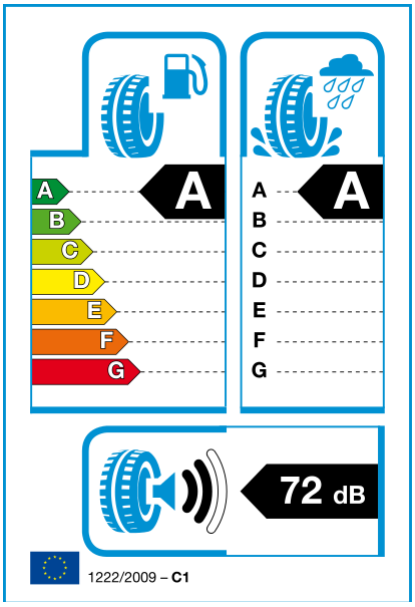
Lärmarme Reifen für leise Straßen
LARA

Ein Projekt finanziert im Rahmen der
Pilotinitiative Verkehrsinfrastrukturforschung 2011
(**VIF2011**)

06 2013



Impressum:

Herausgeber und Programmverantwortung:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien
Renngasse 5
A - 1010 Wien

ÖBB-Infrastruktur AG
Praterstern 3
A - 1020 Wien

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
Rotenturmstraße 5-9
A - 1010 Wien

Für den Inhalt verantwortlich:
AIT Austrian Insitute of Technology GmbH
Giefinggasse 2
A - 1210 Wien

TAS Sachverständigenbüro für Technische Akustik SV-GmbH
Emil-Rathenau-Str. 1
A - 4030 Linz

Programmmanagement:
Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Bereich Thematische Programme
Sensengasse 1
A - 1090 Wien

Lärmarme Reifen für leise Straßen

LARA

Ein Projekt finanziert im Rahmen der

Pilotinitiative Verkehrsinfrastrukturforschung

(VIF2011)

AutorInnen:

DI Manfred Haider (AIT)

DI Reinhard Wehr (AIT)

Dott. Ing. Marco Conter (AIT)

Ing. Gerhard Strohmayer (TAS)

DI Heinz Hoislbauer (TAS)

Auftraggeber:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

Auftragnehmer:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

TAS Sachverständigenbüro für Technische Akustik SV GmbH

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung 5
2. Einführung 6
3. Aufgabenstellung 11
4. Reifenstatistik 12
4.1. PKW-Reifen 12
4.2. LKW-Reifen 26
5. Messungen 37
5.1. Messmethode 37
5.2. Messstellen und Messfahrzeuge 39
5.3. Messgeräte 41
6. Ergebnisse der Messungen 42
7. Beispielprojekte 54
7.1. Beispielprojekt 1 58
7.2. Beispielprojekt 2 61
7.3. Beispielprojekt 3 64
7.4. Beispielprojekt 4 67
8. Zusammenfassung 71
9. Literatur 74

1. KURZFASSUNG

Im hier vorgestellten Forschungsprojekt, durchgeführt im Rahmen der Pilotinitiative Verkehrsinfrastrukturforschung (VIF2011), werden die Auswirkungen der Einführung der EU-Verordnung 2009/1222/EG [1] sowie der neuen Grenzwerte für das Rollgeräusch der Reifen, beschrieben in der EU-Verordnung 2009/661/EG [2], im Hinblick auf österreichische Verhältnisse untersucht.

Dazu wird ein Überblick über den Reifenmarkt in Österreich sowie eine statistische Analyse der Verteilung der Werte für das Rollgeräusch, die Nasshaftung und der Kraftstoffeffizienz gegeben. Korrelationsanalysen zwischen den einzelnen Reifenparametern sowie ein Überblick über den Einfluss der am Reifenaufkleber ausgewiesenen Werte auf die Preisgestaltung werden gezeigt.

Ebenfalls werden Messungen vorgestellt, die den Einfluss häufig in Österreich eingesetzter Fahrbahndecken auf das Rollgeräusch der Reifen untersuchen. Dabei wird nach einem Zusammenhang zwischen dem Wert für das Rollgeräusch, der auf einer speziellen, in Österreich nicht im Straßenbau verwendeten Fahrbahndecke gemessen wird, und der tatsächlichen Schallemission der Reifen gesucht.

Schlussendlich wird das Lärmreduktionspotential von Reifen mit niedrigem Rollgeräuschkennwert quantifiziert. Dazu werden Lärmschutz-Beispielprojekte berechnet, die aufzeigen, in welchem Ausmaß durch die vermehrte Nutzung von lärmarmen Reifen Kosten im Bereich von baulichen Lärmschutzmaßnahmen eingespart werden können.

