurden, bis auf einen Tag in Göglingen, keine Regentage gemeldet und es herrschten sommerliche Temperaturen zwischen maximal 15,7 bis 37,8° C. Bezogen auf die Exposition ergeben sich dadurch keine Einschränkungen in der Betrachtung eines normalen Verkehrsaufkommens zu dieser Jahreszeit.

Der Rücklauf in der ersten Befragung lag mit 493 Personen aus 2 500 angeschriebenen Personen bei einer Responserate von 19,7 % (Tabelle 6). Daraus zeigten sich knapp 2/3 der Personen interessiert an einer Teilnahme an der MotoApp-Befragung. Insgesamt nahmen daran 213 Personen teil.

*Tabelle 6. Rücklauf der fünf Untersuchungsgebiete*

	Engen	Gaggenau-Michelbach	Gernsbach	Oppenau	Göglingen	Gesamt N
Angeschriebenes Sample	500	500	500	500	500	2 500
Basisfragebogen	89	120	98	80	106	493
Interesse an TN 2. Befragung	50	98	54	75	49	326
MotoApp-Befragung	37	70	28	47	30	213

### 5.1 Deskriptive Ergebnisse zur Stichprobe

Die Gesamtstichprobe über die fünf Gebiete hinweg belief sich auf 493 teilnehmende Personen (Tabelle 7). Das Durchschnittsalter lag bei 52,7 Jahren ( $SD\pm17,2$ ). Knapp 60% der Teilnehmenden war über 50 Jahre alt. Über 75% der Teilnehmenden war Eigentümer\*in der bewohnten Wohnung bzw. des Wohnhauses. Die Wohnzufriedenheit, die auf einer Skala von 1=nicht bis 5=sehr abgefragt wurde, liegt mit durchschnittlich über 4=ziemlich für die Wohnumgebung ( $M=4,2; SD\pm0,9$ ) und die Wohnung bzw. das Haus ( $M=4,4; SD\pm0,8$ ) recht hoch.

Bezüglich der eigenen Motorradnutzung gaben in der Stichprobe 32% der befragten Personen an, einen Motorradführerschein zu besitzen (Tabelle 8). Davon hatten 61 Personen Zugang zu einem Motorrad. Nur wenige Personen geben an, mehrmals pro Woche ein Motorrad zu nutzen (2,4%).

Tabelle 7. Übersicht über die Gesamtstichprobe

		N	%		
Befragungsmodus	Paper-Pencil	293	59,4		
	Online	200	40,6		
	Gesamt	493	100		
Geschlecht	männlich	240	48,7		
	weiblich	240	48,7		
	Gesamt	480	97,4*		
Alter	18-29	57	11,6		
	30-39	65	13,2		
	40-49	60	12,2		
	50-59	115	23,3		
	60-69	104	21,1		
	70-79	56	11,4		
	80+	23	4,7		
	Gesamt	480	97,4		
Eigentumsstatus	Eigentümer*in	374	75,9		
	Mieter*in	118	23,9		
	Gesamt	492	99,8		
Gebäudeart	freistehenden				
	Einfamilienhaus	238	48,3		
	Reihenendhaus	15	3,0		
	Reihenmittelhaus	8	1,6		
	Doppelhaushälften	43	8,7		
	Wohnung in einem mehrstöckigen				
	Mehrfamilienhaus	186	37,7		
	Gesamt	490	99,4		
Zugang zu Außenfläche am Haus		N= Ja			
	Balkon	297	60,2		
	Terrasse	291	59,0		
	Garten	331	67,1		
	M	SD	N	Min	Max
Wohnzufriedenheit (Wohnumgebung)	4,2	0,9	475	1	5
Wohnzufriedenheit (Wohnung bzw. Haus)	4,4	0,8	483	1	5
Wohndauer	19,6	16,7	479	0,0	83,0
Alter	52,7	17,2	480	18,0	115,0

Anmerkung. N= Anzahl. M=Mittelwert. SD= Standardabweichung. Min= Minimum. Max=Maximum.

Tabelle 8. Motorradnutzung der Befragungsteilnehmenden

		N	%
Motorradführerschein	ja	158	32,0
	nein	331	67,1
	Gesamt	490	99,4
Motorrad zur Verfügung	ja	61	12,4
	nein	163	33,1
	Gesamt	224	45,4
Häufigkeit Motorradnutzung	(fast) täglich	3	0,6
	mehrere Tage pro Woche	9	1,8
	mehrere Tage im Monat	28	5,7
	seltener als 1x monatlich	15	3,0
	nie bzw. fast nie	16	3,2
	Gesamt	71	14,4

Die durchschnittliche Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Umweltbelastungen zeigt sich in Tabelle 9. Im Durchschnitt wurde die eigene Lärmempfindlichkeit als mittelmäßig bis ziemlich eingeschätzt ( $M=3,7$ ;  $SD\pm1,1$ ). Weniger empfindlich war die Gesamtstichprobe gegenüber Wetter ( $M=2,7$ ;  $SD\pm1,0$ ).

Tabelle 9. Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen

	nicht	wenig	mittel- mäßig	ziemlich	sehr	N	M	SD	Min	Max
Gerüche	4,7	17,5	28,5	29,3	20,1	492	3,4	1,1	1	5
Stress allgemein	2,9	18,9	35,8	27,7	14,7	491	3,3	1,0	1	5
Wetter	9,6	38,6	30,2	15,3	6,3	490	2,7	1,0	1	5
Lärm	3,9	12,2	21,8	30,8	31,2	490	3,7	1,1	1	5

Anmerkung. N= Anzahl. M=Mittelwert. SD= Standardabweichung. Min= Minimum. Max=Maximum.

Tabelle 10 zeigt die durchschnittliche Beantwortung von Fragen zur Einstellung gegenüber Motorradverkehr. Knapp 50% sehen die Aussage, dass Fahrverbote für Motorräder eine unzulässige Diskriminierung darstellen, zutreffend oder eher zutreffend und stimmen auch eher zu, dass Motorradfahren ein Gefühl von Freiheit vermittelt. Der Aussage, dass Motorradverkehr eine hohe Belastung für Mensch und Umwelt verursacht, finden ebenfalls knapp 50% zutreffend oder eher zutreffend.

Die Beantwortung der einzelnen Fragen zum Place Attachment sind in Anhang E2 dargestellt. Die deskriptive Darstellung der Fragen zum Umgang mit Motorradlärm findet sich in Anhang E3.

Von den 493 Teilnehmenden der Langzeitbefragung nahmen 213 auch an der Kurzzeitbefragung mit der MotoApp teil. Das Geschlechterverhältnis der Teilnehmenden lag bei 101 weiblichen und 110 männlichen Teilnehmenden. Von den verbleibenden Personen lagen keine Angaben vor. Das Durchschnittsalter lag bei 46,3 Jahren ( $SD=16,3$ ). Die durchschnittliche Wohndauer war 16,3 Jahre ( $SD=15,1$ ). In dieser Stichprobe lag der selbsteingeschätzte Sozialstatus im Durchschnitt bei  $M=4,2$ .

( $SD=0,9$ ), auf einer siebenstufigen Leiter. Die Zufriedenheit mit der Wohnumgebung lag bei  $M=4,3$  ( $SD=0,8$ ), was auf der Verbalskala *ziemlich zufrieden* entspricht.

Tabelle 10. Einstellung gegenüber Motorradverkehr

	Trifft zu zu	Trifft eher zu	Teils- teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu	N	M	SD	Min	Max
Fahrverbote für Motorräder stellen eine unzulässige Diskriminierung dar.	35,8	14,4	24,8	10,0	15,0	480	2,5	1,4	1	5
Der Motorradverkehr verursacht hohe Belastungen für Mensch und Umwelt.	25,4	22,9	27,7	12,1	12,1	481	2,6	1,3	1	5
Der Ausflugverkehr durch Motorräder leistet einen positiven Beitrag zum Tourismus.	16,5	18,2	33,7	19,2	12,3	478	2,9	1,2	1	5
Motorradfahren vermittelt ein Gefühl der Freiheit.	33,6	24,5	23,9	8,2	9,7	473	2,4	1,3	1	5
Ich fühle mich durch Motorräder im Straßenverkehr gefährdet.	18,3	14,8	25,4	20,6	21,0	481	3,1	1,4	1	5
Motorradfahrende verhalten sich im Straßenverkehr rücksichtsloser als Autofahrende.	17,2	13,7	36,9	16,0	16,2	482	3,0	1,3	1	5

Anmerkung. N= Anzahl. M=Mittelwert. SD= Standardabweichung. Min= Minimum. Max=Maximum.

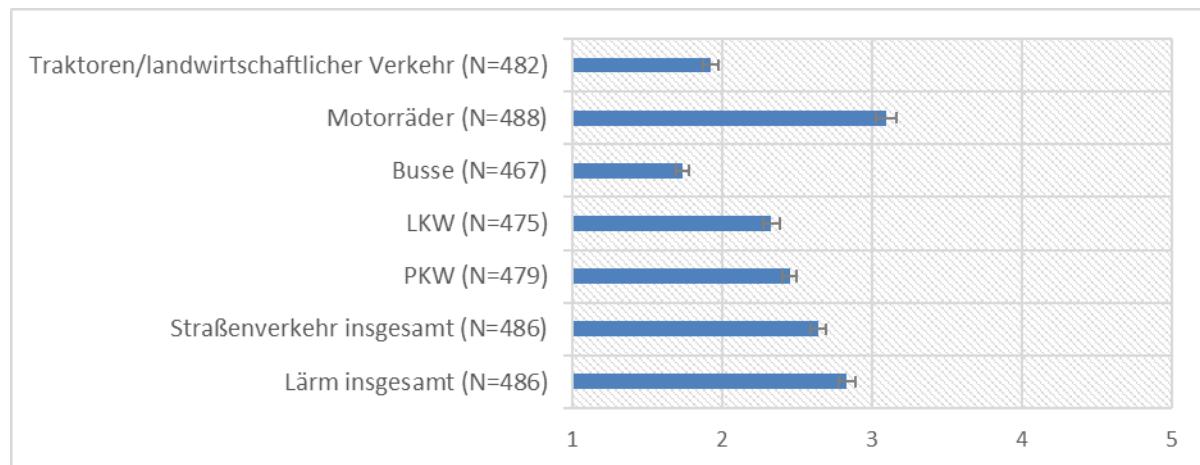
Um zu prüfen, ob die Teilnahme am zweiten Studienteil der MotoApp-Befragung einer Verzerrung unterliegt, beispielsweise wenn besonders vom Motorradlärm belästigte Personen an der Studie teilnehmen, wurde hier eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Gruppe der Teilnehmenden an der MotoApp-Befragung (N=213) wurde hierzu der Gruppe der Nicht-Teilnehmenden (N=279) gegenübergestellt, die lediglich an der Langzeitbefragung teilnahmen (siehe Tabelle 16, Anhang E6). Verglichen wurde die durchschnittliche Lärmbelästigung durch Motorräder, Straßenverkehrslärm insgesamt und Pkw. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Lärmbelästigung durch Motorradlärm zwischen den Teilnehmenden an der MotoApp-Befragung und der Gruppe der Nicht-Teilnehmenden ( $t(439,57) = 0,59, p = .551$ ), was sich ebenfalls für die weiteren Lärmbelästigungsvariablen bestätigte. Weiterhin zeigte sich, dass es signifikante Unterschiede in den Straßenverkehrslärmpegeln  $L_{\text{den}}$ ,  $L_{\text{Nacht}}$  und  $L_{\text{Tag}}$  gibt; die Teilnehmenden an der MotoApp-Befragung waren signifikant höheren Lärmpiegeln ausgesetzt als die Nicht-Teilnehmenden. Daher wurde mittels Kovarianzanalyse geprüft, ob bei Kontrolle des Einflusses des Lärmpiegels auf die Lärmbelästigung weiterhin keine Unterschiede in der Lärmbelästigung zwischen den Gruppen bestehen (siehe Tabelle 17, Anhang E6). Die Analysen ergaben keine signifikanten Unterschiede in der Belästigung durch Straßenverkehrslärm insgesamt ( $F(1,482)=0,8095, p=.3687$ ), Motorradlärm ( $F(1,484)=1,4278, p=.2327$ ) oder Pkw-Lärm ( $F(1,475)=0,5254, p=0,4689$ ) unter Kontrolle des Einflusses des Straßenverkehrslärmpegels.

Es zeigt sich also, dass die Annahme, dass eine höhere Betroffenheit durch den Motorradlärm bzw. gesamten Straßenverkehrslärm zur Teilnahme an der MotoApp-Befragung motiviert und die Ergebnisse verzerrt habe könnte (im Sinne einer Selbstselektion), für die MotoApp-Stichprobe insgesamt nicht bestätigt werden kann. Zusätzlich wurde geprüft, ob es Unterschiede in der selbstberichteten Persönlichkeitseigenschaft der Lärmempfindlichkeit zwischen den Teilnehmenden-Gruppen gibt. Auch hier ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, d.h. die MotoApp-Teilnehmenden nicht lärmempfindlicher als die ausschließlichen Langzeitstudien-Teilnehmenden. Die Teilnehmenden der MotoApp-Befragung sind allerdings im Mittel signifikant jünger im Vergleich zu den Nicht-Teilnehmenden, was vermutlich auch auf den Befragungsmodus in der MotoApp-Befragung zurückzuführen ist.

## 5.2 Langzeitbefragung

Die Befragungsdaten aus der Langzeitbefragung (siehe Kapitel 3.3.2) wurden mit Straßenverkehrspegeln aus DTV Daten der letzten 12 Monaten zusammengebracht.

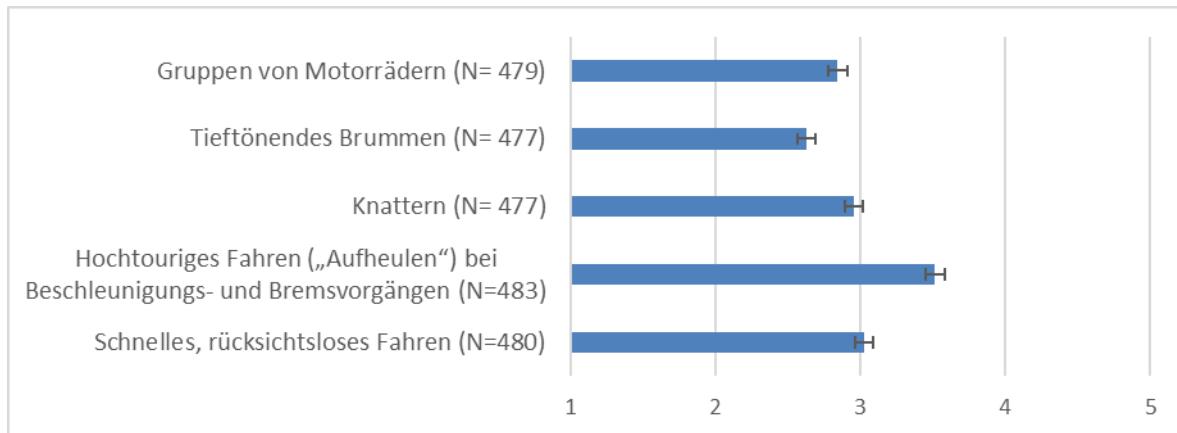
Für die einzelnen Straßenverkehrslärmquellen wurden die Teilnehmenden gefragt, wie stark sie sich dadurch in den letzten 12 Monaten zuhause gestört oder belästigt gefühlt haben (Abbildung 15). Durchschnittlich fühlten sich die Befragten am stärksten durch Motorradlärm gestört ( $M=3,1$ ;  $SD\pm1,1$ ). Die Lärmbelästigung durch Busse ist durchschnittlich am geringsten ( $M=1,7$ ;  $SD\pm1,0$ ). Die dazugehörigen Häufigkeitsangaben zur Belästigung durch verschiedene Straßenverkehrslärmquellen in den letzten 12 Monaten finden sich in Anhang E4.



Anmerkung: 1= überhaupt nicht 5 = äußerst

Abbildung 15. Durchschnittliche Lärmbelästigung durch verschiedene Straßenverkehrslärmquellen in den vergangenen 12 Monaten

Um einen vertiefenden Einblick in störende Aspekte des Motorradverkehrs zu erhalten, wurde weiterhin danach gefragt, wie störend einzelne Aspekte der Motorradgeräusche seien (Abbildung 16). Am störendsten wird hochtouriges Fahren bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen bewertet ( $M=3,5$ ;  $SD=1,4$ ) gefolgt von schnellem, rücksichtslosem Fahren ( $M=3,0$ ;  $SD=1,4$ ). Geräuschmerkmale wie tieftönendes Brummen und Knattern sowie Gruppen werden als etwas weniger störend eingeschätzt.



Anmerkung: 1= überhaupt nicht 5 = äußerst

Abbildung 16. Durchschnittliche Belästigung durch einzelne Aspekte des Motorradverkehrs

### 5.2.1 Zusammenhänge zwischen Straßenverkehrspegel, Belästigungsvariablen und weiteren relevanten Aspekten

Zwischen den Verkehrslärmpegeln für den gesamten Straßenverkehr ( $L_{DEN}$ ,  $L_{Aeq,Tag}$ ,  $L_{Aeq,Nacht}$ ) und der 12-Monatsbelästigung durch einzelne Straßenverkehrsquellen wurden Korrelationen gerechnet (Abbildung 17). Zwischen dem Straßenverkehrslärmpegel  $L_{Aeq,Tag}$  und der Belästigung durch Motorradlärm zeigt sich eine recht niedrige Korrelation ( $r=.23$ ). Der größte Zusammenhang zeigt sich zwischen dem Tagespegel  $L_{Aeq,Tag}$  und der Belästigung durch Lkw-Verkehr ( $r=.41$ ). Bei den vorliegenden Werten ist zu beachten, dass die Straßenverkehrspegel die Verkehrsmengen der einzelnen Fahrzeugtypen nicht adäquat widerspiegeln.

Weiterhin wurde die 12-Monatsbelästigung durch Motorradlärm mit der Bewertung einzelner Motorradaspekte korreliert (Abbildung 18). Es zeigen sich mittlere Korrelationen zwischen der Motorradbelästigung für die letzten 12 Monate und den einzelnen Motorradaspekten zwischen  $r=.62$  für das Aufheulen und  $r=.57$  für Brummen und Knattern.

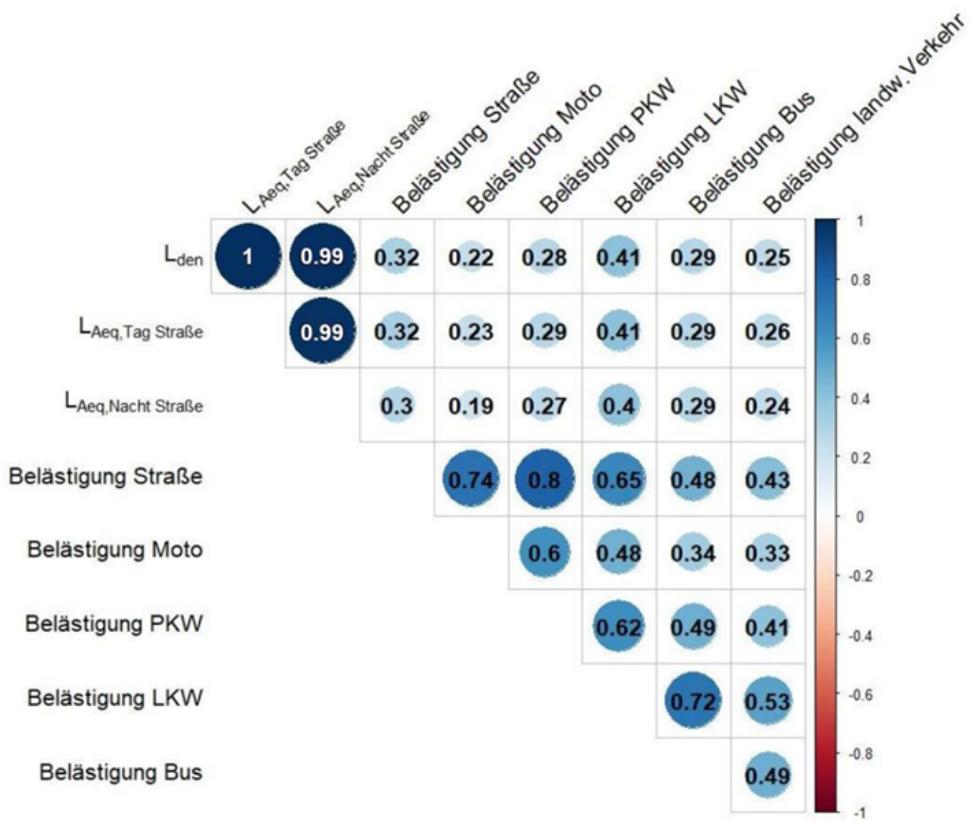


Abbildung 17. Korrelationen zwischen Straßenverkehrslärmpegeln  $L_{DEN}$ ,  $L_{Aeq,Tag}$ ,  $L_{Aeq,Nacht}$  und der 12-Monatsbelästigung durch einzelne Straßenverkehrsquellen

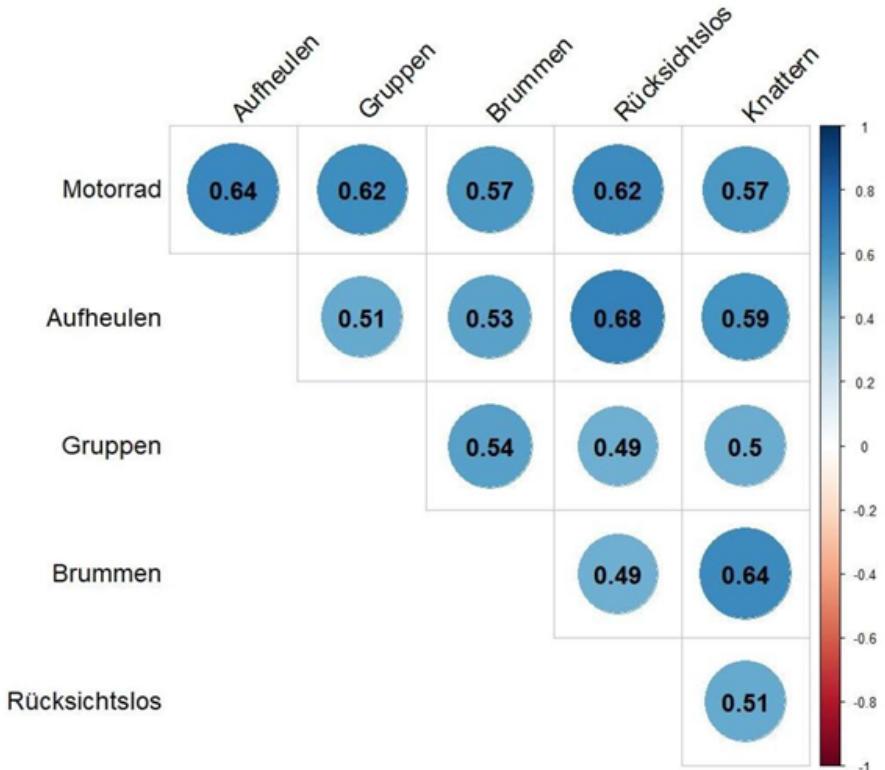


Abbildung 18. Korrelationen zwischen der 12-Monatsbelästigung durch Motorradverkehr und der Bewertung einzelner Aspekte von Motorradverkehr/-geräuschen

Außerdem wurde die Belästigung durch Motorradlärm mit weiteren Störungen durch Motorradlärm, verschiedenen mit der Wohnumgebung zusammenhängenden Faktoren sowie der Einstellung zu und Umgang mit Motorradlärm korreliert (Tabelle 11). Die Korrelationen zeigen mittlere bis hohe Korrelationen zwischen der Belästigung durch Motorradlärm und Aktivitätenstörungen, die durch Motorradlärm verursacht werden. Weiterhin zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen der Belästigung und der Einstellung zu Motorradverkehr: je zutreffender Aussagen mit positiver Wertung des Motorradverkehrs bewertet wurden, desto geringer war die Belästigung durch Motorradlärm ( $r = -.57; p < .001$ ). Für Aussagen, die eine negative Einstellung zu Motorradverkehr ausdrücken, zeigte sich umgekehrt, dass je stärker die Zustimmung desto höher war die Belästigung durch Motorradlärm ( $r = .65; p < .001$ ). Für den wahrgenommenen Umgang mit Motorradverkehr (Coping) zeigte sich ebenfalls ein negativer Zusammenhang mit der Belästigung durch Motorradlärm ( $r = .73, p < .001$ ). Das heißt, je besser die Einschätzung, dass man den Lärm von Motorrädern bewältigen kann, desto weniger fühlten sich die Teilnehmenden von Motorradlärm gestört oder belästigt.

*Tabelle 11. Korrelationen zwischen Belästigung durch Motorradlärm in den letzten 12 Monaten und Aktivitätenstörungen, Place Attachment, Einstellungen und Variablen der Wohnumgebung*

	Belästigung durch Motorradlärm (12 Monate)		
	r	p	N
Unterhaltungen/Telefonieren in Wohnung/Haus	0,690	<.001	480
Radio-/Musikhören/Fernsehen	0,669	<.001	480
Lesen/Nachdenken/Konzentrieren in Wohnung/Haus	0,706	<.001	476
Entspannung in Wohnung/Haus	0,749	<.001	478
Häusliche Geselligkeit	0,686	<.001	475
Bei Aufenthalt und Erholung im Freien	0,832	<.001	476
Bei Unterhaltungen/Gesprächen im Freien	0,807	<.001	476
Schlafstörung: Beim Einschlafen	0,568	<.001	472
Schlafstörung: Nachts, während des Schlafs	0,434	<.001	474
Schlafstörung: Beim Ausschlafen	0,561	<.001	469
Active Place Attachment	-0,006	0,903	486
Traditional Place Attachment	-0,065	0,154	487
Placelessness	-0,071	0,115	488
Einstellung Motorradverkehr positiv	-0,571	<.001	478
Einstellung Motorradverkehr negativ	0,651	<.001	480
Coping Score	-0,730	<.001	479
Zufriedenheit Wohnumgebung	-0,321	<.001	471
Wohndauer	0,031	0,505	475

Anmerkung. r = Korrelationskoeffizient, p = Signifikanzniveau, N= Anzahl.

## 5.2.2 Expositions-Wirkungskurven zwischen Straßenverkehrslärmpegeln und Wirkungsvariablen in der Langzeitbefragung

Für jede relevante Wirkungsvariable, also hier die Belästigung durch verschiedene Fahrzeugtypen (Prozentanteil hoch belästigter Personen (%HA<sub>V</sub>) und Schlafstörungen durch Motorradlärm (Prozentanteil hoch schlafgestörter Personen (%HSD) getrennt für Störungen beim Ein-, Durch- und

Ausschlafen), wurden einfache logistische Regressionen mit den entsprechenden Expositionsmassen des Straßenverkehrs berechnet.

Abbildung 19 zeigt die Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, durch verschiedene Fahrzeugtypen auf der Straße hoch belästigt zu sein in Abhängigkeit des Straßenverkehrspegel  $L_{Aeq,Tag}$ . Die gelbe Kurve zeigt die Belästigung durch Straßenverkehr insgesamt in Abhängigkeit des Straßenverkehrspegel  $L_{Aeq,Tag}$ . Die Kurve für Motorradlärm erscheint fast linear und liegt deutlich über den Kurven für andere Straßenfahrzeugtypen. Bereits bei niedrigen Straßenverkehrspegeln ist die Belästigung durch Motorradverkehr hoch. Die Kurve für die Belästigung durch Lkw-Lärm verläuft deutlich steiler als die Kurve für Pkw-Lärm. Der Anteil hoch belästigter Personen liegt ab einem dB-Wert von ca. 55 dB höher als bei der Belästigung durch Pkw-Lärm (vgl. Abbildung 19).

Die Kurven für die Belästigung durch Lärm von Bussen sowie Lärm von landwirtschaftlichem Verkehr verlaufen recht flach und nahezu parallel mit etwas höheren Werten durch landwirtschaftlichen Verkehr. Bei der Interpretation der Expositions-Wirkungskurven ist zu beachten, dass die Belästigung durch verschiedene Fahrzeugtypen mit den akustischen Maßen für den gesamten Straßenverkehr assoziiert werden. Der Straßenverkehrslärmpegel enthält unterschiedliche Anteile an Fahrzeugtypen, wodurch die differenzierte Betrachtung nach Fahrzeugtypen getrennt nicht möglich ist.

Die Expositions-Wirkungskurven für den Straßenverkehrs  $L_{DEN}$  ist in Anhang E5 abgebildet.

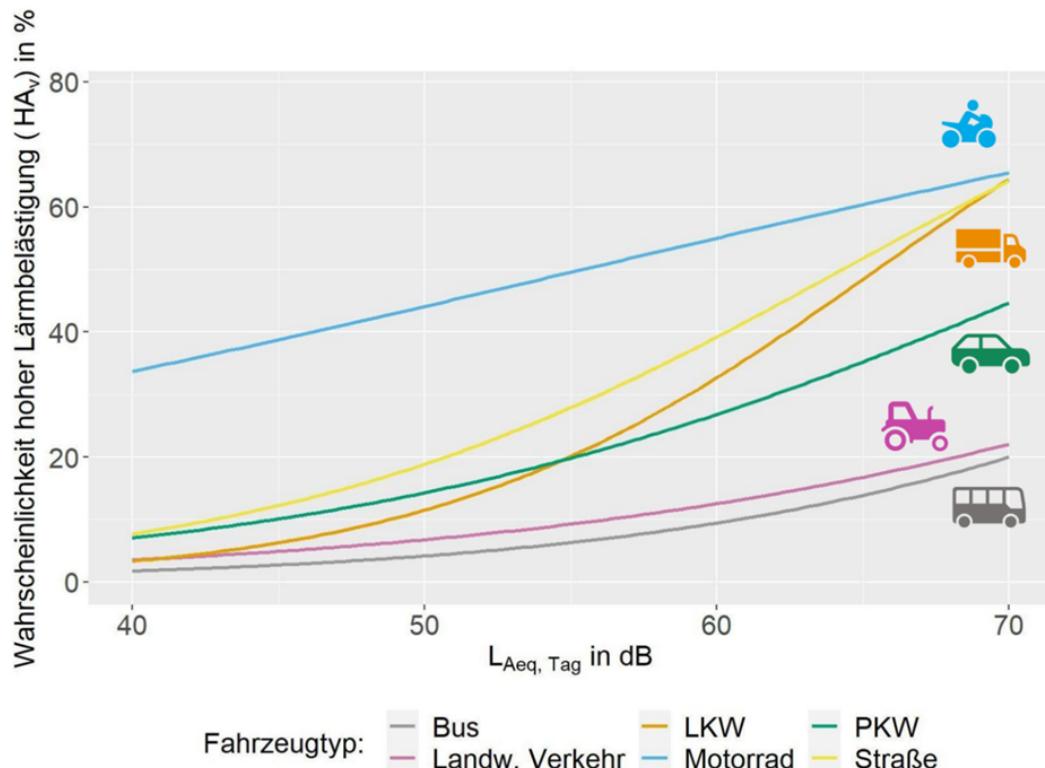


Abbildung 19. Expositions-Wirkungsbeziehung für  $L_{Aeq,Tag}$  des Straßenverkehrslärms und %HAv durch die Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus, landwirtschaftlichen Verkehr und Straßenverkehr insgesamt

Abbildung 20 zeigt die Expositions-Wirkungsbeziehungen für den Straßenverkehrslärmpegel  $L_{Aeq,Nacht}$  und %HSD durch Motorradlärm beim Einschlafen, Störungen beim Durchschlafen und Störungen beim

Ausschlafen. Zu beobachten ist, dass der Straßenverkehrslärmpegel problematischer beim Ein- und Ausschlafen ist. Die Wahrscheinlichkeit durch Straßenverkehrslärm beim Einschlafen gestört zu werden steigt bei höheren Pegeln deutlicher an im Vergleich zu den anderen Schlafstörungsvariablen. Eine mögliche Interpretation ist, dass der Schlafdruck nach dem Nachtschlaf morgens geringer ist und man dadurch leichter zu wecken ist. Auch hier sei darauf hinzuweisen, dass sich die Fragen zu Schlafstörungen auf die Störung durch Motorradlärm beziehen, wohingegen im nächtlichen Straßenverkehrslärm nur in geringem Anteil Motorradverkehr enthalten ist.

Die Analysen der Gesamtstraßenverkehrsbelastung haben einen ersten Überblick ergeben und Hinweise auf Motorradlärm als spezifisches Problem erkannt.

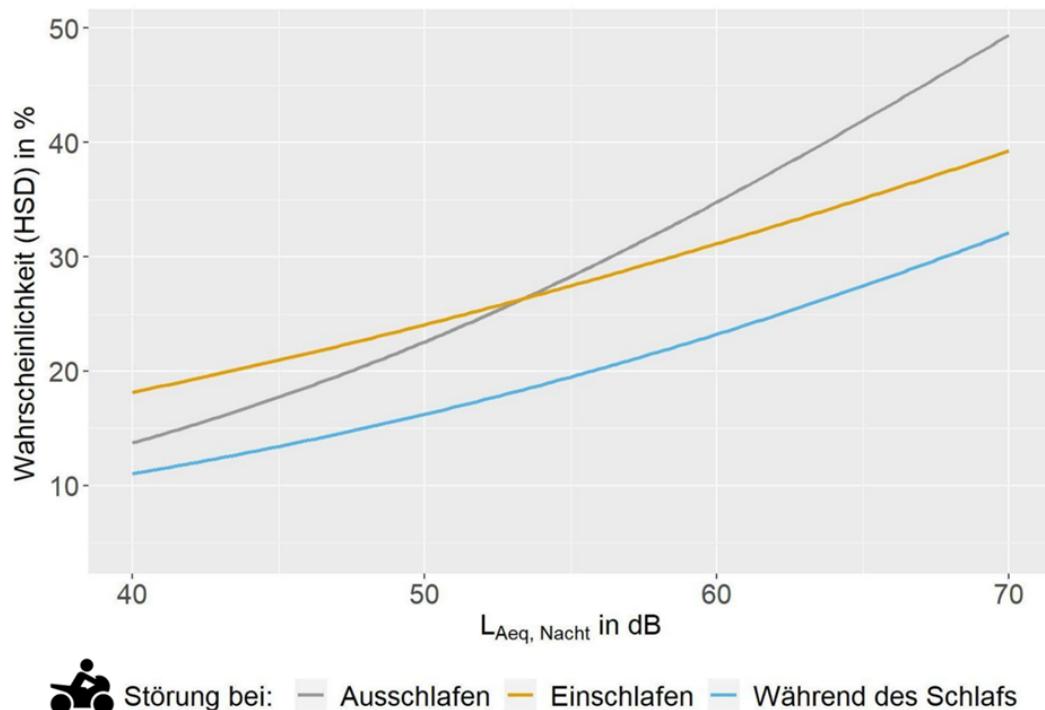


Abbildung 20. Expositions-Wirkungsbeziehung für den  $L_{Aeq, Nacht}$  und %HSD durch Motorradlärm beim Einschlafen, Störungen beim Durchschlafen und Störungen beim Ausschlafen

### 5.3 Kurzzeitbefragung MotoApp

Die Kurzzeitbefragung mit der MotoApp fand im Anschluss an die Langzeitbefragung statt. Beginn der Einzelbefragungen per App war der 06. Juli 2022. Eine Übersicht über die gesamten einzelnen Befragungsteilnahmen in der MotoApp ist in Abbildung 21 nach Untersuchungsgebieten farblich abgegrenzt dargestellt. Auf der x-Achse sind die einzelnen Befragungstage abgetragen, wobei jeweils 12 Befragungszeitpunkte möglich sind.

Insgesamt wurden 6.732 Einzelbefragungen von den 213 teilnehmenden Personen gezählt. Jeder Punkt entspricht einer Befragung einer Person zu einem Zeitpunkt. Die Säulen bilden entsprechend die Anzahl der Teilnahmen pro Untersuchungstag ab. Je Zeile werden alle Teilnahmen einer Person über den gesamten Untersuchungszeitraum abgebildet. Aufgrund von Schwierigkeiten bei der postalischen Zustellung der Unterlagen für die MotoApp gibt es Nachzügler:innen, die erst eine Woche später mit

der Teilnahme begonnen haben und in der nachfolgenden Woche, die für die zweite Woche vorgesehenen Befragungszeitpunkte, ausfüllten (22.-26.07.22). Insgesamt ist die Anzahl an teilnehmenden Personen aus Gaggenau und Oppenau höher im Vergleich zu den anderen Untersuchungsgebieten.

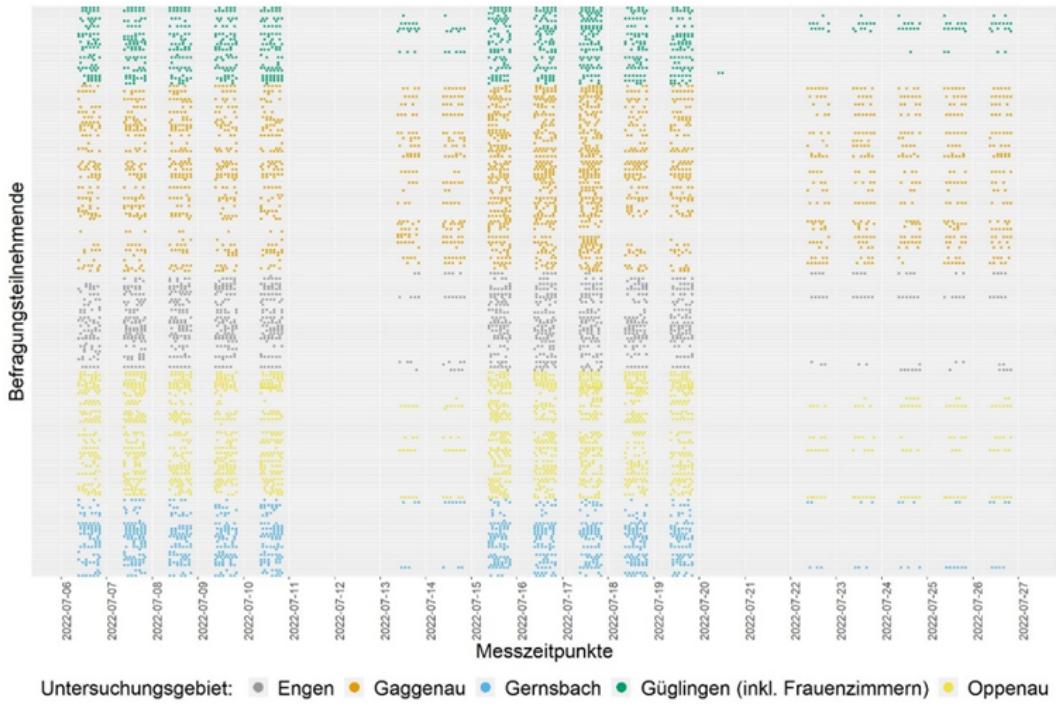


Abbildung 21. Gesamte Befragungsteilnahmen (N=6.732) in der MotoApp getrennt nach Untersuchungsgebieten und Datum

Der Aufenthaltsort der befragten Person zum Befragungszeitpunkt war dahingehend entscheidend, ob weitere Fragen zur Wahrnehmung von Verkehrslärm zuhause präsentiert wurden. In Abbildung 22 sind alle Befragungsteilnahmen in der MotoApp abgetragen, bei denen sich die befragten Personen zuhause aufgehalten haben (N=4.040). Daraus resultiert, dass 4.040 Belästigungsurteile vorliegen.

Die Anzahl der Teilnahmen je Person variiert in der absoluten Anzahl. Ebenfalls sichtbar wird, dass zu einzelnen Tageszeiten häufiger Befragungen ausgefüllt wurden im Vergleich zu anderen Zeiten. Für die folgenden Auswertungen wurden die zehn relevanten Untersuchungstage herangezogen, zu denen Expositionsmäße bestimmt wurden.

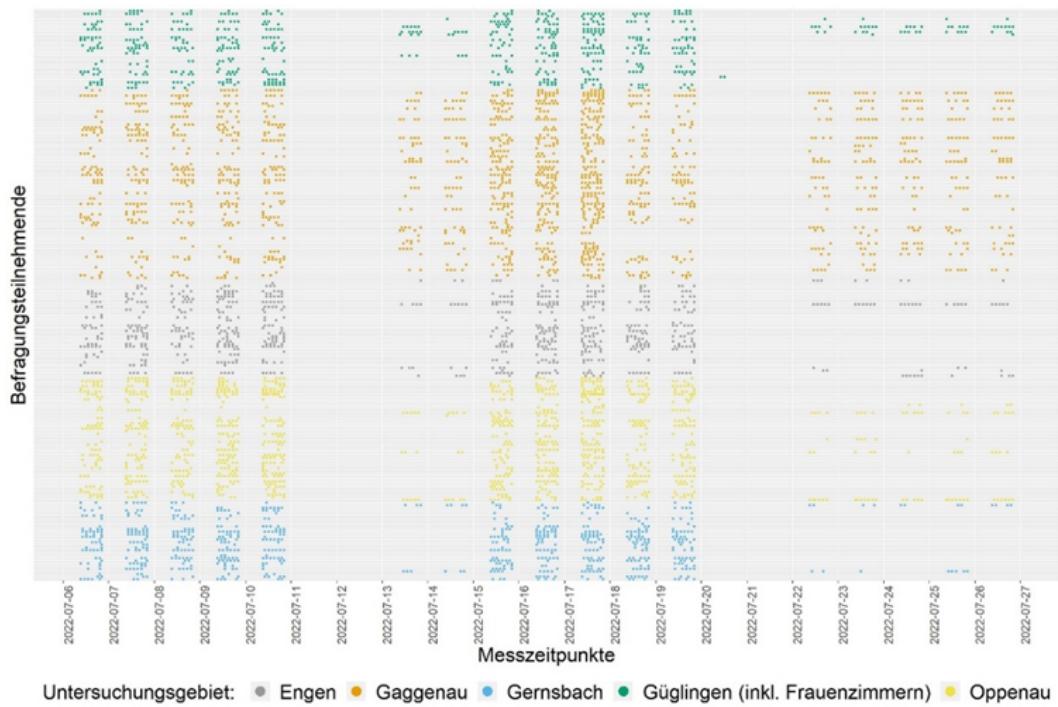


Abbildung 22. Befragungsteilnahmen in der MotoApp zu denen die befragte Person angab, sich zuhause aufzuhalten (N=4.040) getrennt nach Untersuchungsgebieten und Datum

### 5.3.1 Deskriptive Übersicht über Schlüsselvariablen

Die deskriptive Darstellung der Geräuschbelastung durch verschiedene Fahrzeugklassen an den 12 Messpunkten in den fünf Untersuchungsgebieten ist in Tabelle 12 enthalten.

Tabelle 12. Deskriptive Daten der gemittelten stündlichen Werte der Emissionen an Messpunkten durch die Fahrzeugtypen zwischen 08-20 Uhr

MP 1 - Engen West	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	79,1	73,2	64,9	71,6		79,4
Minimum	71,6	50,0	45,4	55,8		72,4
Mittelwert	76,0	61,1	55,8	63,2		76,5
Median	75,9	62,8	55,0	62,8		76,5
Standardabweichung	1,1	5,4	4,3	3,4		1,1
MP 2 - Engen Ost	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	81,3	78,3	69,5	79,9		82,3
Minimum	75,2	52,4	54,5	54,8		75,7
Mittelwert	78,4	68,1	60,7	68,2		79,7
Median	78,4	69,7	60,5	68,5		79,6
Standardabweichung	1,1	6,1	3,3	5,0		1,2
MP 3 - Oppenau	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	78,4	73,5	63,2	76,8		80,1
Minimum	66,6	45,1	49,4	53,4		68,7
Mittelwert	70,7	62,1	55,8	68,1		74,1
Median	70,8	63,0	55,1	68,3		74,1

Standardabweichung	1,8	6,4	3,5	4,5	2,1	
<b>MP 4 - Gernsbach Südwest</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	82,7	79,9	66,1	76,7		82,9
Minimum	68,3	45,5	50,0	49,1		69,1
Mittelwert	73,5	63,8	56,4	68,0		75,8
Median	73,5	65,4	56,4	67,9		76,1
Standardabweichung	1,9	7,7	3,3	5,1		2,1
<b>MP 5 - Gernsbach Nordost</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	76,9	73,4	68,9	77,6		80,3
Minimum	70,4	45,6	53,6	60,8		71,4
Mittelwert	74,2	63,8	59,4	68,6		76,1
Median	74,3	65,6	59,9	68,8		76,3
Standardabweichung	1,4	6,7	3,0	3,9		1,6
<b>MP 6 - Gaggenau Süd</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	84,4	83,3	71,0	76,7		84,6
Minimum	72,8	-75,2	-80,0	-80,0		73,4
Mittelwert	77,1	26,2	30,0	68,7		78,5
Median	77,0	63,0	57,9	70,6		78,5
Standardabweichung	1,7	62,7	56,5	14,2		1,8
<b>MP 7 - Gaggenau Mitte-Süd</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	84,8	83,7	64,3	80,7		84,9
Minimum	69,1	43,5	52,3	52,9		70,9
Mittelwert	73,3	62,5	58,1	67,7		75,5
Median	73,1	63,5	57,6	68,2		75,2
Standardabweichung	2,2	6,8	2,6	4,6		2,3
<b>MP 8 - Gaggenau Mitte-Nord</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	88,2	88,1	69,9	80,1		88,4
Minimum	72,1	50,0	57,6	55,7		73,1
Mittelwert	75,9	65,7	61,8	70,1		78,1
Median	75,8	67,7	61,6	70,6		77,8
Standardabweichung	2,0	7,4	2,2	4,7		2,3
<b>MP 9 - Gaggenau Nord</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	85,6	77,0	71,1	78,2		85,9
Minimum	71,9	53,7	53,1	51,4		74,0
Mittelwert	75,6	66,0	62,2	69,8		77,6
Median	75,3	66,4	61,4	70,2		77,4
Standardabweichung	1,7	5,4	3,6	4,6		1,7
<b>MP 10 - Güglingen West</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	88,7	85,2	75,7	88,4		90,0
Minimum	79,2	59,3	62,0	64,3		17,0
Mittelwert	84,7	76,5	68,6	75,0		68,9
Median	84,8	77,7	68,7	75,4		85,2
Standardabweichung	1,9	6,9	3,1	4,1		30,0
<b>MP 11 - Güglingen Ost</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	86,5	83,8	76,0	84,0		87,5
Minimum	78,5	55,1	57,6	60,4		78,8

Mittelwert	82,9	73,6	65,8	73,7	84,3	85,7
Median	83,0	75,0	65,8	74,7	84,3	
Standardabweichung	1,3	6,7	4,0	3,9	1,5	
<b>MP 12 - Güglingen Frauenzimmern</b>	Pkw	Lkw	Bus	Krad	Gesamtverkehr	RLS-19
Maximum	82,7	80,5	72,8	78,7	83,2	
Minimum	74,2	51,8	52,9	54,4	75,6	
Mittelwert	78,8	67,6	60,5	67,4	79,9	81,6
Median	78,8	69,7	60,4	67,3	79,9	
Standardabweichung	1,5	7,0	3,8	3,7	1,5	

Anmerkung. MP= Messpunkt.

Für die Belästigung durch verschiedene Fahrzeugtypen wurde eine Übersicht über die Häufigkeit der gewählten Ausprägungen der Belästigungsskala je Untersuchungstag und Untersuchungsgebiet erstellt (Abbildung 23). Die 5-stufige Belästigungsskala besteht aus fünf verbalen Ausprägungen von 1= überhaupt nicht belästigt bis 5= äußerst belästigt. In den vertikalen Blöcken abgebildet sind die verschiedene Fahrzeugtypen. Die Ausprägungen nach Untersuchungsgebieten sind in den einzelnen Zeilen dargestellt. Für Motorradlärm wird in fast allen Untersuchungsgebieten häufiger angegeben, stark oder äußerst belästigt zu sein (hier in hellgrün bzw. gelb dargestellt) im Vergleich zum Lärm anderer Fahrzeugtypen.