2. EINFÜHRUNG

In Österreich ist der Straßenverkehr die mit Abstand bedeutendste Quelle von Lärmbeeinträchtigungen. Daher kommt der Minderung dieser Lärmquelle eine eminente Bedeutung für die Reduktion der Gesamtlärmbelastung der Österreicher zu. Die Schallemission von Personenkraftwagen wird bei Fahrgeschwindigkeiten über etwa 30 km/h vom Geräusch des Reifen-Fahrbahn-Kontaktes dominiert. Motorgeräusche und aerodynamische Geräusche sind bei diesen Geschwindigkeiten von untergeordneter Bedeutung. Bei Lastkraftwagen ist derselbe Befund ab Geschwindigkeiten von etwa 50 km/h zutreffend. Strategien zur Minderung der Lärmemissionen von Kraftfahrzeugen müssen daher im Bereich des Reifen-Fahrbahn-Geräusches ansetzen. Dabei werden Optimierungen sowohl bei den Reifen wie auch bei den Straßenoberflächen notwendig sein, um die bestmögliche Kombination hinsichtlich des Reifenrollgeräusches zu finden.

Um das Rollgeräusch zu reduzieren, änderte die Europäische Kommission die Regeln für die Zulassung von neuen Reifen in der EU mit der Veröffentlichung von zwei neuen getrennten Verordnungen und ersetzte damit die frühere EU-Reifenrichtlinie 2001/43/EG [3]. Diese sind die EU-Verordnung 2009/661/EG, in der die neuen Grenzwerte für die Typprüfung von neuen Reifen bestimmt werden (siehe Tabelle 2.1 bis Tabelle 2.4; zu beachten ist dabei die Änderung der Reifenklasse in Bezug auf die Nennbreite der Reifen) und die EU-Verordnung 2009/1222/EG, in der die Kennzeichnung der neuen Reifen definiert wird. Das anzuwendende Abnahmeverfahren für das Rollgeräusch wie auch für die Nasshaftung und die Kraftstoffeffizienz ist derzeit in der UNECE Regulation R117 [4] beschrieben, wobei die Fahrbahndecke, die hier als Referenz für das Rollgeräusch benutzt wird, der ISO-Asphalt nach ISO 10844 [5] ist, der in Österreich nicht im Straßenbau auf öffentlichen Straßen eingesetzt wird.

Tabelle 2.1: ursprüngliche Grenzwerte aus der EU-Reifenrichtlinie 2001/43/EG für Reifen der Klasse C1 nach Nennbreite des geprüften Reifens; bei M+S-Reifen erhöhen sich die Grenzwerte um 1 dB, bei Reifen der Verwendungsart „spezial“ (zB. Off-Road-Reifen) um 2 dB

Reifenklasse	Nennbreite in mm	Grenzwert in dB bis 30.06.2007	Grenzwert in dB bis 30.06.2008	Grenzwert in dB bis 30.06.2009	Grenzwert in dB ab 01.07.2009
C1A	≤ 145	72	71	71	71
C1B	> 145 ≤ 165	73	72	72	72
C1C	> 165 ≤ 185	74	73	73	73
C1D	> 185 ≤ 215	75	75	74	74
C1E	> 215	76	76	76	75

Tabelle 2.2: Grenzwerte aus der EU-Verordnung 2009/661/EG für Reifen der Klasse C1 nach Nennbreite des geprüften Reifens; bei M+S-Reifen, Extra-Load-Reifen oder verstärkten Reifen, oder einer Kombination dieser Reifen, erhöhen sich die genannten Grenzwerte um 1 dB

Reifenklasse	Nennbreite in mm	Grenzwert in dB
C1A	≤ 185	70
C1B	> 185 ≤ 215	71
C1C	> 215 ≤ 245	71
C1D	> 245 ≤ 275	72
C1E	> 275	74

Tabelle 2.3: ursprüngliche Grenzwerte der Reifen der Klassen C2 und C3 nach Verwendungsart der Reifen aus der EU-Reifenrichtlinie 2001/43/E

Reifenklasse	Verwendungsart	Grenzwert in dB
C2	Normalreifen	75
	M+S-Reifen	77
	Spezialreifen	78
C3	Normalreifen	76
	M+S-Reifen	78
	Spezialreifen	79