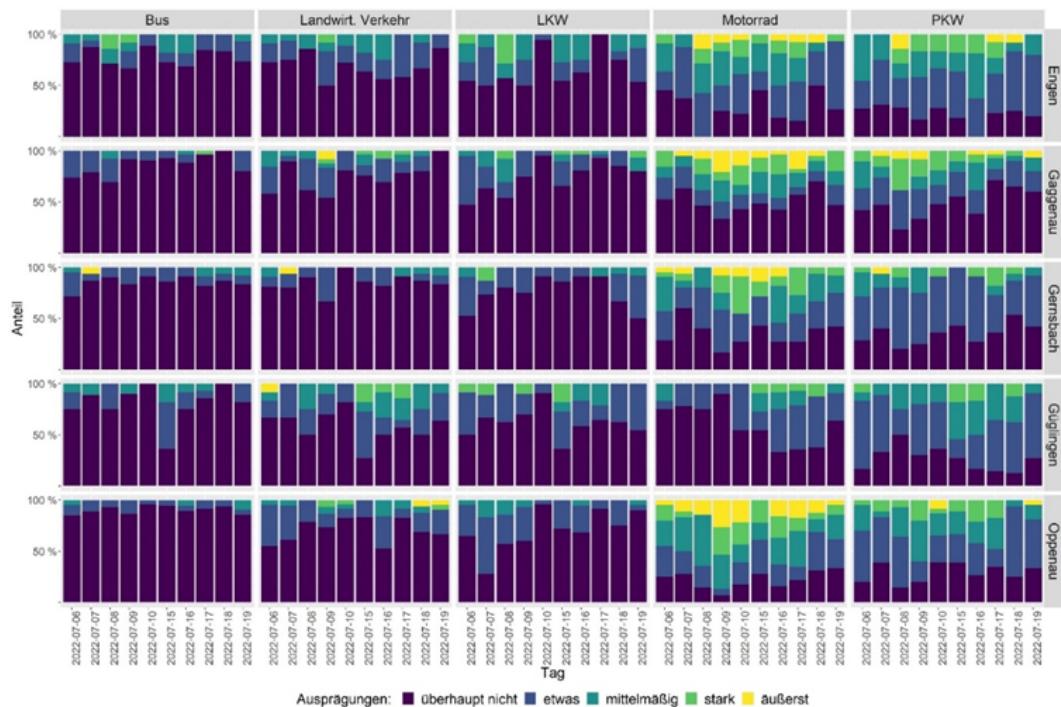


Abbildung 23. Anteilige Häufigkeit der Ausprägungen der Belästigungsskala für die fünf Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus, landwirtschaftlicher Verkehr aufgeteilt nach Untersuchungsgebieten für die zehn Untersuchungstage

Personen, die angaben, durch Motorradlärm mindestens etwas gestört zu sein, wurden in der Folge nach besonders störenden Aspekten von Motorradlärm bzw. Motorradverhalten gefragt. Die Antworten nach absoluter Anzahl sind in Abbildung 24 dargestellt. In den vertikalen Blöcken sind die einzelnen abgefragten Aspekte abgetragen, in den Zeilen sind die Angaben getrennt nach

Untersuchungsgebieten dargestellt. Vor allem in Oppenau und Gaggenau zeigen sich vermehrt Angaben, die eine hohe Belästigung durch spezifische Aspekte ausdrücken.

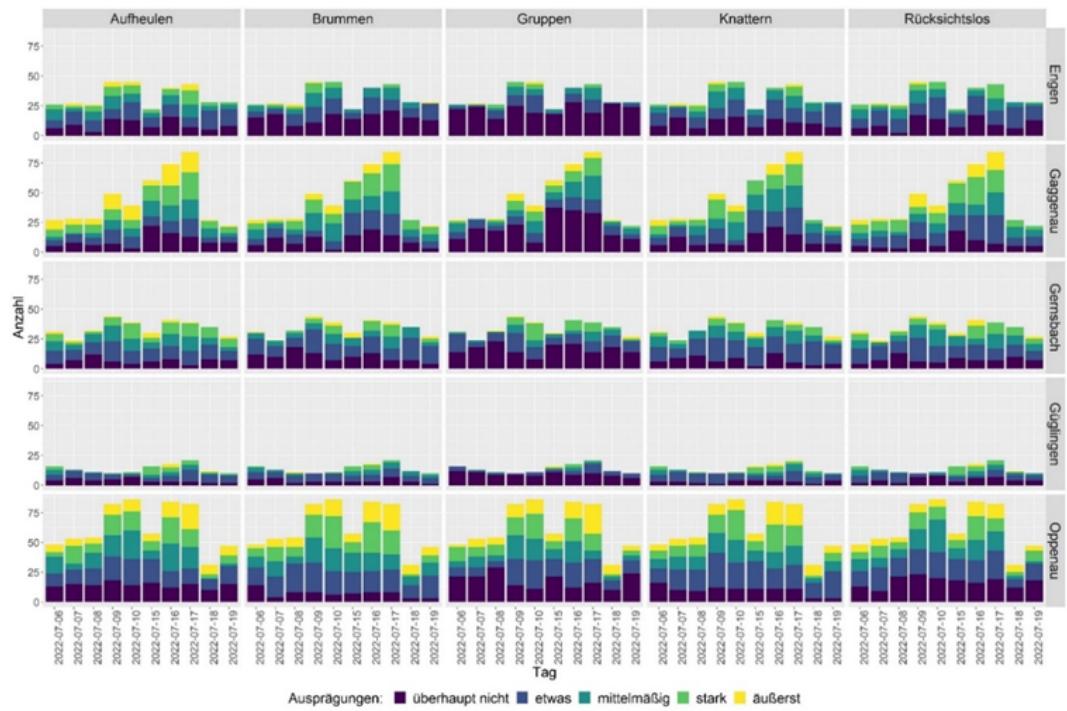
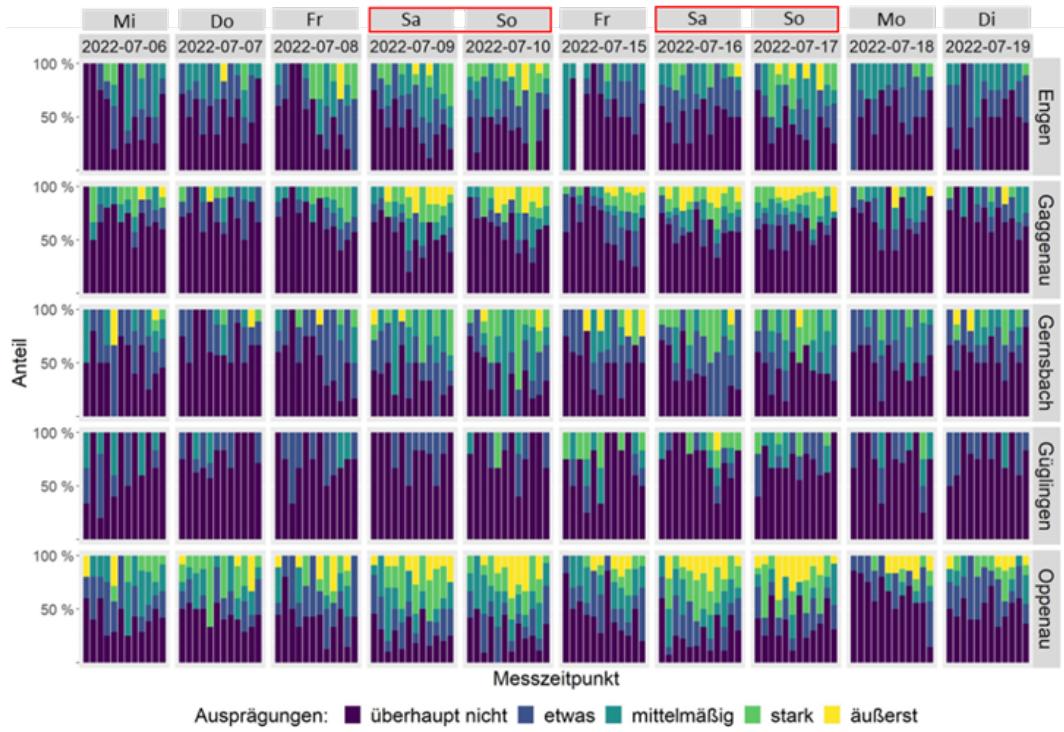


Abbildung 24. Anzahl der gewählten Ausprägungen zu störenden Aspekten des Motorradlärmes für die fünf Untersuchungsgebiete an den zehn Untersuchungstagen

Abbildung 25 gibt eine Übersicht über die Belästigung durch Motorradlärm im Tagesverlauf an den zehn relevanten Untersuchungstagen. Jede vertikale Säule stellt einen Untersuchungstag dar; darin enthalten sind einzelne Säulen für jede Befragungsstunde im Tagesverlauf. In den Zeilen sind die Untersuchungsgebiete dargestellt. Die Einzelsäulen stellen jeweils den Anteil der Ausprägungen der Belästigungsskala pro Befragungszeitpunkt dar. An den Wochenendtagen zeigen sich deutlich häufiger Anteile von hoher Lärmbelästigung durch Motorradverkehr im Vergleich zu den Werktagen. Weiterhin ist der Anteil hoher Belästigung vor allem in den Untersuchungsgebieten Oppenau und Gaggenau zu sehen.



Anmerkung. Die Wochenenden, hier Samstag und Sonntag, sind rot markiert.

Abbildung 25. Anteil der fünf Ausprägungen der Skala zur Belästigung durch Motorradlärm für jede Befragungsstunde im Tagesverlauf und über die zehn Untersuchungstage hinweg getrennt nach Untersuchungsgebiet

### 5.3.2 Zusammenhänge zwischen 1-h-Pegeln und Stundenurteile der Belästigung

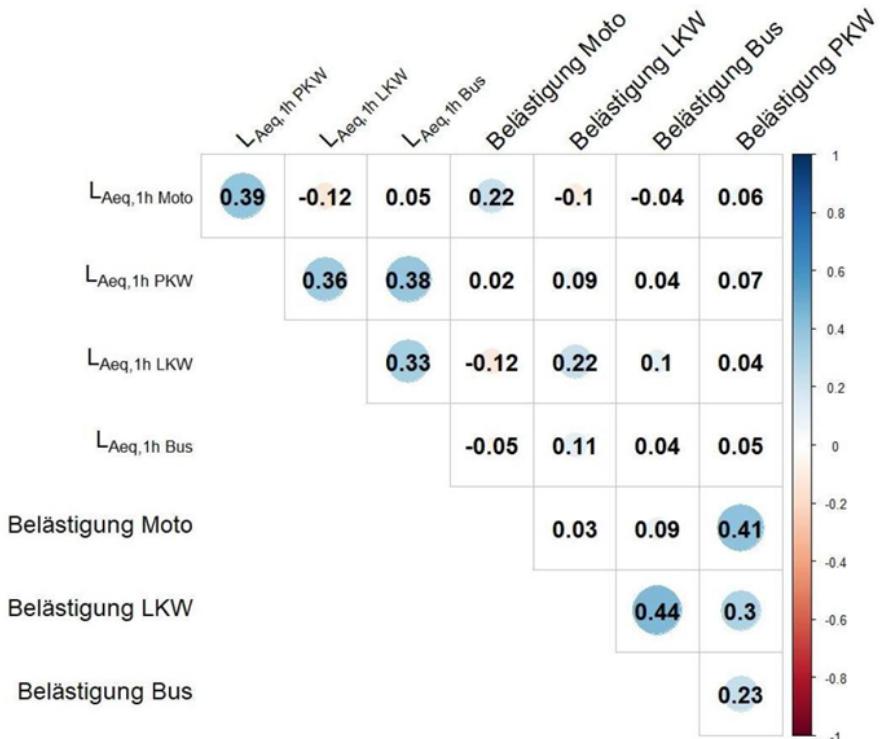


Abbildung 26. Korrelationen zwischen 1-h-Lärmpegeln  $L_{Aeq,1hMotorrad}$ ,  $L_{Aeq,1hPKW}$ ,  $L_{Aeq,1hLKW}$ ,  $L_{Aeq,1hBus}$  und den korrespondierenden 1h-Belästigungsangaben

Die 1-h-Lärmpegel für Motorräder, Pkw, Lkw und Bus wurden mit den korrespondierenden Belästigungsurteilen korreliert (Abbildung 26). Die Ergebnisse zeigen schwache Korrelationen zwischen Lärmpegel- und Belästigungsvariablen. Dabei zeigt sich der stärkste Zusammenhang zwischen den Motorradbezogenen Variablen mit  $r=22$  ( $p<.001$ ), der in seiner Größe jedoch ebenfalls als schwach einzustufen ist.

### 5.3.3 Expositions-Wirkungsbeziehung für $L_{Aeq,1h}$ und %HA<sub>v</sub> der Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus in der Kurzzeitbefragung

Die zentrale Frage des Projekts ist die Wirkung des Motorradlärms in ländlichen Gebieten von Baden-Württemberg auf die Bevölkerung an attraktiven Motorradrouten. Aus den Daten der Kurzzeitbefragung wurden Expositions-Wirkungskurven für die 1-h-Exposition durch Motorradlärm sowie anderer Fahrzeugarten und der Wahrscheinlichkeit, durch die Exposition belästigt zu sein (%HA<sub>v</sub>), berechnet. In Abbildung 27 sind die Expositions-Wirkungskurven separat für die Werkstage (Montag-Freitag) und das Wochenende dargestellt. Die Expositions-Wirkungskurve für Motorradlärm zeigt sich dominant gegenüber den Kurven anderer Fahrzeugtypen. Am Wochenende verläuft die Kurve sogar deutlich steiler und beginnt bereits mit einem höheren Ausgangswert für den Anteil hoch belästigter Personen im Vergleich zu Werktagen. An Werktagen ist die Wahrscheinlichkeit, durch Lärm von Pkw oder Lkw gestört oder belästigt zu werden, ähnlich hoch. Die Kurven verlaufen nahezu parallel. Die Expositions-Wirkungskurve für den Busverkehr verläuft an beiden Wochentagsarten recht flach, zeigt sich jedoch am Wochenende eine höhere Belästigung. Der Lkw-Verkehr am Wochenende ist rechtlich stark eingeschränkt, daher wurde er nicht in die Abbildung für das Wochenende mit aufgenommen.

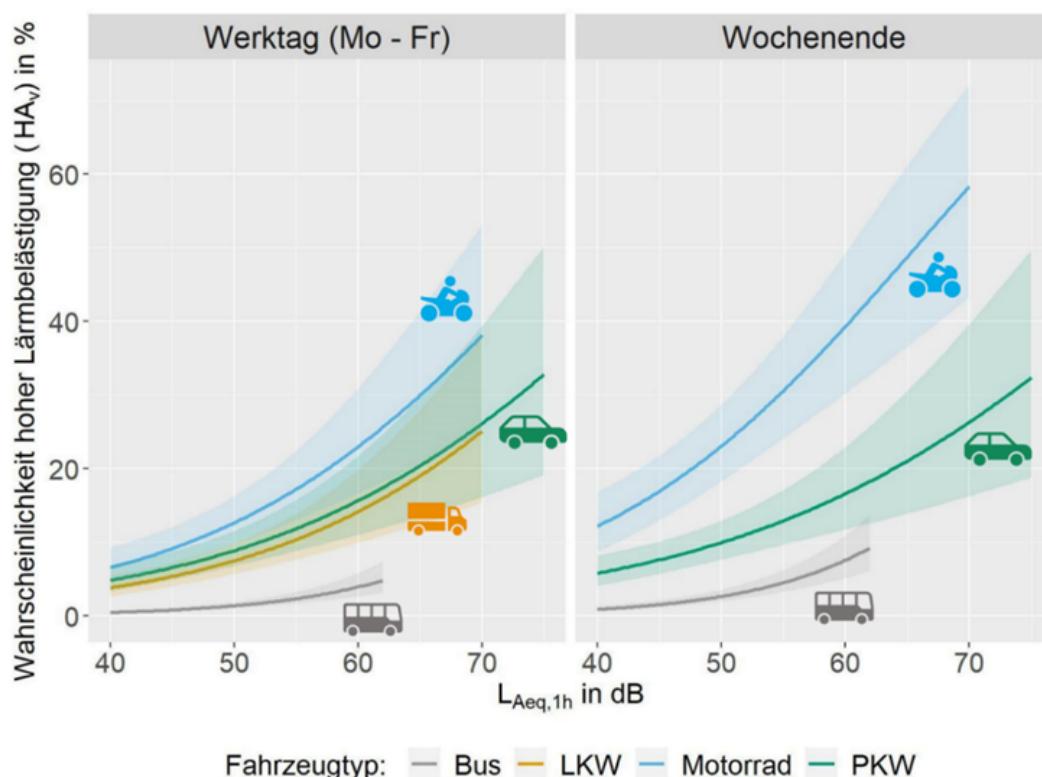


Abbildung 27. Expositions-Wirkungsbeziehung für  $L_{Aeq,1h}$  der Fahrzeugtypen Motorrad, Pkw, Lkw, Bus und %HA<sub>v</sub> der korrespondierenden Fahrzeugtypen

### 5.3.4 Subgruppenanalysen der Expositions-Wirkungsbeziehung der Belastung durch Motorradlärm

Weiterhin wurden Subgruppenanalysen durchgeführt um den Einfluss des Aufenthaltsorts der befragten Person sowie des Besitzes eines Motorradführerscheins auf die Wahrscheinlichkeit, durch Motorradlärm belästigt zu sein, zu untersuchen. Abbildung 28 zeigt Expositions-Wirkungskurven für den durchschnittlichen Motorrad  $L_{Aeq, 1h}$  und %HA<sub>v</sub> in Abhängigkeit des Aufenthaltsorts der befragten Person zum Befragungszeitpunkt getrennt nach Aufenthalt drinnen und draußen. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Wahrscheinlichkeit, von Motorradlärm hoch belästigt zu sein beim Aufenthaltsort drinnen verglichen zum Aufenthaltsort draußen. Die Kurven für den Aufenthaltsort draußen sind dabei sowohl an Werktagen als auch fürs Wochenende deutlich höher als die Wahrscheinlichkeit der Belästigung durch Motorradlärm beim Aufenthaltsort drinnen. Eine weitere Subgruppenanalyse wurde für Personen mit bzw. ohne Motorradführerschein durchgeführt (Anhang E6). Die Kurven für Personen ohne Motorradführerschein lagen zwar etwas über den Kurven derer, die im Besitz eines Motorradführerscheins waren. Allerdings zeigte sich kein signifikanter Effekt für die Wahrscheinlichkeit, durch Motorradlärm belästigt zu sein zwischen den Personen im Besitz eines Motorradführerscheins im Vergleich zu denen ohne Motorradführerschein.

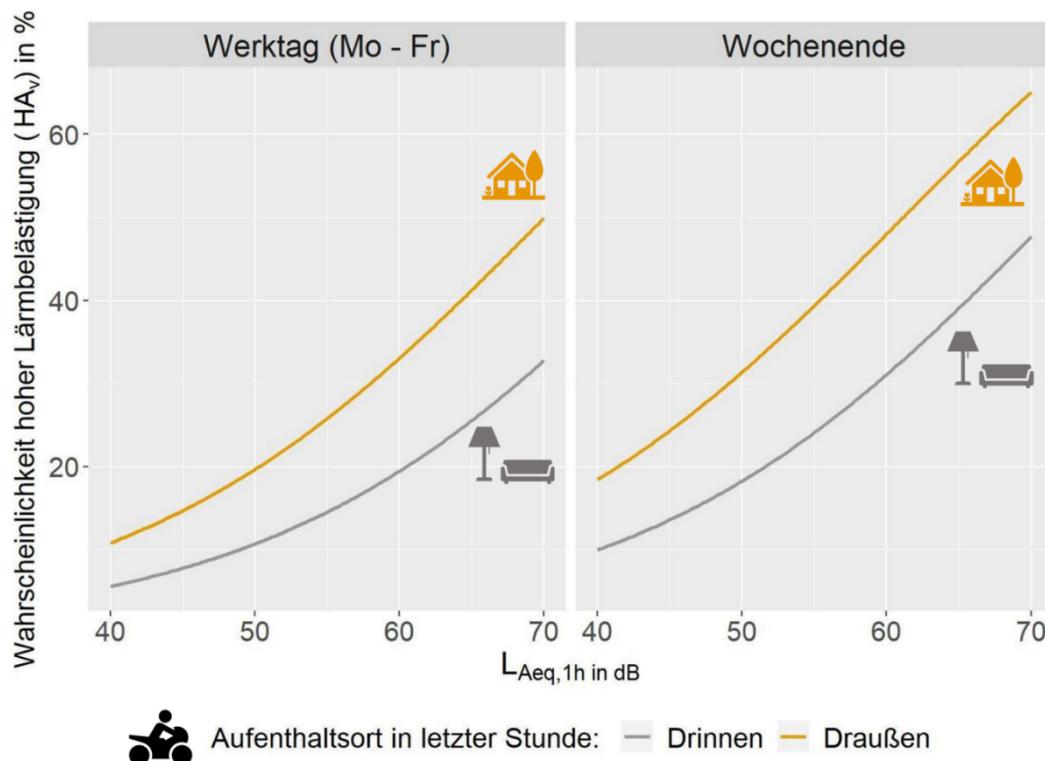


Abbildung 28. Expositions-Wirkungskurve für Motorrad  $L_{Aeq,1h}$  und %HA<sub>v</sub> durch Motorradlärm getrennt nach Aufenthaltsort der befragten Person

Zusätzlich wurden im Rahmen von Sensitivitätsanalysen Expositions-Wirkungskurven für Motorrad  $L_{Aeq,1h}$  und Belästigung durch Motorradlärm für jedes Untersuchungsgebiet getrennt durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Analyse werden vorrangig herangezogen, um einen Überblick über die potentielle Heterogenität der Untersuchungsgebiete zu erhalten. Je lokalspezifischer die Auswertung ausfällt, desto größer die Heterogenität der Gebiete und die Einflussfaktoren, die zusätzlich zu Exposition und

weiteren nicht-akustischen Faktoren eine Rolle spielen. Die Ableitung, die sich aus der Betrachtung einzelner Gebiete ergeben, sind weniger verallgemeinerbar. Der Vorteil einer globalen zusammengeführten Betrachtung der Ergebnisse einzelner Gebiete ist, dass durch die Varianz der Ausprägung einzelner Faktoren robustere Ergebnisse entstehen.

### **5.3.5 Tagesverlaufsanalysen: Wirkung der Belastung durch Lärm verschiedener Fahrzeugtypen im Tagesverlauf**

Die über den Tag verteilte mehrfache Beurteilung der Lärmsituation ermöglichen einen direkten Einblick in die Belästigung durch Straßenverkehrslärm im Tagesverlauf. Um den Effekt der Tageszeit auf die Belästigung durch Motorradlärm unabhängig von der Exposition zu untersuchen, wurde der Einflussfaktor Motorradlärm im gerechneten Modell kontrolliert. Ziel ist es in dieser sogenannten Kovarianzanalyse, den Effekt des Faktors Motorradlärm auf die Zielvariable, also die Belästigung, herauszurechnen. Dadurch wird die Wirkung der Tageszeit besser abgebildet. Abbildung 29 zeigt die um den Effekt des Pegels kontrollierte Stundenlärmelbelästigung durch Motorradlärm im Tagesverlauf von 9 bis 20 Uhr getrennt für die Werkstage und das Wochenende. Weiterhin wurde die Belästigung durch Motorradlärm in Abhängigkeit des Aufenthaltsortes der befragten Person während der betreffenden Stunde dargestellt (in Aufenthalt draußen oder drinnen). Die Kurven zeigen entsprechend die Lärmelbelästigung durch Motorräder im Tagesverlauf, wenn der Lärmpegel gleich gehalten wird. Sowohl werktags als auch am Wochenende ist die Belästigung durch Motorradlärm im Tagesverlauf höher bei Aufenthalt draußen im Vergleich zum Aufenthalt drinnen (bis auf eine Ausnahme werktags vor 10 Uhr). Darüber hinaus zeigen sich werktags erhöhte Belästigungswerte zwischen 12-13 Uhr, von 14-15 Uhr sowie zwischen 16-17 Uhr. Diese Uhrzeiten sind typischerweise mit Essenszeiten oder dem Feierabend assoziiert. Beim Aufenthalt im Haus ist zusätzlich eine Spitze zwischen 18-19 Uhr zu sehen, was vermutlich für viele die Zeit des Abendessens bedeutet. Am Wochenende verlaufen die Tagesverlaufskurven für den Aufenthaltsort drinnen und draußen höher im Vergleich zu den Werktagsskurven. Das Wochenende bietet in der Regel mehr Gelegenheiten für einen Aufenthalt im Haus und auf den hauseigenen Außenflächen (Garten, Balkon, etc.).

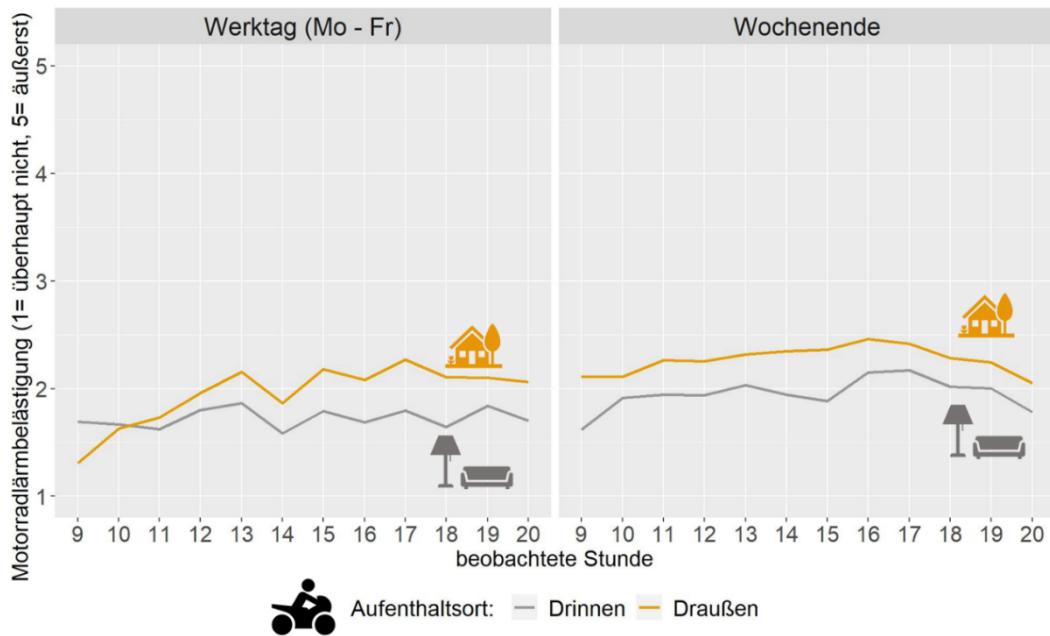
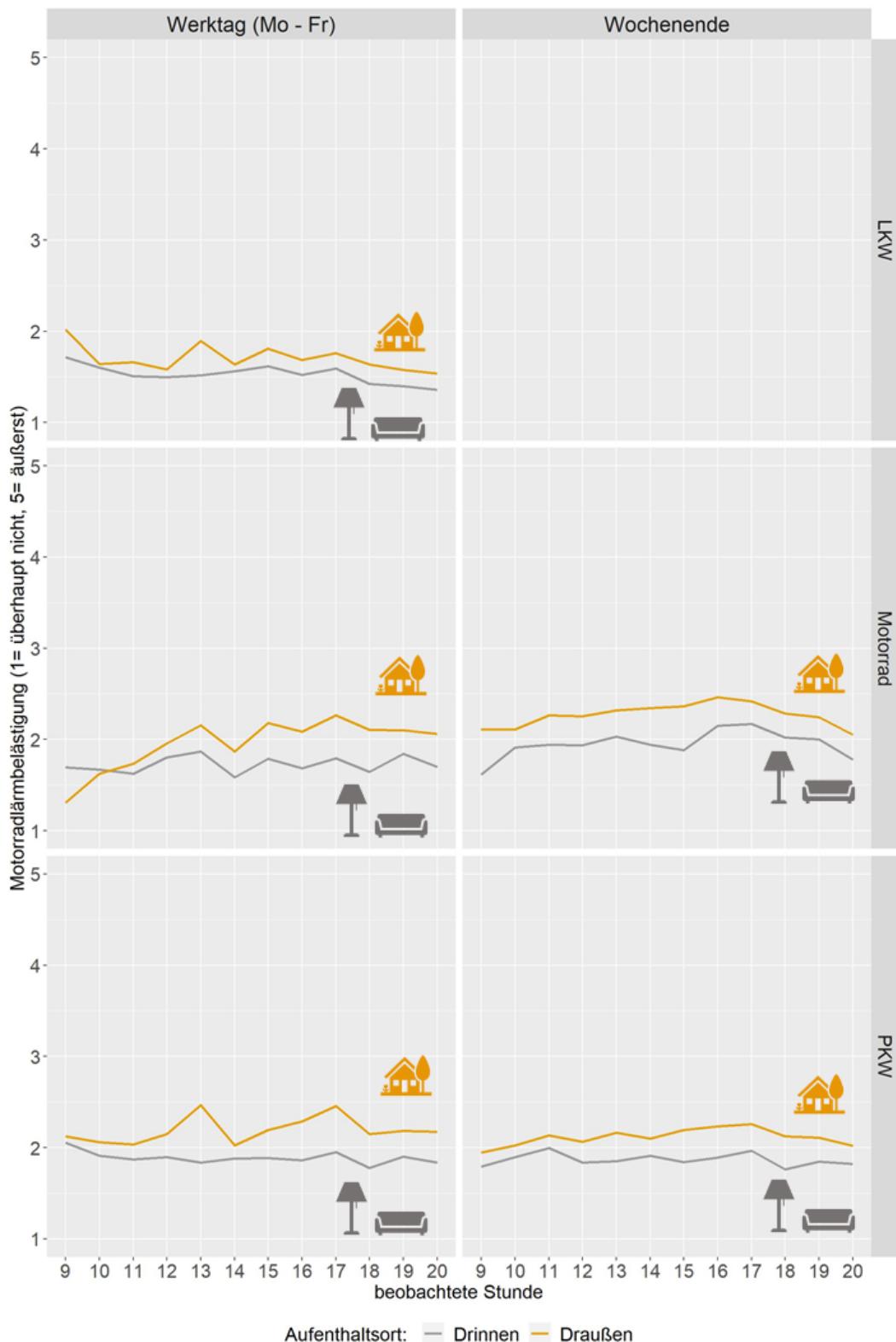


Abbildung 29. Durchschnittliche Stundenlärmbelästigung durch Motorradlärm bei gleichem Stundenpegel im Tagesverlauf in Abhängigkeit des Aufenthaltsorts zuhause (drinnen vs. draußen)

Am Wochenende gibt es vor allem in den Nachmittagsstunden einzelne Höhen. Durch die Kontrolle der Pegel zeigt sich, dass hohe Belästigungswerte nicht nur aus hohen Expositionswerten resultieren, sondern sicherlich auch der Aktivität im entsprechenden Zeitraum geschuldet sind (z.B. Feierabend, Erholung, Zusammentreffen mit Familie, Essen). Es kann vermutet werden, dass es zu bestimmten Uhrzeiten wie beispielsweise am Nachmittag an Wochenendtagen ein aufenthaltsortunabhängiger Bedarf nach Ruhe besteht.

In Abbildung 30 sind die Ergebnisse der Modelle für Motorrad, Pkw und Lkw im direkten Vergleich abgebildet. Der Aufbau entspricht der vorangegangenen Darstellung in Abbildung 29. Auch bei den Abbildungen zum Pkw-Verkehr zeigt sich ein Ruhebedürfnis zu bestimmten Uhrzeiten, der Expositionsunabhängig zu sein scheint. Dies zeigt sich vor allen werktags zwischen 12-13 Uhr und 16-17 Uhr bei Aufenthalt draußen. Bei gleichen Pegeln ist am Wochenende die Wahrscheinlichkeit, durch Lärm belästigt zu sein, für Motorradlärm höher als für Pkw-Lärm.



Anmerkung: Sonntags herrscht vielerorts ein Lkw-Fahrverbot. Aufgrund des niedrigen Lkw-Anteils wurde die Darstellung ausgespart.

Abbildung 30. Durchschnittliche Stundenlärmbelästigung bei gleichem Stundenpegel im Tagesverlauf (Lärmelastigung kontrolliert um den Effekt des Pegels)

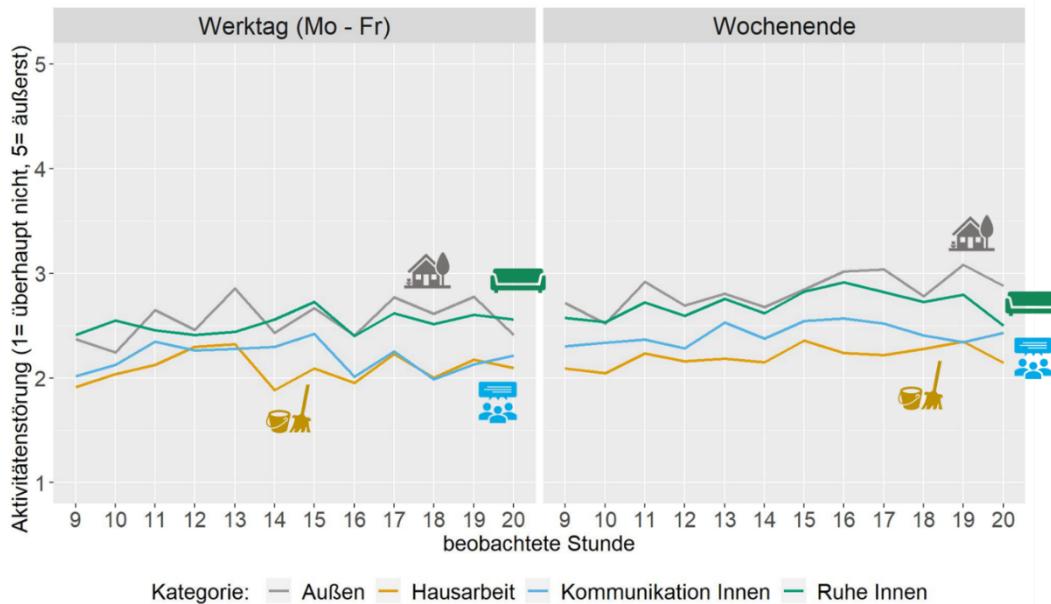


Abbildung 31. Durchschnittliche Störung bei verschiedenen Aktivitäten bei gleichem Stundenpegel im Tagesverlauf

Bezogen auf Motorradlärm wurde außerdem erfragt, bei welchen Aktivitäten der Motorradlärm in der jeweiligen Befragungsstunde störend gewesen sei. Abbildung 31 bildet die Störung durch Motorradlärm bei der Hausarbeit drinnen, bei der Kommunikation im Innenraum, Aktivitäten, die der Ruhe dienen sowie Außenaktivitäten im Tagesverlauf ab. Erhöhte Störungen werden bei Aktivitäten im Außenbereich sowie ruhenden Aktivitäten im Innenraum aufgezeigt. Hier zeigen sich am Wochenende vor allem die Nachmittagsstunden zwischen 15-19 Uhr relevant.

## 6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vorliegende Bevölkerungsbefragung untersuchte die Auswirkung von Motorradlärm auf die Anwohnerschaft von beliebten Motorradstrecken in Baden-Württemberg. Dabei zeigt sich, dass Motorradlärm vor allem am Wochenende und in den Nachmittagsstunden als störend wahrgenommen wird. Charakteristische Geräuschmerkmale und Motorradfahrverhalten, wie das Aufheulen lassen durch hochtouriges Fahren bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen sowie rücksichtsloses Fahren, werden als besonders störend beschrieben. Ebenfalls wird Motorradlärm als störender beim Aufenthaltsort im Freien um das Wohngebäude herum wahrgenommen im Vergleich zum Aufenthalt im Wohngebäude. Die erhöhte Belästigung zu bestimmten Uhrzeiten unter der Woche und am Wochenende deutet auf ein erhöhtes Ruhebedürfnis der anwohnenden Bevölkerung von Motorradstrecken hin.

## 7 Ableitung von Empfehlungen

### 7.1 Einleitendes

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) setzte in den 1990er Jahren die Projektgruppe „Motorrad und Umwelt“ ein. Im Rahmen der Arbeiten dieser Projektgruppe stellte der Deutsche Arbeitsring für Lärmbekämpfung e.V. (DAL) in einem Positionspapier zum Umgang mit dem Motorrad in der Planung 1997 die untenstehenden Thesen auf:

#### *„Thesen zur Ausgangssituation“*

1. *Das Motorrad ist kein flächendeckendes Problem, sondern ein lokal-linienhaftes.*
2. *Das Motorrad ist nur in den seltensten Fällen ein Verkehrsmittel und tritt deshalb als Umweltbelastungsfaktor nicht in den Vordergrund (verkehrs-) planerischer Überlegungen.*
3. *Das Motorradfahren ist in den meisten Fällen eine Freizeitaktivität, für die es (noch) keine Beurteilungskriterien gibt.*
4. *Das Motorrad wird schwerpunktmäßig in Zeiten bewegt, in denen viele Menschen Erholung suchen – also in den warmen Monaten, am Wochenende und abends.*
5. *Verkehrsbelastungszahlen mit expliziter Angabe des Motorradanteils liegen in der Regel nicht vor.*

#### Schlussfolgerungen:

*Wegen der saisonalen, der wochen- und der tageszeitlichen sowie räumlichen Konzentration von Motorradfahrten, ist dem Umweltbelastungsfaktor „Motorrad“ nicht durch die für den üblichen Straßenverkehr maßgeblichen Regelungen beizukommen.“*

Dieses 25 Jahre alte Papier hat nichts an Aktualität verloren, skizziert es doch die Kernpunkte, die zu der hier vorliegenden Untersuchung geführt haben. Die Thesen 2 und 3 sind aus heutiger Sicht allerdings dahingehend zu präzisieren, dass das Motorrad immer ein Verkehrsmittel ist, allerdings ein seltenes (These 2). Es wird aber überwiegend für den Wegezweck "Freizeit" genutzt (These 3).

Deutlich aktueller sind Befragungen, die die Hochschule Worms zwischen April und Mai 2022 mit über 3.000 Motorradfahrenden zur Bewertung der Situation für Motorradfahrende durchgeführt hat<sup>5</sup>. Auf die Frage „Wie nutzen Sie ihr Motorrad hauptsächlich?“ gab es folgende Antworten (Mehrfachauswahl möglich):

- 13,9 %: beruflich/Fahrten zur Arbeit
- 7,6 %: Fahrten auf einer Rennstrecke
- 47,8 %: Urlaubsreisen
- 70,5 %: Ausfahrten/Kurzreisen mit Übernachtung
- 86,8 %: Ausflüge am Wochenende auf der Hausstrecke

<sup>5</sup> Prof. Dr. Knut Scherhag, Hochschule Worms (2022). Präsentation beim „Runden Tisch Motorradlärm“ im Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz

Nach möglichen Maßnahmen zur Lärmreduzierung befragt, setzt die Mehrheit der befragten Motorradfahrerenden auf Freiwilligkeit und Aufklärung, lehnt aber Geschwindigkeitsbeschränkungen und Streckensperrungen zum überwiegenden Teil ab.

Diese Ergebnisse ließen die Hochschule Worms eine grundsätzliche Bereitschaft der Motorradfahrenden erkennen, Lärmemissionen zu reduzieren. Allerdings wünschen die Befragten ergänzende Aufklärung und weitere Untersuchungen, ohne diesen Wunsch zu spezifizieren. Dieser Einschätzung steht die der von Motorradlärm betroffenen Menschen gegenüber, die Streckensperrungen und Geschwindigkeitsbeschränkungen als wirksamstes Mittel zur Verbesserung ihrer Lebensqualität fordern.

## 7.2 Geräuschbelastung

### 7.2.1 Einflüsse auf die Geräuschbelastung

Die wesentlichen Einflüsse auf die Geräuschbelastung durch Motorräder sind:

- die Antriebsart (Motorrad mit Verbrennungsmotor, E-Motorrad)
- der Motorradtyp („hubraumstark und niedertourig“, „normal ausgelegt“ und „hochtourig auf Leistung optimiert“)
- der Motorradzustand (alt oder neu, manipuliert [manuell schaltbare Abgasklappe oder aktive Soundunterstützung] oder nicht manipuliert)
- die Fahrweise (vorsichtig, "normal", zügig, flott, „Heizer“, „Kamikaze“)<sup>6</sup>
- Beschleunigung und Verzögerung („Ampelstart“ oder das Herunterschalten in niedrigeren Gang bei hoher Drehzahl)
- die Vorbeifahrtsgeschwindigkeit
- die Anzahl der Motorräder je Zeiteinheit

### 7.2.2 Einflüsse auf die Lärmbelästigung

Die Befragungen sowie die begleitenden Lärmessungen und -berechnungen haben Unterschiede in Belastung und auch Wirkung zwischen Werktag (hier: Montag bis Freitag) und Wochenende (Samstag und Sonntag) festgestellt. Dabei sind Belastungen und Belästigung durch Motorradlärm am Wochenende stärker als an den Wochentagen ausgeprägt. Eine höhere Belästigung durch Motorradlärm ist dann vor allem in den Nachmittagsstunden erkennbar.

Darüber hinaus scheint es insgesamt eine erhöhte Störwirkung durch einzelne laute Ereignisse zu geben. Gerade die Fahrweise spielt eine große Rolle. Wenn zum Beispiel ein Motorrad der Firma Harley Davidson mit Ersatzschalldämpfer den Geräuschgrenzwert von 77 dB(A) bei der Typprüfung einhält, können dennoch 96 dB(A) bei maximaler Beschleunigung und sogar 108 dB(A) ohne dB-Eater erreicht werden (UBA, 2020). Dies ergibt sich auch aus einer Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Verkehr des Landes Baden-Württemberg, wonach jedes dritte Motorrad bei der Vorbeifahrt über 90 dB(A) laut ist und 3-4% über 100 dB(A) (DTV Verkehrsconsult GmbH, 2022).

<sup>6</sup> <https://motorrad.fandom.com/wiki/Fahrweise> (aufgerufen: 06.02.2023)

Moderate Zusammenhänge zwischen der Belästigung durch Motorradlärm und der Wohnzufriedenheit deuten darauf hin, dass mit einem Anstieg der Belästigung auch die Wohnzufriedenheit abnimmt bzw. dass die Wohnzufriedenheit höher ist, wenn man sich weniger durch Motorradlärm belästigt fühlt. Weiterhin zeigen sich Zusammenhänge zwischen der Einstellung zum Motorradverkehr und der Belästigung. Bei einer positiveren Einstellung zum Motorradverkehr ist man entsprechend weniger belästigt, bei einer negativeren Einstellung zu Motorradverkehr ist die Belästigung durch Motorradlärm höher.

## 7.3 Atypik von Motorradlärm

### 7.3.1 Rechtlich geprägter Ansatz

Das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg hat eine „Rechtliche Untersuchung zu den Voraussetzungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen und Durchfahrtsverboten aufgrund von Motorradlärm“ (Reuße & Wurster, 2022) in Auftrag gegeben. Diese Untersuchung sollte auch klären, ab wann von einem atypischen In-den-Vordergrund-Treten von Motorradlärm gesprochen werden kann.

Den Autoren der Untersuchung bieten sich verschiedene Stufen an:

1. *Von einem Überwiegen im engen Wortsinn wird jedenfalls dann auszugehen sein, wenn – auch bezogen auf einen spezifischen, eng abgegrenzten Zeitraum (z. B. sonntags, 12:00 bis 17:00 Uhr, von April bis September) – mehr als die Hälfte der Fahrzeuge auf einem Straßenabschnitt Motorräder sind.*
2. *Ebenfalls zahlenmäßiges Überwiegen kann aus hiesiger Sicht angenommen werden, wenn die Anzahl von Motorrädern an einzelnen Tagen (Samstag/Sonntag in der Sommersaison) den ganzjährig auf der Strecke gezählten DTV übersteigt (Beispiel: bis zu 1.965 Krafträder an einzelnen Sonntagen im Vergleich zu einem DTV von 1.161 Kfz/24h.).*

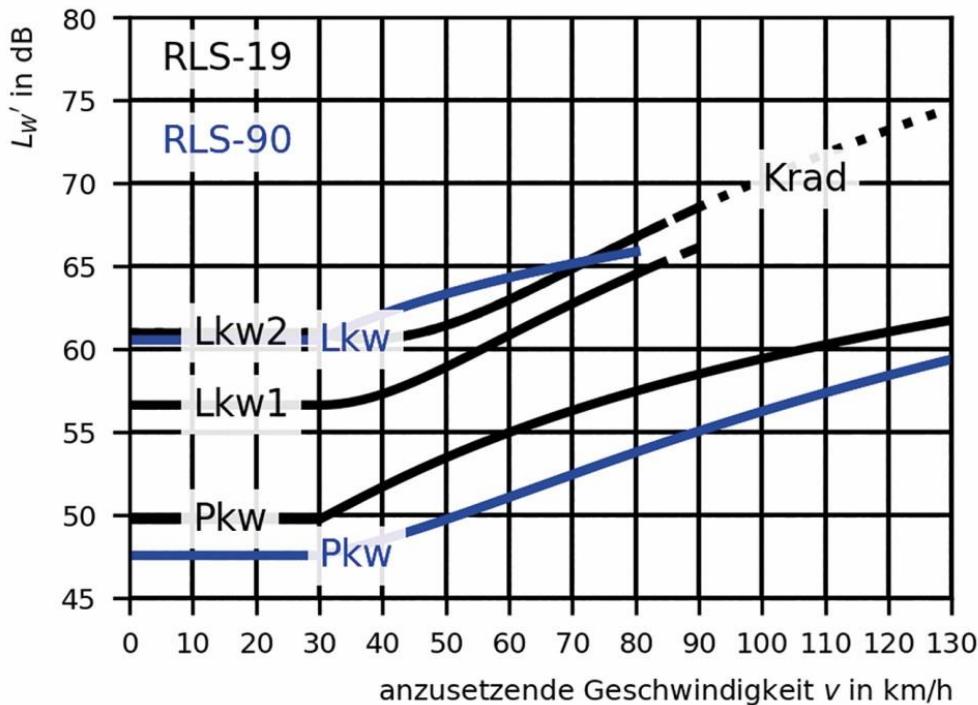
### 7.3.2 Akustischer Ansatz

Der rechtlich geprägte Ansatz verfolgt den Gedanken, dass der Motorradverkehr aufgrund der Verkehrszahlen in atypischer Weise in den Vordergrund tritt. Im Folgenden wird ein akustischer Ansatz verfolgt, dass der Motorradverkehr aufgrund seiner akustischen Eigenschaften in atypischer Weise in den Vordergrund tritt.

Nach den RLS-19<sup>7</sup> sind Motorräder so laut wie schwere Lkw (Lkw2 in Abbildung 32):

„3.3.2 Längenbezogener Schallleistungspegel einer Quelllinie  
 Anmerkung: Stehen Verkehrszahlen für Motorräder zur Verfügung, können Motorräder (Kräder nach TLS 2012) als zusätzliche Fahrzeuggruppe modelliert werden. Hierfür ist zu Gunsten der Lärmgefährdeten emissionsmäßig der Grundwert für den Schallleistungspegel der Lkw2 zu verwenden, jedoch als Geschwindigkeit  $v_{PKW}$  anzusetzen. Als Korrektur für den Straßendeckschichttyp ist ein Wert von 0 anzusetzen. Zudem ist für die Längsneigungskorrektur Gleichung 7c mit  $v_{PKW}$  zu verwenden.“

<sup>7</sup> Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – Ausgabe 2019 (RLS-19)



Quelle: Bartolomaeus, W., Lärmbekämpfung 2019, Nr. 6

Abbildung 32. Pegelunterschied Lkw2/Krad zu Pkw

#### Schlussfolgerung:

Ein schwerer Lkw (Lkw2) ist nach den RLS-19 bei gleicher Geschwindigkeit etwa 8 bis 11 dB lauter als ein Pkw, anders ausgedrückt ist ein Lkw etwa so laut wie sieben bis zwölf Pkw. Wenn ein Motorrad nach den RLS-19 so laut ist wie ein schwerer Lkw, dann ist es etwa so laut wie sieben bis zwölf Pkw.

Unter der Annahme, dass ein Motorrad im Mittel so laut ist wie zehn Pkw, liefern Pkw und Motorräder bei einem Motorradanteil von 10 % etwa den gleichen Beitrag zum Mittelungspegel. Ab einem Motorradanteil von 10 % und mehr kann man deshalb von einer atypischen Situation ausgehen, bei welcher der Motorradverkehr akustisch in den Vordergrund tritt.

#### 7.3.3 Akustisch-wirkungsbasierter Ansatz

Eine der zentralen Fragen dieses Projektes war, ob die Lärmquellenart „Motorrad“ verglichen mit anderen Verkehrslärmemittlungen bei gleichem Schallpegel als lästiger wahrgenommen wird. Schaut man in die Fachliteratur, erscheint ein Malus für Motorradlärm in Höhe von 5 dB angemessen (ACCON, 2010; Lercher & Sölder, 2009; Paviotti & Vogiatzis, 2021; Vos, 2006). Dieser Malus basiert auf einem Vorschlag aus einer Studie, in der lediglich die Belästigungswirkung von Mopeds im Labor untersucht wurde. Die aktuellere österreichische Außerfern-Motorradlärmstudie, die den Lärm vor allem größerer, PS-stärkerer Krafträder untersuchte, legt nahe, dass es sich bei der Setzung eines Maluswerts von 5 dB eher um einen Mindestwert handelt. Diesen Wert bestätigte auch das Gespräch am 19. Dezember 2022 mit externen (Lärmwirkungs-)Fachleuten (u.a. den Autoren der Außerfern-Studie)<sup>8</sup> im Rahmen dieses Projektes.