Tabelle 2.4: Grenzwerte aus der EU-Verordnung 2009/661/EG für Reifen der Klassen C2 und C3 nach Verwendungsart der Reifen; bei Spezialreifen erhöhen sich diese Grenzwerte um 2 dB; weitere 2 dB sind bei M+S-Reifen der Verwendungsart Traktionsreifen der Klasse C2 gestattet; bei allen anderen Verwendungsarten von Reifen der Klasse C2 und C3 ist bei M+S-Reifen 1 dB zusätzlich gestattet

Reifenklasse	Verwendungsart	Grenzwert in dB
C2	Normalreifen	72
	Traktionsreifen	73
C3	Normalreifen	73
	Traktionsreifen	75

Die Verordnungen gelten für alle Reifen der Klassen C1, C2 und C3. Ausgenommen sind

- runderneuerte Reifen
- Geländereifen für den gewerblichen Einsatz
- Reifen, die ausschließlich für die Montage an Fahrzeugen ausgelegt sind, deren Erstzulassung vor dem 01.10.1990 erfolgte
- Notreifen des Typs T

- Reifen mit einer zulässigen Geschwindigkeit von weniger als 80 km/h
- Reifen für Felgen mit einem Nenndurchmesser ≤ 254 mm oder ≥ 635 mm
- Reifen mit Zusatzvorrichtungen zur Verbesserung der Traktion, z.B. Spikereifen
- Reifen, die ausschließlich für die Montage an Fahrzeugen ausgelegt sind, die ausschließlich für Rennen bestimmt sind.

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass die Messungen zur Klassifizierung der Reifen von den Herstellern selbst durchgeführt werden. Nationale Behörden sind zur Überwachung der Übereinstimmung der für Kraftstoffeffizienz, Nasshaftung und Rollgeräusch angegebenen Klassen auf dem Reifenetikett (Abbildung 2.1) mit den gemessenen Werten verpflichtet. Zusätzlich zur Angabe des Rollgeräuschkennwertes *N* wird dessen Lage relativ zum Grenzwert *LV* noch durch ein Piktogramm am Aufkleber veranschaulicht (Abbildung 2.2). Ein schwarz ausgefülltes Schallwellensymbol bedeutet hier, dass der Rollgeräuschkennwert den ab 2016 gültigen Grenzwert um mehr als 3 dB unterschreitet, zwei ausgefüllte Symbole bedeuten ein Unterschreiten von weniger als 3 dB des Grenzwertes, drei ausgefüllte Schallwellensymbole bedeuten ein Überschreiten des Grenzwertes.

Weiters gilt es zu beachten, dass die Verbindlichkeit der Einhaltung der Grenzwerte des Rollgeräusches nach EU-Verordnung 2009/661/EG erst mit 01.11.2016 in Kraft tritt. Ab diesem Zeitpunkt ist der Verkauf von die Grenzwerte nicht einhaltenden Reifen sowie die Inbetriebnahme von Kraftfahrzeugen, die mit die Grenzwerte nicht einhaltenden Reifen ausgestattet sind, untersagt.

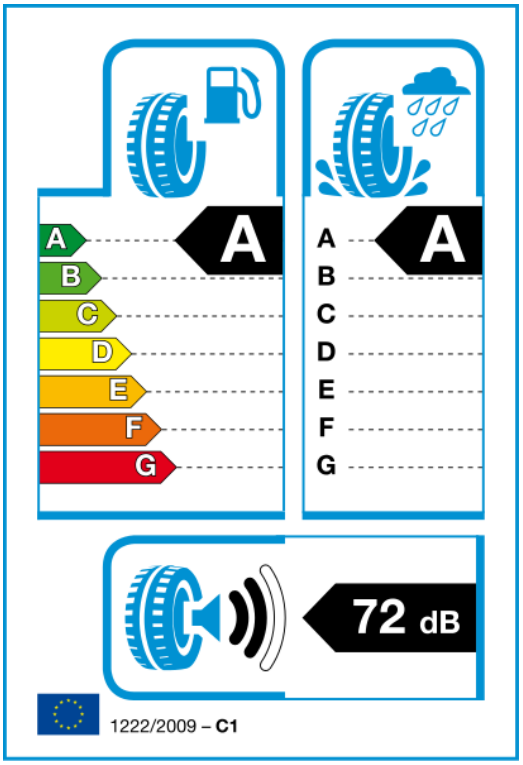


Abbildung 2.1: Aufkleber mit Kennzeichnung der Kraftstoffeffizienzklasse, der Klasse des externen Rollgeräusches sowie Nasshaftungsklasse