<sup>8</sup> Dr. Christine Huth (Augsburg), Dr. Christoph Lechner, Dr. David Schnaiter (beide Innsbruck)

Auch sind Motorräder nach einer Untersuchung in der Gemeinde Präg im hohen Geschwindigkeitsbereich im Mittel 5 dB lauter als Pkw<sup>9,10</sup>. Diesen Wert bestätigt die Auswertungen und Analyse der Lärmessungen mit Leitpfostenzählgeräten von Motorradlärm in Baden-Württemberg (DTV Verkehrsconsult GmbH, 2022).

#### Schlussfolgerung:

Gegenüber dem Lärm durch Pkw weist der Motorradlärm folgende akustische und wirkungsbasierte Abweichungen auf:

1. Motorräder sind den Messungen in der Gemeinde Präg nach im Mittel um 5 dB lauter als Pkw.
2. Zusätzlich zeigt sich, dass der Motorradlärm die Menschen bei gleichem Pegel stärker belästigt; dies rechtfertigt einen Lästigkeitsmalus von mindestens weiteren 5 dB.

Aus beiden Feststellungen resultiert damit in der Summe ein Zuschlag für Motorradlärm von 10 dB, was bedeutet, dass ein Motorrad im Mittel als etwa so laut wie zehn Pkw betrachtet wird. Somit kann man eine Straße mit einem Motorradanteil von 10 % und mehr als atypisch bezeichnen.

Diese Schlussfolgerung bestätigen tendenziell auch die Befragungsergebnisse (Abbildung 33) für die Werktag (Montag bis Freitag). An den Wochenenden ist der Unterschied der Wahrscheinlichkeit hoher Belästigung zwischen Krad und Pkw mit 15 bis 18 dB deutlich größer.

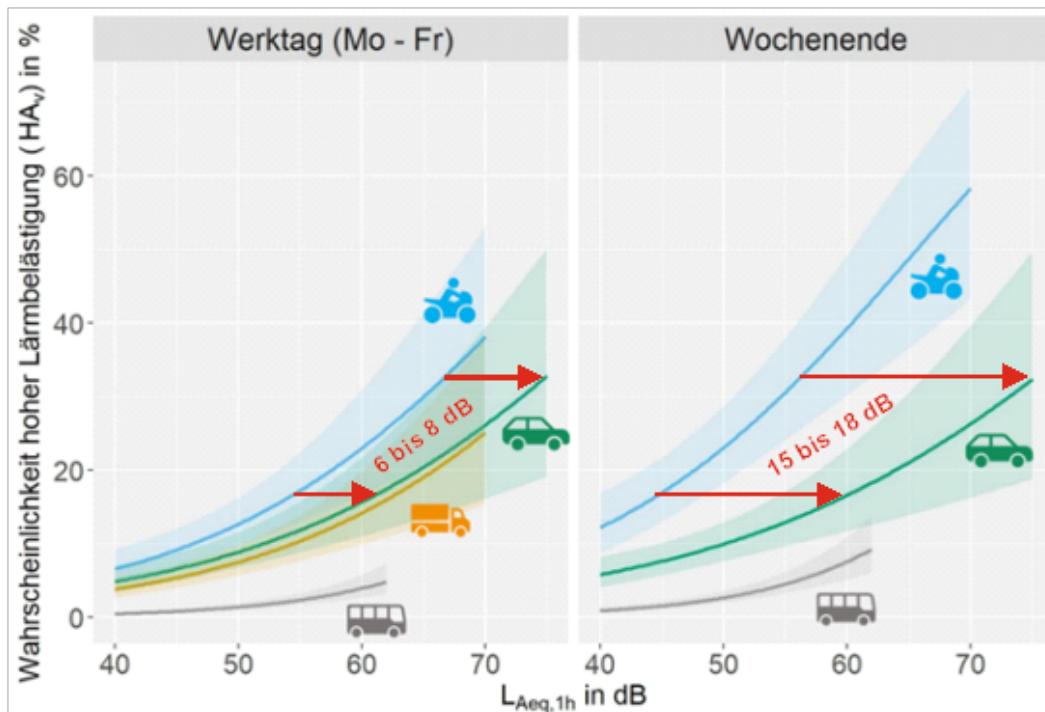


Abbildung 33. Unterschiede hoher Lärmelastigung Montag bis Freitag und am Wochenende ( $L_{Aeq, 1h}$  = stündlicher, fahrzeugklassenbezogener Beurteilungspegel am Gebäude der Befragten)

<sup>9</sup> Vermerk des Ministeriums für Verkehr BW vom 08.03.2021, Az: 4-3851.5-06/499

<sup>10</sup> DTV-Verkehrsconsult GmbH, Motorradfahrer in Baden-Württemberg - Lärmessungen mit Leitpfostenzählgeräten - Ergebnisse Präg (2013)

## 7.4 Belästigungs- und Störwirkung von Motorradlärm

Die Frage, ab wann eine Lärmbelästigung in der Bevölkerung "erheblich" ist, lässt sich nicht auf der Ebene einer einzelnen Person beantworten. Denn es ist zu konstatieren, dass es bei nahezu jeder noch so geringen Geräuschbelastung einzelne Personen gibt, die hohe Belästigungsurteile auf der üblicherweise in einer Befragung eingesetzten mehrstufigen Ratingskalen angeben. Ein Nullpunkt einer selbst hohen Lärmelästigung ist nicht auszumachen. Hoch belästigt zu sein (*highly annoyed, HA*), so wie es in der vorliegenden Untersuchung in den Expositions-Wirkungskurven (%HA-Kurven) betrachtet wird, kennzeichnet auf individueller Ebene nicht die "Erheblichkeit" im Sinne des § 1 BlmSchG. Die Erheblichkeit der Lärmelästigung ist daher sinnvollerweise bevölkerungsbezogen zu verstehen. Die Frage lautet dann "Ab wieviel Prozent hoch belästigter Personen wird die Erheblichkeit der Lärmelästigung als erreicht und höhere Geräuschbelastungen als nicht mehr zumutbar erachtet?".

In Deutschland hat sich – vor allem beim Fluglärm – das 25%-Kriterium als Konvention etabliert, wonach die Schwelle der Erheblichkeit in den Lärmelästigungen bei dem Beurteilungspegel erreicht ist, bei dem in der zugrunde gelegten Expositions-Wirkungskurve ein Prozentanteil von 25% hoch belästigter Personen überschritten wird. Auf dieses 25%-Kriterium als Standard verweist das Bundesverwaltungsgericht in seinem Urteil vom 16.03.2006 zum Planfeststellungsbeschluss zum Ausbau des Verkehrsflughafens Berlin-Schönefeld vom 13.08.2004 (BVerwG 4 A 1075.04). Das 25%-Kriterium als Konvention zur Definition von "erheblicher Lärmelästigung" wird – über Fluglärm hinausgehend – ebenfalls vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) im Sondergutachten von 1999 (SRU, 1999) sowie im Gutachten von 2004 (SRU, 2004) genannt. Auch im deutschsprachigen Ausland wird das 25%-Kriterium verwendet. So ist in den im Jahr 2021 veröffentlichten Empfehlungen der Schweizerischen Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung (EKLB) festgehalten, dass "[...] sich die Kommission [entschloss], für die maximal zulässige Belästigung 25% als %HA-Kriterium zu bestimmen" (EKLB, 2021, S. 36). Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in ihren Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region (WHO, 2018) für verschiedene Gesundheitswirkungsbereiche Schwellen relevant schädlicher Gesundheitswirkungen festgelegt hat, zu denen dann Leitlinienwerte des Umgebungslärms genannt wurden. Für die erhebliche Lärmelästigung ist diese Schwelle bei 10% hoch belästigter Personen (10% HA) festgesetzt worden. Dieses Zumutbarkeitskriterium von 10% HA ist mit Beurteilungspegelwerten als Richtwerte verbunden, die in einer Langzeitperspektive anzustreben wären.

Unterstellt man also, dass ein Anteil von durch Motorradlärm Hochbelästigten von weniger als 25 % noch hinnehmbar ist, ergibt sich aus dem Diagramm für die Werkstage von Montag bis Freitag ein Richtwert von 61,6 dB, aufgerundet 62 dB (Abbildung 34). Der Wochenend-Richtwert liegt bei 51,4 dB, aufgerundet bei 52 dB. Folgt man der Belästigung durch Motorradlärm im Tagesverlauf (siehe Kap. 5.3.5), zeigt sich die Zeit zwischen 12 und 20 Uhr vor allem kritisch für eine erhöhte Lärmelästigung durch Motorradlärm.

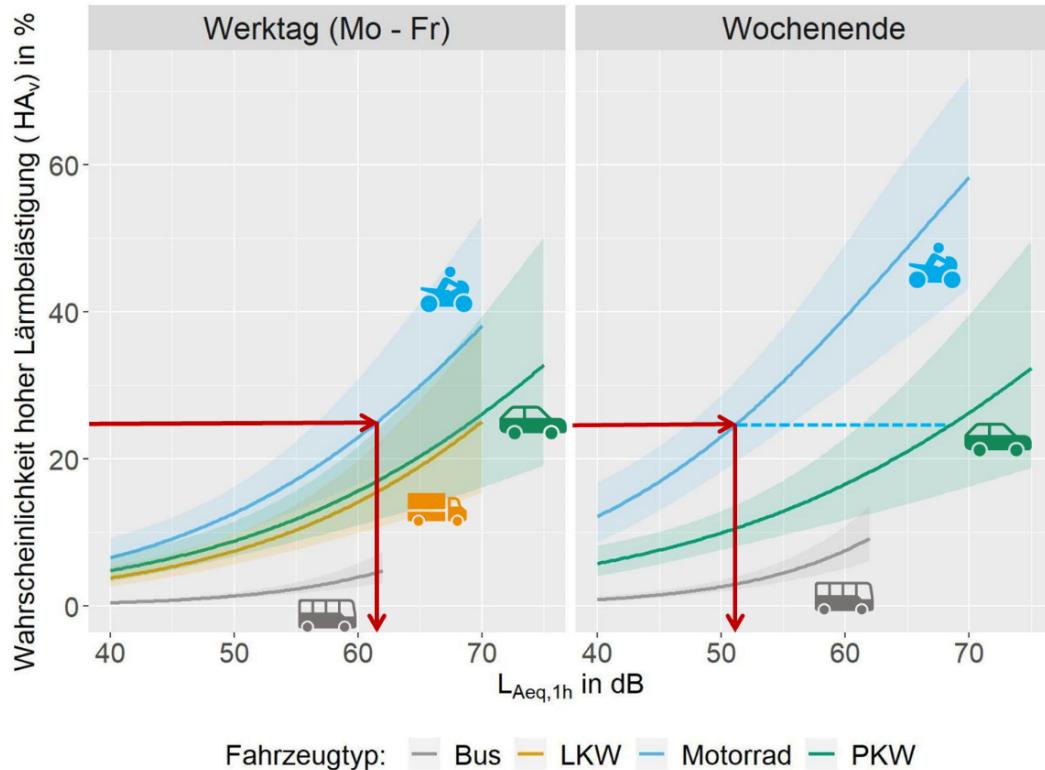


Abbildung 34. Ableitung von Richtwerten anhand der Wahrscheinlichkeit hoher Belästigung durch verschiedene Fahrzeugtypen werktags und am Wochenende ( $L_{Aeq, 1h}$  = stündlicher, fahrzeugklassenbezogener Beurteilungspegel am Gebäude der Befragten)

## 7.5 Empfehlungen

Wenn man die Aussagen des Abschnittes 7.3.2 zusammenfassend betrachtet, wird ein Motorrad im Mittel etwa so laut wahrgenommen wie zehn Pkw. Folgt man dieser Aussage, dann liefern Pkw und Motorräder bei einem Motorradanteil von 10 % etwa den gleichen Beitrag zum Mittelungspegel. Ab einem Motorradanteil von 10 % und mehr kann man deshalb von einer atypischen Situation ausgehen, da der Motorradverkehr akustisch in den Vordergrund tritt. Gibt es für eine Strecke Hinweise auf einen Motorradanteil von 10% und mehr, wird empfohlen ...

... zunächst durch Verkehrserhebungen festzustellen, ob in den Sommermonaten (etwa in der Zeit zwischen April und September) an Wochenend- und Feiertagen im Mittel der Belastungsstunden zwischen 12 und 20 Uhr ein Motorradanteil von 10 % und mehr erreicht wird.

... für diese als „atypisch“ einzustufenden Straßen schalltechnische Berechnungen für den Gesamtverkehr für die mittlere stündliche Belastung in den Sommermonaten während der Zeit zwischen 12 und 20 Uhr durchzuführen.

... mit Hilfe der Berechnungsergebnisse die Gebäude zu identifizieren, die für diese mittlere Belastungsstunde des Gesamtverkehrs einen Beurteilungspegel in den Sommermonaten in der Zeit zwischen 12 und 20 Uhr von mehr als 55 dB<sup>11</sup> aufweisen.

... auf Grundlage der Anzahl der von Beurteilungspegel des Gesamtverkehrs von mehr als 55 dB betroffenen Gebäude die nach § 45 StVO (in Verbindung mit den Lärmschutz-Richtlinien-StV) geforderte Abwägung zur Entscheidung über die Anordnung von Lärmminderungsmaßnahmen durchzuführen.

---

<sup>11</sup> Die 55 dB ergeben sich wie folgt: Wenn bei einem 10% Motorradanteil ein Motorradlärmpegel von 52 dB überschritten wird (entspricht 25% HA) und 10% Motorräder als so laut wie 90% Pkw-Verkehr (vereinfachend im Nachfolgenden mit Restverkehr gleichgesetzt) wahrgenommen werden, dann weist dieser Restverkehr ebenfalls einen Pegel von 52 dB auf. 52 dB (Motorräder inkl. 5 dB Belästigungszuschlag berechnet nach RLS-19) + 52 dB (Restverkehr ohne Belästigungszuschlag) = 55 dB.

## 8 Literatur

Accon/ LUBW (2010). Abschlussbericht Motorradlärm-Untersuchung ACB-0610-4763/10. Im Auftrag des LUBW, Karlsruhe.

Bach, V., Libert, J. P., Tassi, P., Wittersheim, G., Johnson, L. C., & Erhart, J. (1991). Cardiovascular responses and electroencephalogram disturbances to intermittent noises: effects of nocturnal heat and daytime exposure. *European Journal of Applied Physiology*, 63, S.330-337.

Bartels, S., Márki, F., & Müller, U. (2015). The influence of acoustical and non-acoustical factors on short-term annoyance due to aircraft noise in the field - The COSMA study. *The Science of the total environment*, 538, S. 834–843. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.064.

Blanz, M. (2015). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit: Grundlagen und Anwendungen*. Stuttgart: Kohlhammer.

Bundesverwaltungsgericht. (2006). Urteil vom 16.03.2006 – BVerwG 4 A 1075.04. ECLI:DE:BVerwG:2006:160306U4A1075.04.0

Chang, T.-Y., Liu, C.-S., Bao, B.-Y., Li, S.-F., Chen, T.I., & Lin, Y.-J. (2011). Characterization of road traffic noise exposure and prevalence of hypertension in central Taiwan. *Science of the Total Environment*, 409, S.1053-1057.

Csikszentmihalyi, M. & Larson, R. (1992). Validity and reliability of the Experience-Sampling Method. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 175(9), S.526-535.

Czedik-Eysenberg, I., Knauf, D., & Reuter, C. (2015). Psychoakustische Aspekte der Lästigkeit von Motorradgeräuschen. Beitrag auf der DGM 2015, 11.-13. September 2015, Oldenburg.

Devine-Wright, P. & Wiersma, B. (2019). Understanding community acceptance of a potential offshore wind energy project in different locations: an island-based analysis of 'place-technology fit'. *Energy Policy*, 137, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111086>.

DTV Verkehrsconsult GmbH (2022). Analyse von Motorradlärm in Baden-Württemberg. Im Auftrag des Ministeriums für Verkehr des Landes Baden-Württemberg

Eisele, G., Vachon, H., Lafit, G., Kuppens, P., Houben, M., Myin-Germeys, I., & Viechtbauer, W. (2022). The Effects of Sampling Frequency and Questionnaire Length on Perceived Burden, Compliance, and Careless Responding in Experience Sampling Data in a Student Population. *Assessment*, 29(2), S.136-151. doi: 10.1177/1073191120957102

EKLB (Hrsg.) (2021). Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Empfehlungen der Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung EKLB. Bern: - Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung. <https://www.eklb.admin.ch/de/dokumentation/berichte>

FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2019). Richtlinien für Lärmschutz an Straßen (RLS19) Richtlinien zum Ersatz der RLS-90 mit der Verabschiedung der Änderung der 16. BlmSchV.

Fields, J.M., DeJong, R.G., Gjestland, T., Flindell, I.H., Job, R.F.S., Kurra, S., Lercher, P., Vallet, M. Guski, R., Felscher-Suhr, U., & Schuemer, R. (2001): Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration*, 242(4), S.641-679.

Fisher, R. A. (1956). *Statistical methods and scientific inference*. Oxford, England: Hafner Publishing Co.

Fujiwara, D., Lawton, R. N., & MacKerron, G. (2017). Experience sampling in and around airports. Momentary subjective wellbeing, airports, and aviation noise in England. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, S. 43-54.

Großbarth, S. & Schreckenberg, D. (2019). Assessment of short-term annoyance due to shooting noise using the experience sampling method. Beitrag auf der ICA 2019. International Congress on Acoustics, 9-13 September 2019, Aachen.

Heininga, V. E., van Roekel, E., Wichers, M., Oldehinkel, A. J. (2017). Reward and punishment learning in daily life: A replication study. *PLoS One*, 12(10). doi: 10.1371/journal.pone.0180753.

INFRATEST 1993: Studie durchgeführt von Infratest Sozialforschung (7/93), München, im Auftrag von dem Verband der Automobilindustrie, Frankfurt, Deutschland.

ISO/TS15666:2021. (2021). Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Geneva; Switzerland.

Lavandier, C., Aalmoes, R., Dedieu, R., Marki, F., Großbarth, S., Schreckenberg, D., Gharbi, A., & Kotzinos, D. (2022). Towards Innovative Ways to Assess Annoyance. In: Leylekian, L., Covrig, A., Maximova, A. (eds) Aviation Noise Impact Management (S. 241-264). Springer Open Access. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2_10).

Lechner, C. & Schnaiter, D. (2019). Motorradlärmstudie Außerfern 2019 - Gesamtbericht. Amt der Tiroler Landesregierung, Österreich.

Lechner, C., Schnaiter, D., Siebert, U., & Böse-O'Reilly (2020). Effects of Motorcycle Noise on Annoyance – A Cross-Sectional Study in the Alps. *International Journal of Environmental research and Public Health*, 17(5).

Lercher, P. & Sölder, M. (2009). Exposure by motorbike noise in alpine residential areas – a case study in public health risk assessment. Beitrag auf der EURONOISE 2009, 26.-28. Oktober 2009, Edinburgh, Schottland.

Lewicka, M. (2011). On the varieties of people's relationships with places: Hummon's typology revisited. *Environ. Behav.* 43, 676–709.

Liang, K.-Y. and Zeger, S. L. (1986). Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika*, 13–22.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D.G., The PRISMA Group (2009): Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7). doi:10.1371/journal.pmed.1000097

Page, J.A., Hogdon, K.K., Hunte, R.P., Davis, D.E., Gaugler, T.A., Downs, R., et al. (2020). Quiet Supersonic Flights 2018 (QSF18) Test: Galveston, Texas Risk Reduction for Future Community Testing with a Low-Boom Flight De-monstration Vehicle. NASA/CR-2020-220589/Volume I: Report (No.). Hapton, VA.

Paviotti, M. & Vogiatzis, K. (2012). On the outdoor annoyance from scooter and motorbike noise in the urban environment. *Science of the Total Environment*, 430, S.223-230.

Reuße, Wurster (2022). Rechtliche Untersuchung zu den Voraussetzungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen und Durchfahrtsverboten aufgrund von Motorradlärm. Im Auftrag des Ministeriums für Verkehr des Landes Baden-Württemberg

Ricciardi, P., Delaitre, P., Lavandier, C., Torchia, F., & Aumond, P. (2015). Sound quality indicators for urban places in Paris cross-validated by Milan da-ta. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(4), S.2337–2348.

RIVM (2020). Perception of Living Environment in the Netherlands. Disturbances Survey 2016. Rapport 2020-0075, RIVM, Niederlande. Doi: 10.21945/RIVM-2020-0075

Samani, O., Martius, A., & Altinsoy, M. E. (2021). Effects of speed and road condition on annoyance caused by motorcycle noise emission. Beitrag auf der Inter-noise 2021, 1.-5. August 2021, Washington, DC.

Schreckenberg, D., Guski, R., Schmaus, I., Möhler, U., & Schuemer, R. (2004). Annoyance and disturbances due to traffic noise at different times of day. Beitrag auf der Inter-Noise 2004, Prag.

SRU – Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1999). Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen. Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Deutsche Bundestag, 14. Wahlperiode. Drucksache 14/2300.

SRU – Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (2004). Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Umweltgutachten 2004 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Deutsche Bundestag, 15. Wahlperiode. Drucksache 15/3600.

Steffens, J., Steele, D., & Guastavino, C. (2017). Situational and person-related factors influencing momentary and retrospective soundscape evaluations in day-to-day life. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(3), S.1414.

UBA – Umweltbundesamt (2020). Überprüfung der Geräuschemissionen von Motorrädern im realen Verkehrsam (Forschungskennzahl 3717 54 103 0). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Vachon, H., Viechtbauer, W., Rintala, A., & Myin-Germeys, I. (2019). Compliance and Retention With the Experience Sampling Method Over the Continuum of Severe Mental Disorders: Meta-Analysis and Recommendations. *Journal of Medical Internet Research*, 21(12). doi: 10.2196/14475

van Berkel, N., Kostakos, V. (2021). Recommendations for Conducting Longitudinal Experience Sampling Studies. In: Karapanos, E., Gerken, J., Kjeldskov, J., Skov, M.B. (eds) Advances in Longitudinal HCI Research. Human–Computer Interaction Series. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-67322-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67322-2_4).

Vos, J. (2006). Noise annoyance caused by mopeds and other traffic sources. Proceedings of Internoise 2006, 3-6. Dezember 2006, Honolulu, Hawaii, USA. paper in06\_589 (CD).

Weinert, R., Schreckenberg, D., Peschel, C., & Wothge, J. (2015). Modellversuch „Wirkung von Geschwindigkeitsbeschränkungen auf BAB'en zur Minderung von Lärmpegelspitzen“. Endberichtsentwurf.

World Health Organization (WHO). (2018). Environmental noise guidelines for the European region. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe. Available [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf)

## Anhang

### **Anhang A: Pressemitteilung zur Ankündigung der Motorrad-Studie im Auftrag des Verkehrsministerium Baden-Württemberg**

Motorradfahren in landschaftlich attraktiven Regionen Baden-Württembergs ist für viele Menschen vor allem bei gutem Wetter eine willkommene Freizeitbeschäftigung. Für Anwohnende in den Gemeinden entlang attraktiver Strecken kann jedoch genau dies störend und belästigend sein.

Um der Frage nachzugehen, welchen Einfluss der Lärm des Motorradverkehrs auf die Anwohnenden hat, hat das Verkehrsministerium Baden-Württemberg eine Forschungsgruppe aus Umweltpsychologinnen und -psychologen vom Hagener Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung (ZEUS GmbH) gemeinsam mit dem Fachunternehmen LÄRMKONTOR GmbH aus Hamburg mit der Erstellung einer sozio-akustischen Studie beauftragt.

Ziel dieser Studie ist es, auf Basis von Lärmessungen und zeitgleichen Befragungen entlang von Motorradstrecken die Wahrnehmung und Wirkung von Motorradlärm auf die Wohnbevölkerung wissenschaftlich zu untersuchen. Aus den Ergebnissen sollen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, um die Situation in betroffenen Gemeinden zu verbessern.

Die Studie wird im Sommer 2022 durchgeführt. Eine Zufallsauswahl von Bürgerinnen und Bürgern wird im Mai/Juni 2022 mit der Bitte zur Teilnahme angeschrieben. Es kann auch vorkommen, dass mehrere Personen eines Haushalts angeschrieben werden. Im ersten Teil der Studie wird darum gebeten, einen Fragebogen auszufüllen. Im zweiten Teil der Studie werden an verschiedenen Tagen mehrmals pro Tag Fragen mittels einer eigens für die Studie konzipierten Smartphone-App gestellt. Diese Art der Befragung ist eine gängige Methode, um akute Gedanken, Gefühle und Einschätzungen zu verschiedenen Zeitpunkten am Tag zu erfragen. Parallel werden im gleichen Zeitraum Zählungen und akustische Messungen durchgeführt.

Die Studie wird an verschiedenen Orten in Baden-Württemberg durchgeführt. Auch [Name der Gemeinde] zählt zu den ausgewählten Untersuchungsgebieten. Die Projektverantwortlichen im Verkehrsministerium sowie das Forschungsteam bitten alle angeschriebenen Bürgerinnen und Bürger herzlich darum, an der Untersuchung teilzunehmen.

**Anhang B: Fragebogen Langzeitbefragung**

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

in diesem Fragebogen werden Ihnen Fragen zu Ihrer Wohnumgebung sowie zu Ihrer Wahrnehmung und Einstellung zu Wohn- und Lebensbedingungen gestellt. Daran schließen sich am Ende für die Statistik allgemeine Fragen zu Ihrem Haushalt und Ihrer Person an.

Lesen Sie bitte die Fragen und Aussagen aufmerksam durch. Kreuzen Sie jeweils das Kästchen an, das zu Ihrer gewählten Antwort gehört. Sollten Sie sich bei der Antwort auf eine Frage nicht sicher sein, wählen Sie die Antwortmöglichkeit, die Ihrer Ansicht nach am ehesten zutrifft.

Die Beantwortung des Fragebogens wird ca. 15 Minuten in Anspruch nehmen.

Alle von Ihnen gemachten Angaben werden vertraulich behandelt. Selbstverständlich ist Ihre Teilnahme freiwillig und es entstehen Ihnen keine Nachteile bei Nichtteilnahme oder vorzeitiger Beendigung. Bitte beachten Sie hierzu auch unsere untenstehenden Informationen zum Datenschutz.

Besten Dank für Ihre Unterstützung!

**Text für die Einleitung im Onlinefragebogen:**

Sie haben von uns kürzlich ein Schreiben erhalten, in dem wir Sie um die Teilnahme an einer vom Verkehrsministerium Baden-Württemberg beauftragten Studie zur Wirkung von Motorradlärm gebeten haben.

Wir freuen uns, dass Sie sich für die Teilnahme an dieser Befragung entschieden haben.

In diesem Fragebogen werden Ihnen Fragen zu Ihrer Wohnumgebung sowie zu Ihrer Wahrnehmung und Einstellung zu Wohn- und Lebensbedingungen gestellt. Daran schließen sich am Ende für die Statistik allgemeine Fragen zu Ihrem Haushalt und Ihrer Person an.

Lesen Sie bitte die Fragen und Aussagen aufmerksam durch. Klicken Sie jeweils das Kästchen an, das zu Ihrer gewählten Antwort gehört. Sollten Sie sich bei der Antwort auf eine Frage nicht sicher sein, wählen Sie die Antwortmöglichkeit, die Ihrer Ansicht nach am ehesten zutrifft. Die Beantwortung des Fragebogens wird ca. 15 Minuten in Anspruch nehmen. Sie können die Befragung unterbrechen und zu einem späteren Zeitpunkt fortsetzen. Der Zwischenstand wird automatisch abgespeichert.

Alle von Ihnen gemachten Angaben werden vertraulich behandelt. Selbstverständlich ist Ihre Teilnahme freiwillig und es entstehen Ihnen keine Nachteile bei Nichtteilnahme oder vorzeitiger Beendigung. Bitte beachten Sie hierzu auch unsere untenstehenden Informationen zum Datenschutz.

Besten Dank für Ihre Unterstützung!

**Fragebogen zu Wohn- und Lebensbedingungen im ländlichen Raum Baden-Württembergs**

ID: \_\_\_\_\_

1. Wie **zufrieden** sind Sie insgesamt mit Ihrer...

	nicht	wenig	mittelmäßig	ziemlich	sehr
... Wohnumgebung	<input type="checkbox"/>				
... Wohnung/ Ihrem Haus	<input type="checkbox"/>				

2. Wann sind Sie in Ihre jetzige Wohnung/Ihr jetziges Haus eingezogen?

Monat \_\_\_\_\_

Jahr \_\_\_\_\_

3. Haben Sie bzw. jemand aus Ihrem Haushalt Ihre Wohnung bzw. Ihr Haus im Eigentum oder wohnen Sie und alle anderen im Haushalt zur Miete?

- im Eigentum  
 zur Miete

4. In welcher **Art von Gebäude** wohnen Sie?

- freistehenden Einfamilienhaus  
 Reihenendhaus  
 Reihenmittelhaus  
 Doppelhaushälfte  
 Wohnung in einem mehrstöckigen Mehrfamilienhaus

5. Steht Ihnen zuhause ein **Balkon**, eine **Terrasse** oder **Garten** am Haus zur Verfügung? (*Mehrere Nennungen möglich*)

- Balkon  
 Terrasse  
 Garten am Haus

5.1. Gibt es etwas, das Sie an der Nutzung von Balkon, Terrasse oder Garten hindert?

- ja  
 nein

Wenn ja, was?

---



---



---

6. Wie viele **Stunden** pro Tag sind Sie in etwa **außer Haus**, z.B. beim Arbeiten, Einkaufen oder für sonstige Erledigungen oder Aktivitäten?

Anzahl pro Stunden

montags bis freitags	_____
samstags	_____
sonntags	_____

7. Haben Sie Ihr Fenster in warmen Jahreszeiten überwiegend ...

	geschlossen	gekippt	geöffnet
...nachts in Ihrem <b>Schlafzimmer</b> geschlossen, gekippt oder geöffnet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...tagsüber in Ihren <b>Wohnräumen</b> geschlossen, gekippt oder geöffnet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 8. Bitte geben Sie an, inwiefern Sie den folgenden Aussagen in Bezug auf Ihre Wohnumgebung zustimmen.

	nicht	wenig	mittelmäßig	ziemlich	sehr
a. Selbst wenn es bessere Orte gibt, werde ich nicht von hier wegziehen.	<input type="checkbox"/>				
b. Es gibt viele Orte in Deutschland und auf der Welt, an denen ich leben könnte.	<input type="checkbox"/>				
c. Ich mag es, meine Gegend zu erkunden und neue Orte zu entdecken.	<input type="checkbox"/>				
d. Es ist für mich wichtiger, wie ich lebe, als wo ich lebe.	<input type="checkbox"/>				
e. Ich kann mir nicht vorstellen, von hier wegzuziehen.	<input type="checkbox"/>				
f. Ich mache oft Fotos von verschiedenen Orten hier.	<input type="checkbox"/>				
g. Es würde mir nichts ausmachen, meinen Wohnort zu verlassen und woanders hinzuziehen.	<input type="checkbox"/>				
h. Von Zeit zu Zeit entdecke ich meine Gegend neu.	<input type="checkbox"/>				
i. Ich habe nie darüber nachgedacht, ob es nicht besser wäre, woanders zu leben.	<input type="checkbox"/>				

## 9. Für wie empfindlich halten Sie sich gegenüber...

	nicht	wenig	mittelmäßig	ziemlich	sehr
...Gerüchen	<input type="checkbox"/>				
...Stress allgemein	<input type="checkbox"/>				
...Wetter	<input type="checkbox"/>				
...Lärm	<input type="checkbox"/>				

10. Wenn Sie einmal an die **letzten 12 Monate** hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch **Lärm insgesamt** gestört oder belästigt gefühlt?

*Hinweis: Falls sie weniger als 12 Monate an Ihrer jetzigen Wohnadresse wohnen, denken Sie bitte an die Zeit seitdem Sie hier wohnen.*

	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst
Lärm insgesamt	<input type="checkbox"/>				

11. Wenn Sie einmal an die **letzten 12 Monate** hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch den **Lärm von folgenden Quellen** insgesamt gestört oder belästigt gefühlt?

*Hinweis: Falls sie weniger als 12 Monate an Ihrer jetzigen Wohnadresse wohnen, denken Sie bitte an die Zeit seitdem Sie hier wohnen.*

	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst
Straßenverkehr insgesamt	<input type="checkbox"/>				
Pkw	<input type="checkbox"/>				
Lkw	<input type="checkbox"/>				
Busse	<input type="checkbox"/>				
Motorräder (gemeint sind hier und im Folgenden alle motorisierten Zweiräder)	<input type="checkbox"/>				
Traktoren/landwirtschaftlicher Verkehr	<input type="checkbox"/>				
Weitere Quellen, und zwar:	<input type="checkbox"/>				
(Freifeld)					

12. Wenn Sie einmal an die **letzten 12 Monate** hier bei Ihnen und dabei an die verschiedenen **Tageszeiten** denken: Zu welcher Tageszeit haben Sie sich durch **Motorradlärm** hauptsächlich gestört oder belästigt gefühlt? (Bitte kreuzen Sie nur eine Antwort an.)

*Hinweis: Falls sie weniger als 12 Monate an Ihrer jetzigen Wohnadresse wohnen, denken Sie bitte an die Zeit seitdem Sie hier wohnen.*

- morgens
- mittags
- nachmittags
- abends
- nachts

13. Wenn Sie einmal an die **letzten 12 Monate** hier bei Ihnen und dabei an die verschiedenen **Wochentage** denken: An welchen Wochentagen haben Sie sich durch **Motorradlärm** hauptsächlich gestört oder belästigt gefühlt? (Bitte kreuzen Sie nur eine Antwort an.)

- werktags
- samstags
- Sonn- und Feiertage

14. Wenn Sie einmal an die **letzten 12 Monate** hier bei Ihnen und dabei an die verschiedenen **Jahreszeiten** denken: In welcher Jahreszeit haben Sie sich durch **Motorradlärm** hauptsächlich gestört oder belästigt gefühlt? (Bitte kreuzen Sie nur eine Antwort an.)

- Frühling
- Sommer
- Herbst
- Winter

15. Wie sehr haben Sie sich von den folgenden Aspekten der **Motorradgeräusche** belästigt gefühlt?

	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst
Schnelles, rücksichtsloses Fahren	<input type="checkbox"/>				
Hochtouriges Fahren („Aufheulen“) bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen	<input type="checkbox"/>				
Knattern	<input type="checkbox"/>				
Tieftönendes Brummen	<input type="checkbox"/>				
Gruppen von Motorrädern	<input type="checkbox"/>				
Anderes, und zwar:	<input type="checkbox"/>				

(Freifeld)

16. Wie stark hat Sie Motorradlärm in den **letzten 12 Monaten** in den folgenden **Situationen** insgesamt gestört?

*Hinweis: Falls sie weniger als 12 Monate an Ihrer jetzigen Wohnadresse wohnen, denken Sie bitte an die Zeit seitdem Sie hier wohnen.*

	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst
Bei Unterhaltungen oder Telefonieren in der Wohnung/im Haus	<input type="checkbox"/>				
Bei Radio-/Musikhören oder beim Fernsehen	<input type="checkbox"/>				
Fortsetzung Frageblock 16	überhaupt nicht	etwas	mittelmäßig	stark	äußerst
Beim Lesen, Nachdenken oder Konzentrieren in der Wohnung/im Haus	<input type="checkbox"/>				
Beim Entspannen und der Feierabendruhe in der Wohnung/im Haus	<input type="checkbox"/>				
Bei häuslicher Geselligkeit oder, wenn Sie Besuch in der Wohnung/im Haus haben	<input type="checkbox"/>				
Bei Aufenthalt und Erholung im Freien	<input type="checkbox"/>				
Bei Unterhaltungen/Gesprächen im Freien	<input type="checkbox"/>				
Beim Einschlafen	<input type="checkbox"/>				
Nachts, während des Schlafs	<input type="checkbox"/>				
Beim Ausschlafen	<input type="checkbox"/>				

17. Bitte geben Sie an, wie sehr die folgenden Aussagen Ihrer Meinung nach zutreffen.

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Fahrverbote für Motorräder stellen eine unzulässige Diskriminierung dar.	<input type="checkbox"/>				
Der Motorradverkehr verursacht hohe Belastungen für Mensch und Umwelt.	<input type="checkbox"/>				
Der Ausflugverkehr durch Motorräder leistet einen positiven Beitrag zum Tourismus.	<input type="checkbox"/>				
Motorradfahren vermittelt ein Gefühl der Freiheit.	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich durch Motorräder im Straßenverkehr gefährdet.	<input type="checkbox"/>				
Motorradfahrende verhalten sich im Straßenverkehr rücksichtsloser als Autofahrende.	<input type="checkbox"/>				

18. Bitte geben Sie an, inwieweit Sie den folgenden Aussagen in Bezug auf Motorradlärm zustimmen.

	nicht	wenig	mittel-mäßig	ziemlich	sehr
Ich kann mich gegen Motorradlärm ganz gut schützen.	<input type="checkbox"/>				
Wenn der Motorradlärm mir zu laut wird, mache ich einfach die Fenster zu und dann stört er mich nicht mehr.	<input type="checkbox"/>				
Manchmal fühle ich mich dem Motorradlärm richtig ausgeliefert.	<input type="checkbox"/>				
Den Motorradlärm höre ich schon gar nicht mehr.	<input type="checkbox"/>				
Wenn der Motorradlärm sehr laut wird, schalte ich einfach ab.	<input type="checkbox"/>				
Ich habe mich damit abgefunden, dass der Motorradlärm nun mal da ist.	<input type="checkbox"/>				

19. Haben Sie einen **Motorrad-Führerschein**?

ja       nein

20. Wenn ja, steht Ihnen ein **Motorrad** zur Nutzung **zur Verfügung**?

ja       nein

21. Wenn ja, Wie **häufig** nutzen Sie in der Regel das Motorrad?

- (fast) täglich
- mehrere Tage pro Woche
- mehrere Tage im Monat
- seltener als 1x monatlich
- nie bzw. fast nie

Angaben zur Person

22. In welchem **Jahr** sind Sie geboren? \_\_\_\_\_ (Jahr)

23. Welches **Geschlecht** haben Sie:

- männlich
- weiblich
- divers

24. Wie viele **Personen** leben ständig in Ihrem Haushalt, Sie selbst mitgerechnet?  
Zählen Sie dabei bitte auch Kinder mit.

\_\_\_\_\_ Personen insgesamt

davon:

- \_\_\_\_\_ unter 14 Jahre (Kinder)
- \_\_\_\_\_ von 14 bis unter 18 Jahre alt (Jugendliche)
- \_\_\_\_\_ über 18 Jahre alt (Erwachsene)

*Hinweis: Als Privathaushalt gelten Personen, die zusammenwohnen und wirtschaften, die in der Regel ihren Lebensunterhalt gemeinsam finanzieren beziehungsweise die Ausgaben für den Haushalt teilen. Mitglieder einer Wohngemeinschaft ohne gemeinsame Haushaltsführung gelten als eigenständige Privathaushalte. Geben Sie in dem Fall nur die Anzahl der Personen in Ihrer Wohngemeinschaft an, die mit Ihnen zusammenwohnen und wirtschaften.*

25. Welchen **Schulabschluss** haben Sie? (Nennen Sie bitte nur den höchsten Abschluss.)

- Hauptschul-/Volksschulabschluss oder gleichwertiger Abschluss
- Realschulabschluss/Mittlere Reife oder gleichwertiger Abschluss
- Abschluss der Polytechnischen Oberschule
- Fachhochschulreife, Abschluss Fachober-schule
- Abitur
- anderer Schulabschluss
- Schule beendet ohne Abschluss
- noch keinen Schulabschluss

26. Haben Sie eine abgeschlossene **Berufsausbildung**? Wenn ja, welche?  
(Nennen Sie bitte nur den höchsten Abschluss)

- beruflich-betriebl. Berufsausbildung (Lehre)
- beruflich-schulische Ausbildung (Berufsfachschule/Handelsschule)
- Ausbildung an einer Fachschule
- Fachhochschulabschluss, Ingenieurschule
- Universitäts- oder Hochschulabschluss
- anderer Berufsschulabschluss
- kein Berufsschulabschluss
- noch in beruflicher Ausbildung

27. Sind Sie...

- Vollzeiterwerbstätig
- Teilzeiterwerbstätig
- Geringfügig erwerbstätig, 450-Euro-Job, Minijob, Gelegentlich oder unregelmäßig beschäftigt
- „Ein-Euro-Job“ (bei Bezug von Arbeitslosengeld II)
- Altersteilzeit (in der Arbeitsphase befindlich)
- In einer beruflichen Ausbildung/Lehre oder Umschulung
- Schüler/in oder Studierende/r, die/der nicht gegen Geld arbeiten
- Mutterschafts-, Erziehungsurlaub, Elternzeit oder sonstige Beurlaubung
- In Pension/Rente, Altersteilzeit (in Freistellungsphase befindlich)
- zurzeit nicht erwerbstätig (arbeitslos, Vorrueständler/-innen)
- Noch nie erwerbstätig gewesen
- Wehrdienst/Bundesfreiwilligendienst (BFD),
- Freiwilliges Soziales Jahr (FSJ)
- Hausmann/-frau
- Sonstiges, und zwar \_\_\_\_\_

28. Welche **berufliche Position** nehmen Sie gegenwärtig ein?

Wenn Sie nicht mehr oder gegenwärtig nicht berufstätig sind, geben Sie bitte Ihre letzte Position an.

Arbeiter/in

- ungelernter Arbeiter/in;
- Angelernter oder gelernter Arbeiter/in
- Facharbeiter/in
- Vorarbeiter/in
- Meister

Angestellte/r

mit ausführender Tätigkeit nach allgemeiner Anweisung (z. B. Verkäufer/-in, Datentypist/-in, Sekretariatsassistent/-in, Pflegehelfer/-in)

Selbständige/r

- selbständige/r Landwirt/in oder  Genossenschaftsbauer/in
- Freiberufler, selbständige/r Akademiker/in
- sonstiger Selbständige/r mit bis zu 9 Mitarbeitern/innen oder Partnern/innen
- sonstiger Selbständiger mit 10 und mehr Mitarbeitern/innen oder Partnern/innen
- mithelfender Familienangehöriger

Beamter/in

- einfacher Dienst
- mittlerer Dienst

- mit einer qualifizierten Tätigkeit, die ich nach Anweisung erledige (z. B. Sachbearbeiter/-in, Buchhalter/-in, technische(r) Zeichner/-in), angestellter Industrie-/Werkmeister
- gehobener Dienst
- höherer Dienst
- mit eigenständiger Leistung in verantwortlicher Tätigkeit bzw. mit Fachverantwortung für Personal (z. B. wissenschaftliche(r) Mitarbeiter/-in, Prokurist/-in, Abteilungsleiter/-in bzw. Meister/-in)
- weiß nicht
- keine Angabe
- im Angestelltenverhältnis) mit umfassenden Führungsaufgaben und Entscheidungsbefugnissen (z. B. Direktor/-in, Geschäftsführer/-in, Mitglied des Vorstandes)

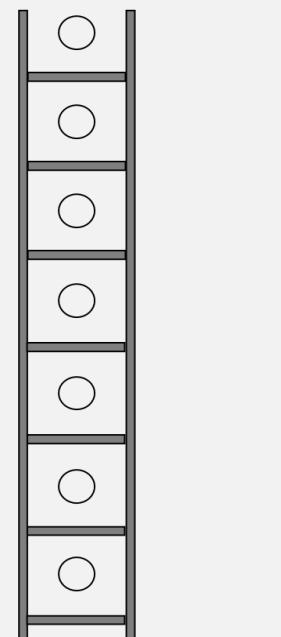
**29. Stellen Sie sich bitte eine Leiter mit 7 Sprossen vor, die zeigen soll, wo die Menschen in Deutschland stehen.**

Ganz oben stehen die Menschen mit dem meisten Geld, der höchsten Bildung und den besten Jobs. Ganz unten stehen diejenigen mit dem wenigsten Geld, der niedrigsten Bildung und den schlechtesten Jobs oder ohne Job.

Je höher man auf der Leiter steht, desto näher ist man den Personen ganz oben, je niedriger, desto näher den Personen ganz unten.

**Wo würden Sie sich auf der Leiter platzieren?**

Bitte kreuzen Sie an, auf welcher Sprosse Sie Ihrer Meinung nach in Ihrer aktuellen Lebensphase im Verhältnis zu anderen Menschen in Deutschland stehen.



30. Sollten Sie noch Anmerkungen zur Befragung haben können Sie uns diese hier gerne mitteilen.

---



---



---



---



---

**Vielen Dank für Ihre Beantwortung!**

Der nächste Untersuchungsteil findet nach den diesjährigen Pfingstferien statt. Es handelt sich dabei um eine mehrtägige Smartphone-gestützte Befragung, der sog. MotoApp-Befragung. Eine ausführliche Beschreibung dazu finden Sie in Ihrem Anschreiben. Für die Teilnahme daran erhalten Sie als Dankeschön 70 €.

Sie erhalten zu der MotoApp-Befragung weitere Informationen. Geben Sie bitte an, ob Sie diese postalisch oder per Email erhalten möchten.

Bitte senden Sie mir weitere Informationen zur MotoApp-Befragung

per Email an die folgende Emailadresse

---

---

postalisch an die bekannte Adresse aus dem Einladungsschreiben  
postalisch an die folgende Adresse:

---

---

---

ich möchte keine weiteren Informationen und meine Studienteilnahme an dieser Stelle  
beenden.

---

**Anhang C: Fragebogen MotoApp**

1.	Haben Sie sich in der letzten Stunde zu Hause aufgehalten?	Ja, im Haus <input type="checkbox"/> <b>1</b>	Ja, außen am Haus (Balkon, Terrasse, Garten, vor dem Haus) <input type="checkbox"/> <b>2</b>	Nein, war unterwegs <input type="checkbox"/> <b>3</b>
<i>Falls Frage 1) mit "Nein, war unterwegs" beantwortet wird, werden die weiteren Fragen nicht gestellt. Das heißt, die Befragung zu diesem Zeitpunkt ist damit beendet.</i>				
2.	<i>Falls Frage 1) mit "Ja, außen am Haus(...)" beantwortet wird, wird diese Frage nicht gestellt. Also nur, wenn 1) mit "Ja, im Haus" beantwortet wird.</i>  Wie hatten Sie <b>das Fenster in dem Raum eingestellt</b> , in dem Sie überwiegend waren.	<b>Geschlossen</b> <input type="checkbox"/> <b>1</b>	<b>Gekippt</b> <input type="checkbox"/> <b>2</b>	<b>Weit geöffnet</b> <input type="checkbox"/> <b>3</b>

Wenn Sie mal an die gerade zurückliegende Stunde bei Ihnen denken: Wie stark haben Sie sich durch Geräusche von ... gestört oder belästigt gefühlt?						
		überhaupt nicht <input type="checkbox"/> <b>1</b>	etwas <input type="checkbox"/> <b>2</b>	Mittelmäßig <input type="checkbox"/> <b>3</b>	stark <input type="checkbox"/> <b>4</b>	Äußerst <input type="checkbox"/> <b>5</b>
3.	Pkw	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Lkw	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Bussen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Landwirtschaftlichem Verkehr (z.B. Traktoren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Motorräden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<p><i>Falls Frage 7) mit "überhaupt nicht" beantwortet wird, werden Fragen 8-12 nicht angezeigt.</i></p> <p>Wie sehr haben Sie sich von den folgenden Merkmalen der Motorradgeräusche belästigt gefühlt?</p>						
		überhaupt nicht <b>1</b>	etwas <b>2</b>	Mittelmäßig <b>3</b>	stark <b>4</b>	äußerst <b>5</b>
8.	schnelles/rücksichtsloses Fahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Hochtouriges Fahren („Aufheulen“) bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Knattern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Tieftönendes Brummen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Gruppen von Motorrädern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Gibt es noch weitere Merkmale, die Sie gestört haben? Und zwar:	<hr/> <hr/> <hr/>				

<p><i>Falls Frage 7) mit "überhaupt nicht" beantwortet wird, werden Fragen 14-21 nicht angezeigt.</i></p> <p>Bei welcher dieser folgenden Aktivitäten – und in welchem Maße – sind Sie in der gerade zurückliegenden Stunde durch Motorradgeräusche gestört worden?</p>						
	überhaupt nicht <b>1</b>	etwas <b>2</b>	mittelmäßig <b>3</b>	stark <b>4</b>	Äußerst <b>5</b>	Aktivität nicht ausgeführt <b>0</b>

14.	Bei Unterhaltungen, Telefonieren in der Wohnung/im Haus	<input type="checkbox"/>					
15.	Bei Radio-/Musikhören, Fernsehen	<input type="checkbox"/>					
16.	Bei Hausarbeiten (drinnen/draußen)	<input type="checkbox"/>					
17.	Beim Lesen, Nachdenken, Konzentrieren in der Wohnung/im Haus	<input type="checkbox"/>					
18.	Beim Entspannen, bei Feierabendruhe in der Wohnung/im Haus	<input type="checkbox"/>					
19.	Bei häuslicher Geselligkeit, Besuch in der Wohnung/im Haus haben	<input type="checkbox"/>					
20.	Bei Aufenthalt und Erholung im Freien	<input type="checkbox"/>					
21.	Bei Unterhaltungen/ Gesprächen im Freien	<input type="checkbox"/>					

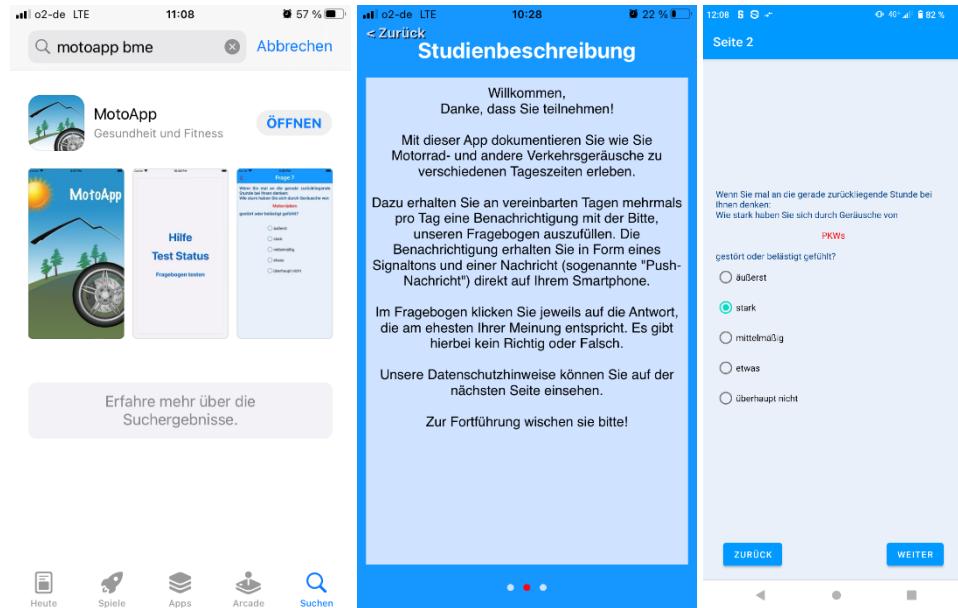
Vielen Dank für das Beantworten der Fragen. Bitte warten Sie auf die nächste Benachrichtigung!

*Kurze Abfrage nach der letzten Befragung des Tages bezogen auf den ganzen Tag.*

Vielen Dank für die heutige Befragungsteilnahme! Zum Abschluss des heutigen Tages möchten wir Sie bitten, noch nachfolgende Fragen zu beantworten.

<p>Wenn Sie mal an den ganzen Tag heute bei Ihnen denken: Wie stark haben Sie sich durch Geräusche von folgenden Quellen gestört oder belästigt gefühlt?</p>						
		überhaupt nicht 1	etwas 2	mittelmäß ig 3	stark 4	äußerst 5
22.	<b>Geräusche von Pkw</b>	<input type="checkbox"/>				
23.	<b>Geräusche von Lkw</b>	<input type="checkbox"/>				
24.	<b>Geräusche von Bussen</b>	<input type="checkbox"/>				
25.	<b>Geräusche von Landwirtschaftlichem Verkehr (z.B. Traktoren)</b>	<input type="checkbox"/>				
26.	<b>Geräusche von Motorrädern</b>	<input type="checkbox"/>				

## Anhang D: Screenshots der MotoApp



## Anhang E: Ergebnisse

### E1: Ergebnisse Reliabilität

Tabelle 13. Reliabilität einzelner Skalen und Subskalen

Skala/Faktor	Items	Cronbachs Alpha
Active Place Attachment	Von Zeit zu Zeit entdecke ich meine Gegend neu.	0,717
	Ich mag es, meine Gegend zu erkunden und neue Orte zu entdecken.	
	Ich mache oft Fotos von verschiedenen Orten hier.	
Traditional Place Attachment	Ich kann mir nicht vorstellen, von hier wegzuziehen.	0,751
	Selbst wenn es bessere Orte gibt, werde ich nicht von hier wegziehen.	
	Ich habe nie darüber nachgedacht, ob es nicht besser wäre, woanders zu leben.	
Placelessness	Es gibt viele Orte in Deutschland und auf der Welt, an denen ich leben könnte *	0,813
	Es würde mir nichts ausmachen, meinen Wohnort zu verlassen und woanders hinzuziehen. *	
	Es ist für mich wichtiger, wie ich lebe, als wo ich lebe.*	
Positive Einstellung Motorradverkehr	Fahrverbote für Motorräder stellen eine unzulässige Diskriminierung dar.	0,747
	Der Ausflugverkehr durch Motorräder leistet einen positiven Beitrag zum Tourismus.	
	Motorradfahren vermittelt ein Gefühl der Freiheit.	
Negative Einstellung Motorradverkehr	Der Motorradverkehr verursacht hohe Belastungen für Mensch und Umwelt.	0,813
	Ich fühle mich durch Motorräder im Straßenverkehr gefährdet.	
	Motorradfahrende verhalten sich im Straßenverkehr rücksichtsloser als Autofahrende.	
Copingskala	Ich kann mich gegen Motorradlärm ganz gut schützen.	0,852
	Wenn der Motorradlärm mir zu laut wird, mache ich einfach die Fenster zu und dann stört er mich nicht mehr.	
	Manchmal fühle ich mich dem Motorradlärm richtig ausgeliefert. *	
	Den Motorradlärm höre ich schon gar nicht mehr.	
	Wenn der Motorradlärm sehr laut wird, schalte ich einfach ab.	
	Ich habe mich damit abgefunden, dass der Motorradlärm nun mal da ist.	
Kommunikationsstörung innen	Bei Unterhaltung, Telefonieren im Haus	

Bei Radio-/Musik hören, Fernsehen	
Bei häuslicher Geselligkeit, Besuch in der Wohnung	
Ruhe- /Konzentrationsstörung innen	Beim Lesen, Nachdenken, Konzentrieren
	Beim Entspannen, bei Feierabendruhe
Störung außen	Bei Unterhaltung/Gesprächen im Freien
	Bei Aufenthalt und Erholung im Freien
Hausarbeit	

\*rekodiert.

## E2: Deskriptive Darstellung der Fragen zum Place Attachment

Tabelle 14. Place Attachment

	nicht mäßige	wenig mäßige	mittel- mäßige	ziemlich mäßige	sehr mäßige	N	M	SD	Min	Max
a. Selbst wenn es bessere Orte gibt, werde ich nicht von hier wegziehen.	16,7	10,6	14,9	30,5	27,3	491	3,4	1,4	1	5
b. Es gibt viele Orte in Deutschland und auf der Welt, an denen ich leben könnte.	13,9	31,6	21,9	22,7	9,8	488	2,8	1,2	1	5
c. Ich mag es, meine Gegend zu erkunden und neue Orte zu entdecken.	2,9	6,9	21,8	35,4	33,0	491	3,9	1,0	1	5
d. Es ist für mich wichtiger, wie ich lebe, als wo ich lebe.	7,8	12,1	31,9	27,6	20,7	489	3,4	1,2	1	5
e. Ich kann mir nicht vorstellen, von hier wegzuziehen.	13,8	15,5	19,8	26,3	24,6	491	3,3	1,4	1	5
f. Ich mache oft Fotos von verschiedenen Orten hier.	22,9	25,8	22,1	18,1	11,1	485	2,7	1,3	1	5
g. Es würde mir nichts ausmachen, meinen Wohnort zu verlassen und woanders hinzuziehen.	28,2	26,6	20,8	13,2	11,1	485	2,5	1,3	1	5
h. Von Zeit zu Zeit entdecke ich meine Gegend neu.	6,4	14,1	32,0	35,5	12,1	488	3,3	1,1	1	5
i. Ich habe nie darüber nachgedacht, ob es nicht besser wäre, woanders zu leben.	26,0	23,9	25,6	14,1	10,4	489	2,6	1,3	1	5

Anmerkung. N= Anzahl. M=Mittelwert. SD= Standardabweichung. Min= Minimum. Max=Maximum.

### E3: Deskriptive Darstellung der Fragen zum Umgang mit Motorradlärm

Tabelle 15. Umgang mit Motorradlärm

	nicht mäßig	wenig mäßig	mittel- mäßig	ziemlich mäßig	sehr mäßig	N	M	SD	Min	Max
Ich kann mich gegen Motorradlärm ganz gut schützen.	22,2	24,5	23,9	18,0	11,4	473	2,7	1,3	1	5
Wenn der Motorradlärm mir zu laut wird, mache ich einfach die Fenster zu und dann stört er mich nicht mehr.	20,3	22,8	18,3	21,5	17,1	469	2,9	1,4	1	5
Manchmal fühle ich mich dem Motorradlärm richtig ausgeliefert.	31,7	17,6	15,3	18,0	17,4	477	2,7	1,5	1	5
Den Motorradlärm höre ich schon gar nicht mehr.	38,1	21,9	21,5	9,4	9,1	470	2,3	1,3	1	5
Wenn der Motorradlärm sehr laut wird, schalte ich einfach ab.	47,3	21,6	18,3	6,5	6,3	459	2,0	1,2	1	5
Ich habe mich damit abgefunden, dass der Motorradlärm nun mal da ist.	31,4	18,8	21,9	18,6	9,3	462	2,6	1,3	1	5

Anmerkung. N= Anzahl. M=Mittelwert. SD= Standardabweichung. Min= Minimum. Max=Maximum.

**E4: Häufigkeitsangaben 12-Monatbelästigung durch verschiedene Straßenverkehrslärmquellen**

Frage: Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch [Lärmquelle] gestört oder belästigt gefühlt?

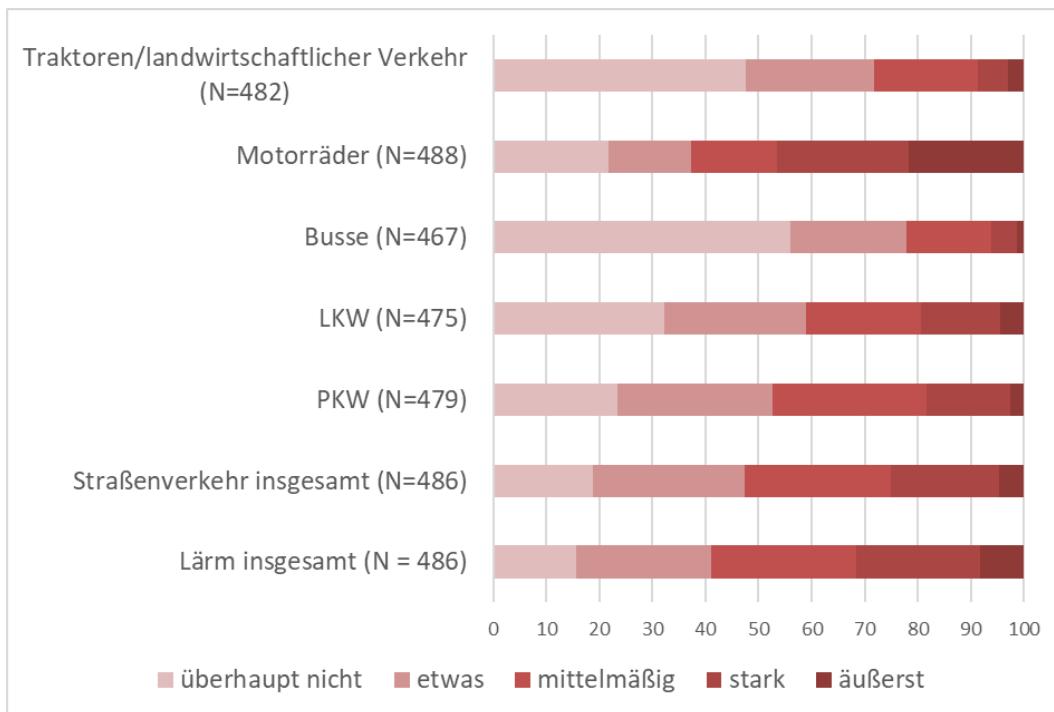


Abbildung 35. Häufigkeitsverteilung der 12-Monats-Lärmelästigung in Prozent

**E5: Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Lärm verschiedener Straßenverkehrstypen belästigt zu werden in Abhängigkeit des Straßenverkehrspegel  $L_{DEN}$**

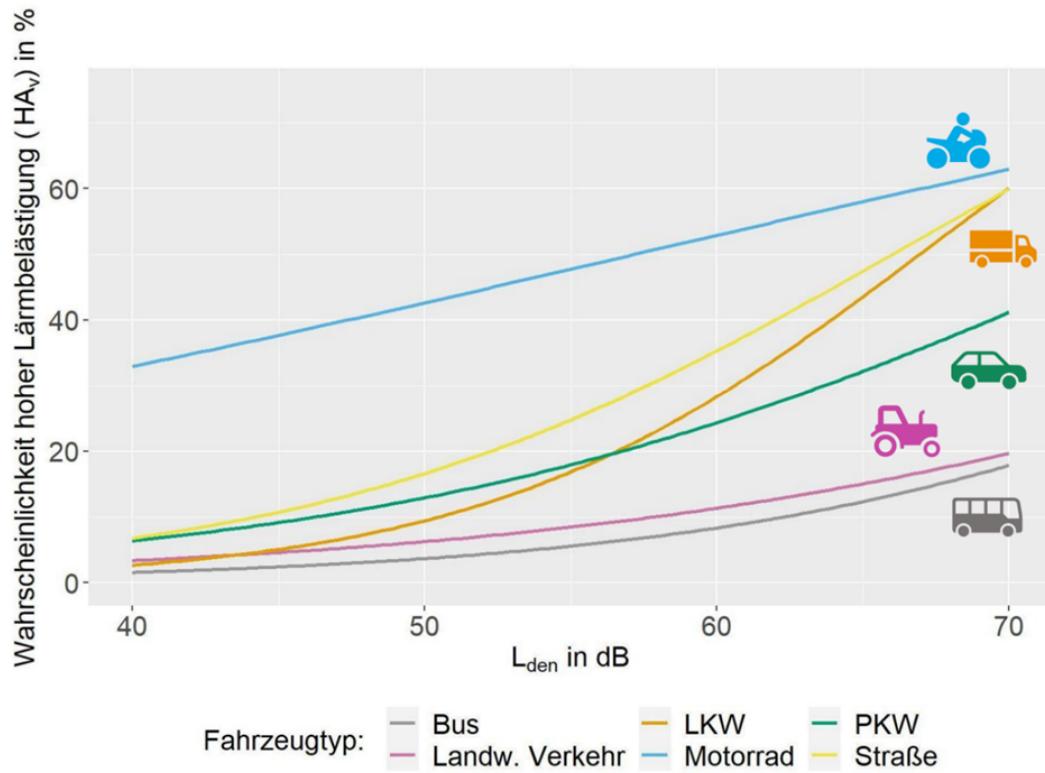


Abbildung 36. Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Lärm verschiedener Straßenverkehrstypen belästigt zu werden in Abhängigkeit des Straßenverkehrspegel  $L_{DEN}$

## E6: Gruppenunterschiede Teilnehmende vs. Nicht-TN an MotoApp-Befragung

Tabelle 16. T-Test-Tabelle für Gruppenunterschiede zwischen TN und Nicht-TN an MotoApp Befragung (Welch T-Test)

Variable	M (Gruppe N-TN)	M (Gruppe TN)	Diff means	df	t	p	-CL	+CL
Alter	57,7444	46,2714	11,4730	447,83	7,6804	< .001	8,5373	14,4088
Lden Straße	53,0361	54,8791	-1,8429	463,95	-2,6383	< .01	-3,2156	-0,4703
L,Tag Straße	51,4308	53,2808	-1,8500	462,28	-2,6452	< .01	-3,2244	-0,4757
L,Nacht Straße	42,3472	44,1638	-1,8166	467,62	-2,6041	< .01	-3,1874	-0,4458
Lärmbelästigung Straße (insg.)	2,6410	2,6338	0,0072	433,54	0,0684	,9455	-0,2002	0,2147
Lärmbelästigung Motorrad	3,1273	3,0469	0,0803	439,57	0,5963	,5513	-0,1844	0,3451
Lärmbelästigung Pkw	2,4511	2,4460	0,0051	448,01	0,0509	,9594	-0,1925	0,2027
Lärmempfindlichkeit	3,7609	3,6963	0,0646	470,86	0,6267	,5311	-0,1380	0,2672

Anmerkung. M= Mittelwert, Diff means = Mittlere Differenz, df= Freiheitsgrade, t= Welch t-Statistik, p = Signifikanzniveau, -CL = unteres Konfidenzintervall, +CL = oberes Konfidenzintervall.

Tabelle 17. Prüfung von Gruppenunterschieden zwischen Teilnehmenden an der MotoApp-Befragung vs. Nicht-Teilnehmenden mittels Kovarianzanalyse

Lärmbelästigung Straße		Quadratsumme	df	F	p
Intercept		0,14	1	0,1193	,7299
Gruppe		0,95	1	0,8095	,3687
Lden		64,75	1	55,2054	***
Fehler		565,37	482		
Lärmbelästigung Motorrad		Quadratsumme	df	F	p
Intercept		13,43	1	6,5271	*
Gruppe		2,94	1	1,4278	,2327
Lden		39,57	1	19,2271	***
Fehler		995,97	484		

Lärmbelästigung PKW	Quadratsumme	df	F	p
Intercept	1,06	1	0,9661	,3262
Gruppe	0,58	1	0,5254	,4689
Lden	44,71	1	40,7253	***
Fehler	521,48	475		

Anmerkung. *df*= Freiheitsgrade, *F*=F-Statistik, *p* = Signifikanzniveau, \*\*\*p<.001, \*\* p< .01, \* p< .05.

**E7: Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Motorradlärm belästigt zu werden und Motorrad  $L_{Aeq,1h}$  in Abhängigkeit vom Besitz eines Motorradführerscheins**

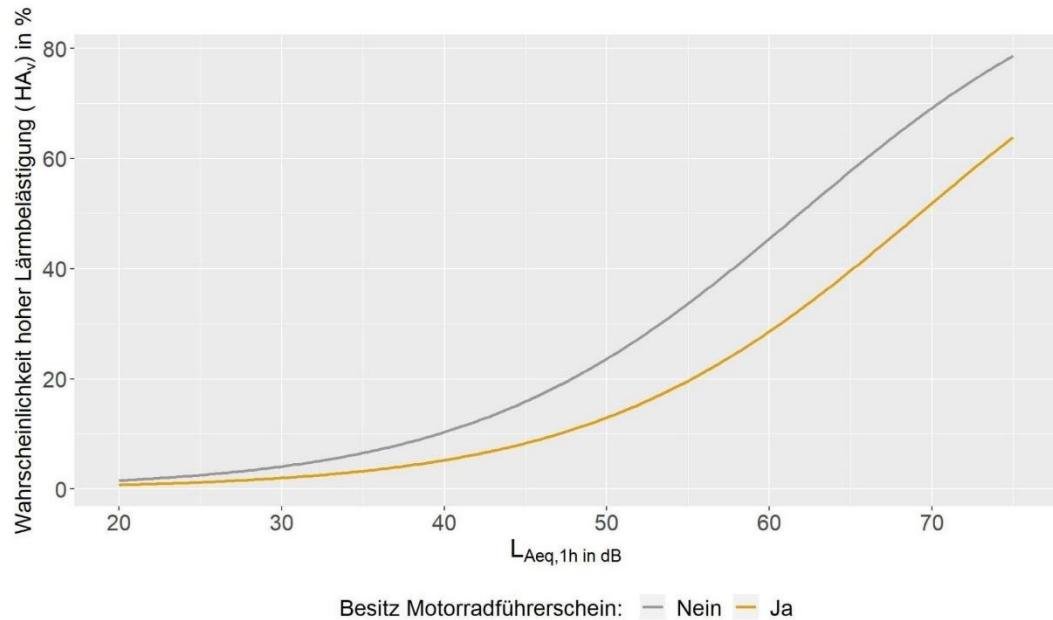


Abbildung 37. Expositions-Wirkungskurven für die Wahrscheinlichkeit, hoch durch Motorradlärm belästigt zu werden und Motorrad  $L_{Aeq,1h}$  in Abhängigkeit vom Besitz eines Motorradführerscheins

## E8: Darstellung Emissionspegelverteilung über zehn Untersuchungstage an den 12 Messpunkten

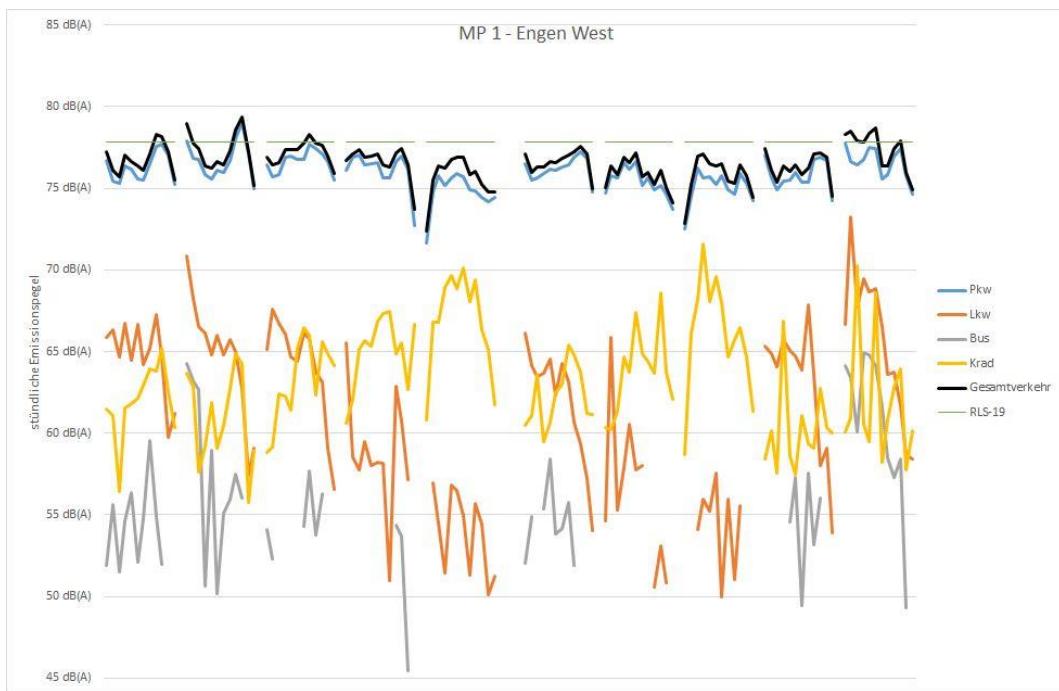


Abbildung 38. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 1

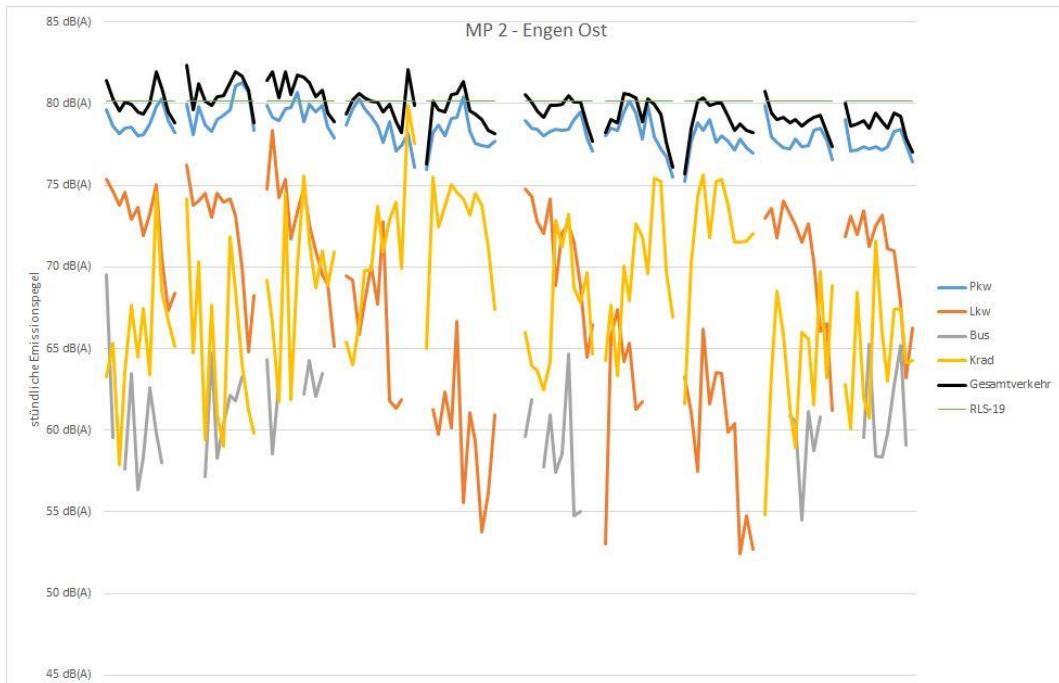


Abbildung 39. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 2

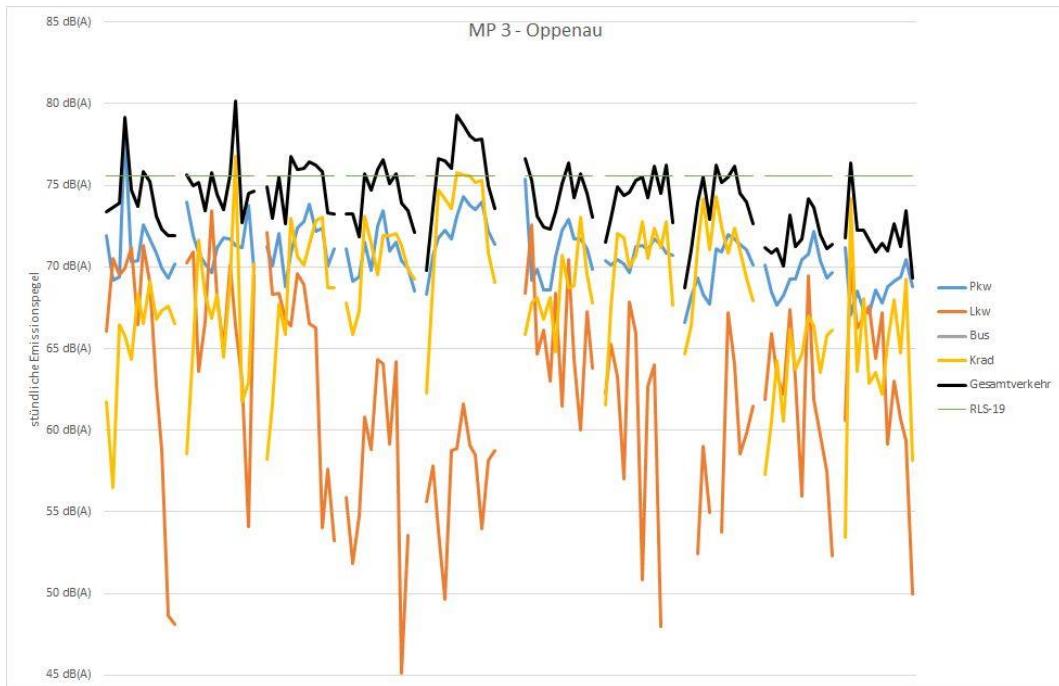


Abbildung 40. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 3

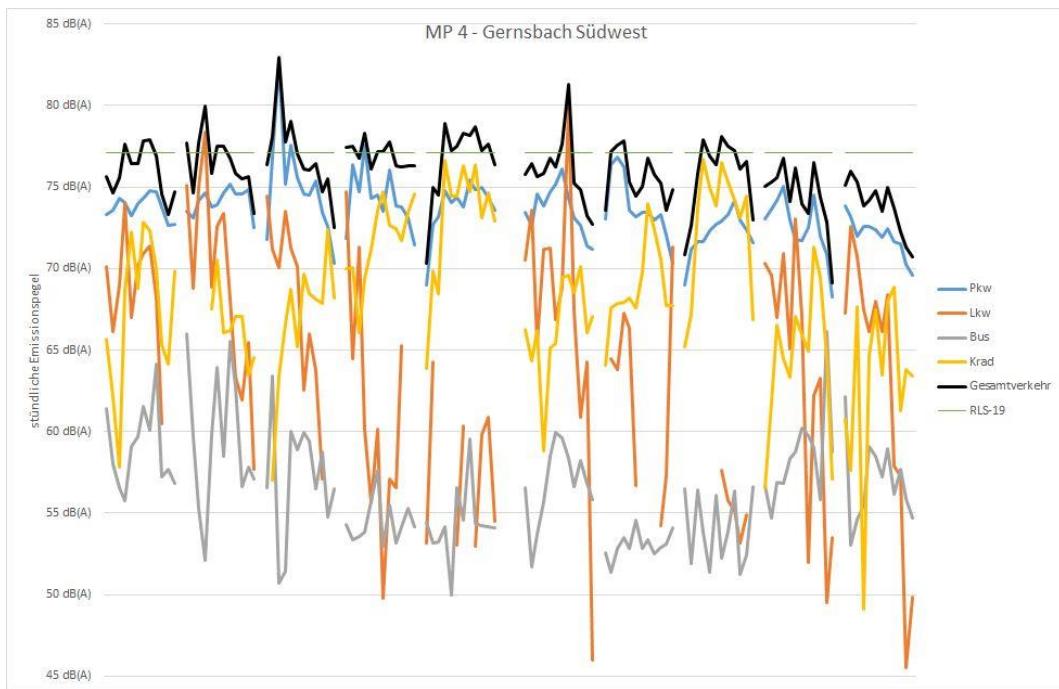


Abbildung 41. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 4

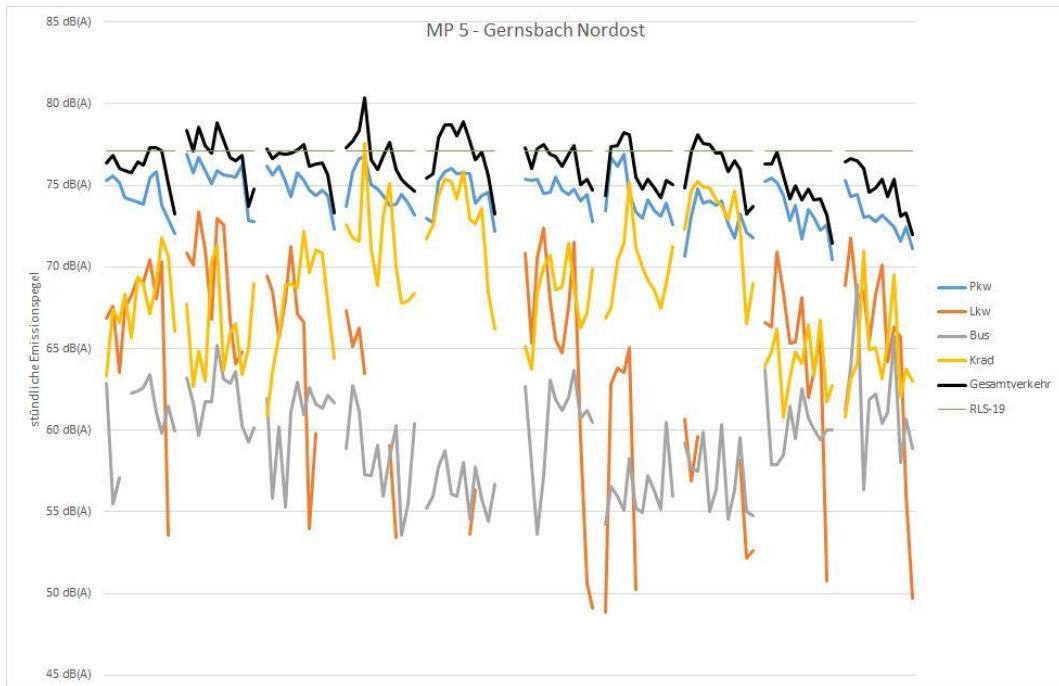


Abbildung 42. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 5

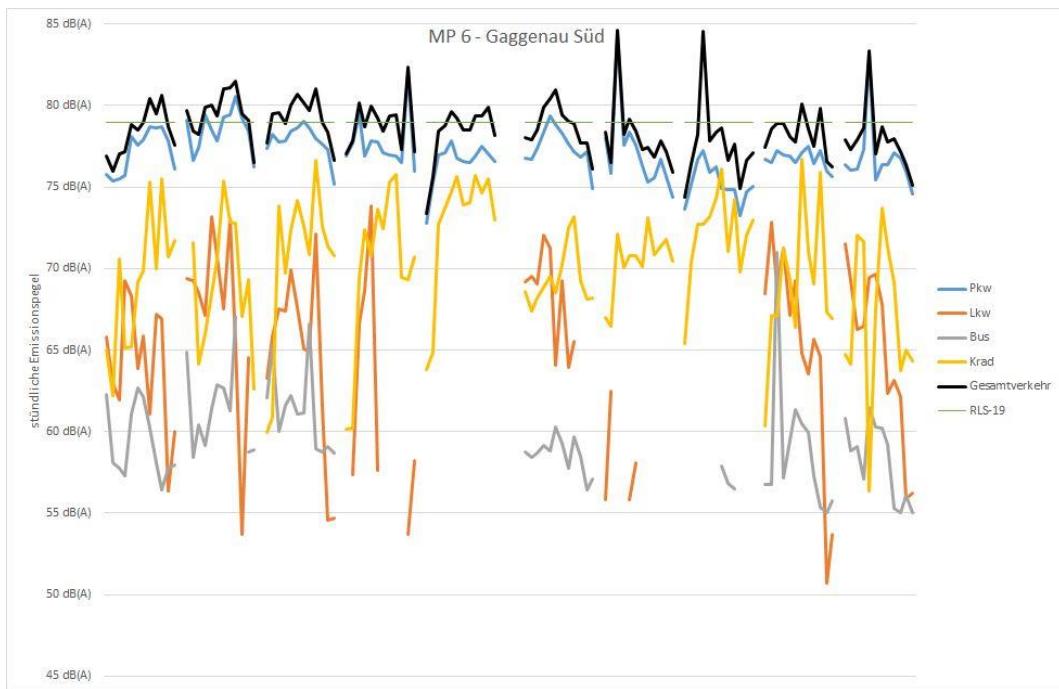


Abbildung 43. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 6

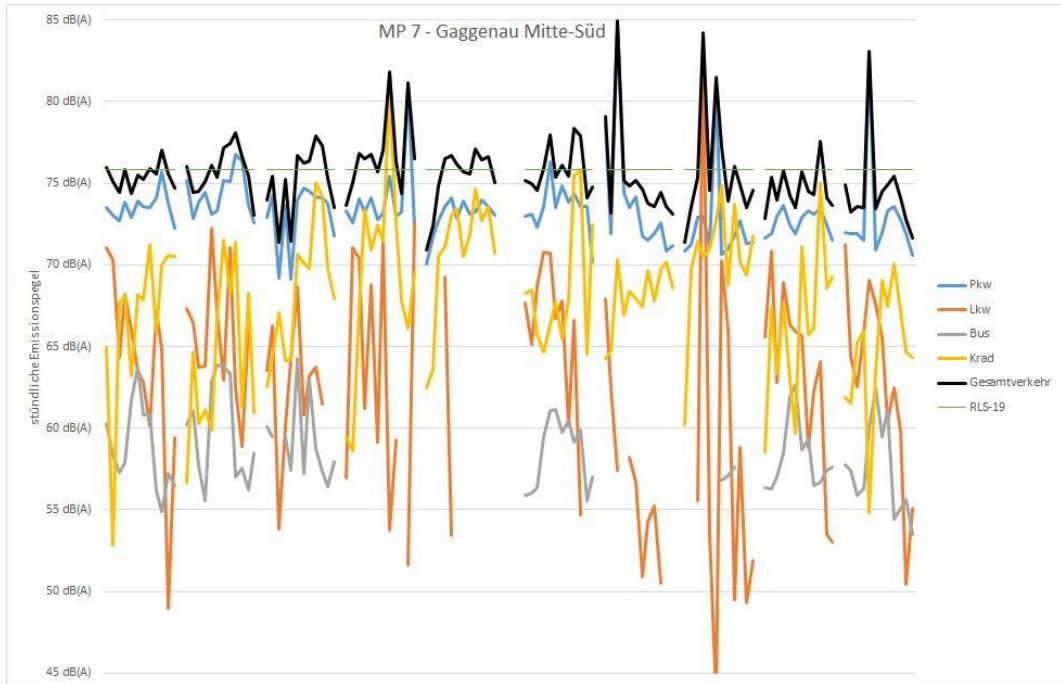


Abbildung 44. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 7

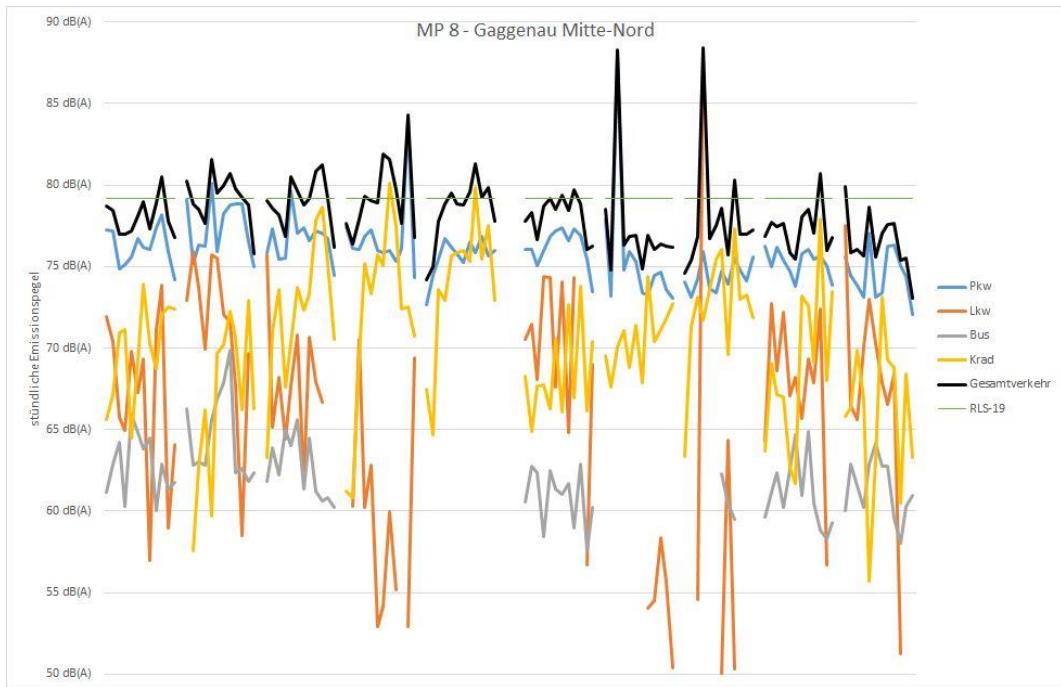


Abbildung 45. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 8

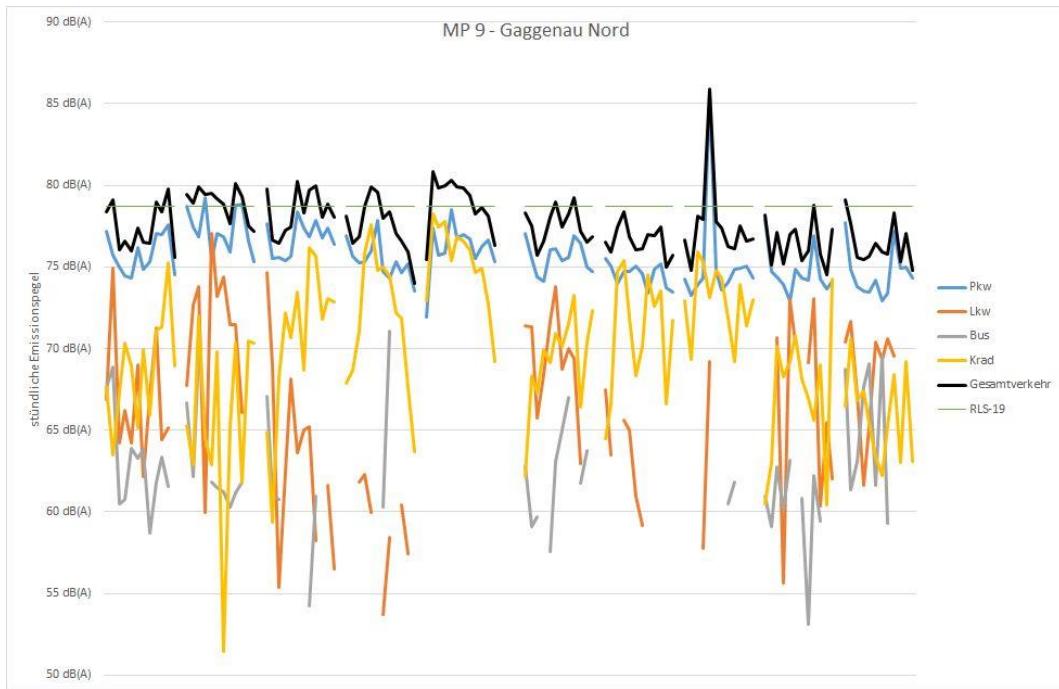


Abbildung 46. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 9

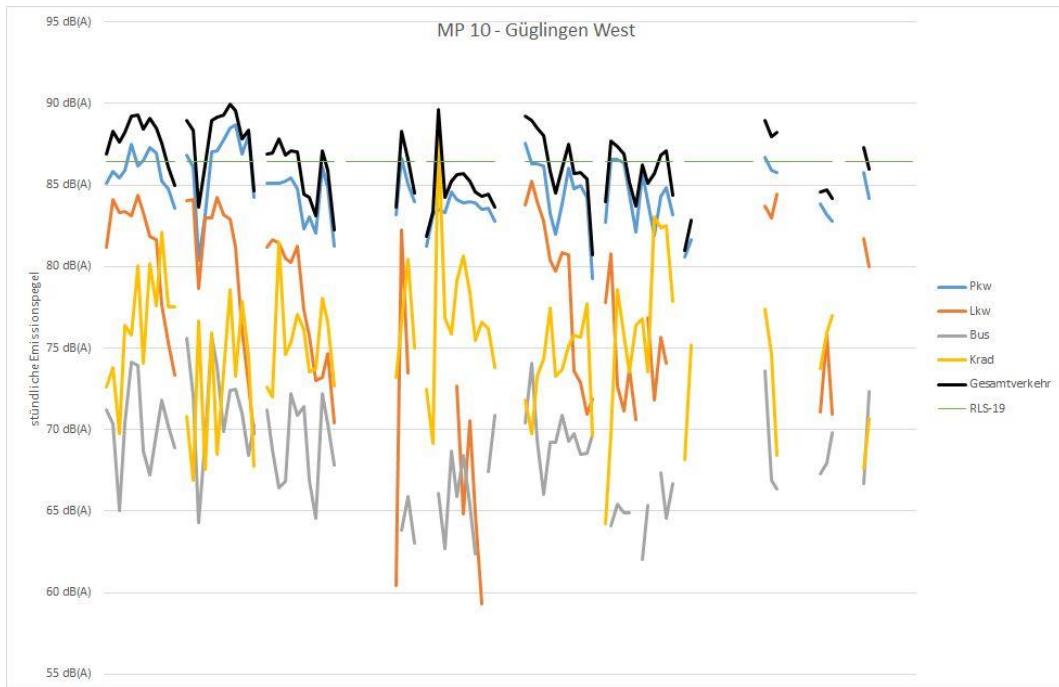


Abbildung 47. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 10

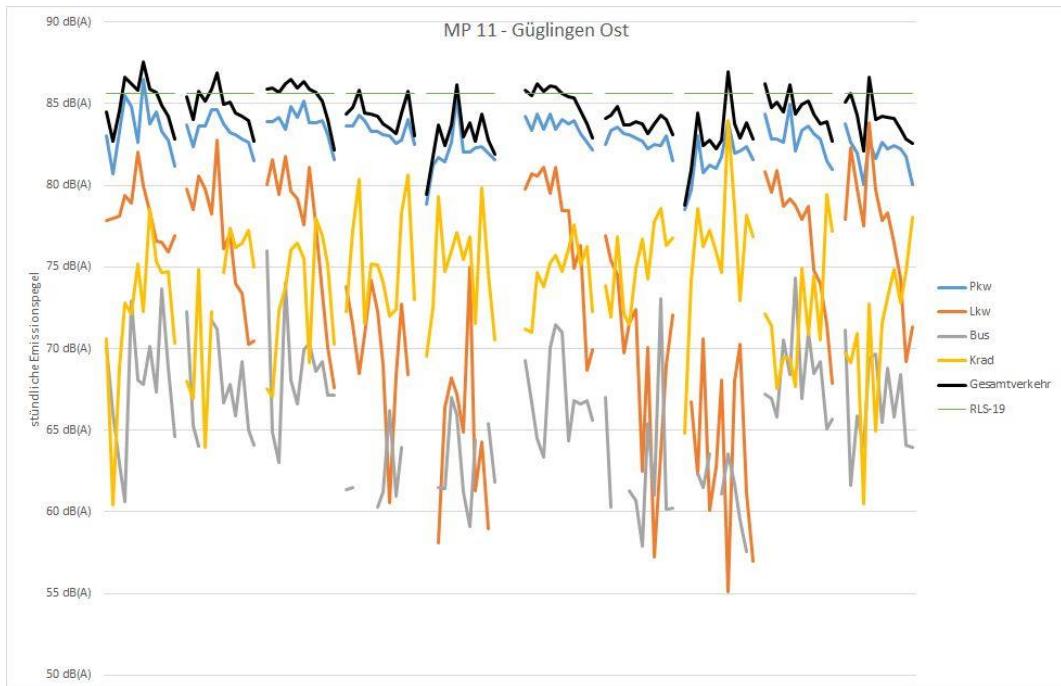


Abbildung 48. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 11

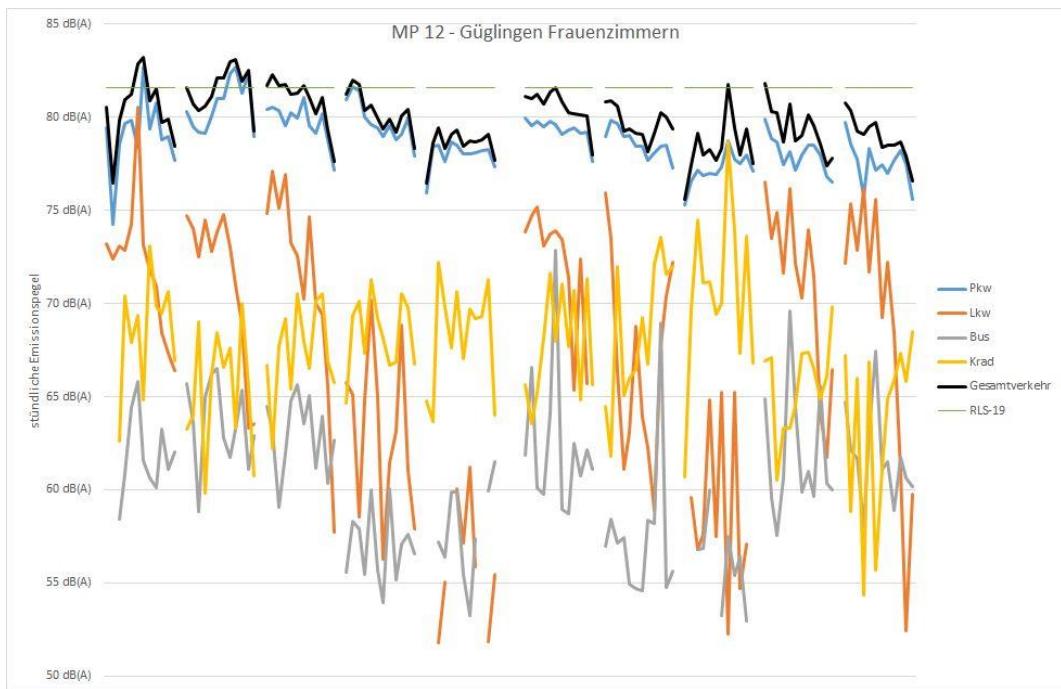


Abbildung 49. Stündlicher Emissionsspiegel nach Fahrzeugtyp für die zehn Untersuchungstage - Messpunkt 12