Abbildung 2.2: Darstellung der Klasse des externen Rollgeräuschs

Die drei Dokumente sollten die Basis für eine allfällige Revision der aktuell in Österreich gültigen Richtlinie RVS 04.02.11 [6] bilden. Diese Richtlinie ist das derzeit gültige Rechenverfahren für die Immissionsberechnung aus dem Straßenverkehr in Österreich und beinhaltet die akustischen Parameter, die die Lärmemission der in Österreich am häufigsten eingesetzten Fahrbahndecken für ein typisches Fahrzeugkollektiv in mehreren Fahrzeugklassen definieren. Nachdem aber diese Parameter zu einem Zeitpunkt ermittelt wurden, als noch andere Grenzwerte für die Lärmemissionen von Reifen gültig waren, sind

diese Parameter nicht mehr aktuell. Für eine Aktualisierung des Rechenverfahrens ist daher eine Aktualisierung dieser Parameter notwendig. Eine Quantifizierung der Auswirkungen durch die Senkung der Schallemissionsgrenzwerte ist aber nur getrennt für jede einzelne Fahrbahndecke und Fahrzeugklasse möglich und kann nicht für alle Fahrbahndecken gleich angenommen werden.

Aufgrund der hohen Bedeutung von speziellen Fahrbahndecken für das österreichische hochrangige Straßennetz wie z. B. Waschbeton, spielt die Verwendung möglichst repräsentativer und realitätsnaher Emissionswerte im Rechenverfahren zur Ermittlung der Immissionen aus dem Straßenverkehr eine wichtige Rolle. Studien, die im Ausland teilweise schon durchgeführt wurden, können daher nur als Referenz für das vorliegende Vorhaben gelten und nicht die Untersuchung der in Österreich typischen Fahrbahndecken ersetzen.

3. AUFGABENSTELLUNG

Das Projektkonsortium, bestehend aus dem AIT Austrian Institute of Technology GmbH sowie der TAS Sachverständigenbüro für Technische Akustik SV GmbH, wurde beauftragt, Untersuchungen zu den Auswirkungen der neuen EU-Verordnungen sowie deren Umlegbarkeit auf österreichische Verhältnisse in Bezug auf die hauptsächlich verwendeten Fahrbahndecken im hochrangigen Straßennetz durchzuführen. Die Ziele des Forschungsprojektes können dabei folgend zusammengefasst werden:

- Detailuntersuchung der neuen EU-Verordnungen und Umlegung der Konsequenzen auf österreichischen Verhältnisse;
- Quantifizierung der Auswirkungen durch die Senkung der Schallemissionsgrenzwerte für Reifen durch die EU auf die Lärmbelastung;
- Demonstration der Auswirkungen der neuen Grenzwerte;
- Erarbeitung einer Empfehlung für die Anpassung der in Österreich derzeitig gültigen Berechnungsgrundlage RVS 04.02.11 auf wissenschaftlich gesicherter Basis.

In technisch-wissenschaftlicher Hinsicht können die Ziele dabei weiter spezifiziert werden:

- Analyse der Wirkung der neuen EU-Grenzwerte auf das österreichische Reifenkollektiv;
- Quantifizierung der Emissionsunterschiede durch Verwendung lärmarmer Reifen um von den Grenzwertsenkungen in der Typprüfung auf die tatsächlich realisierbaren Immissionsreduktionen schließen zu können;
- Quantifizierung der Immissionsreduktionspotentiale durch ein geeignetes Messprogramm an in Österreich üblichen Fahrbahndecken (z.B. Waschbetondecken),
- Demonstration der Auswirkungen der neuen Grenzwerte mittels Beispiel-Lärmschutzprojekten (Schallausbreitungsberechnungen);
- Immissionsseitige Lärmminderungspotentiale an realen Situationen durch lärmarme Reifen.

4. REIFENSTATISTIK

Im folgenden Kapitel wird eine kurze statistische Analyse der auf dem österreichischen Markt erhältlichen Reifen durchgeführt. Dabei wird ein Überblick über die Verteilung der Reifenkennwerte sowie deren Verhältnis zum Verkaufspreis gegeben. Ebenfalls wird versucht, Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern zu identifizieren.

4.1. PKW-Reifen

Im Zuge dieses Projektes wurde eine statistische Analyse der derzeit auf dem Markt erhältlichen Reifen in Bezug auf die Reifenkennzeichnung gemacht. Dazu wurden insgesamt 1697 PKW-Reifen unterschiedlicher Dimension betrachtet, wobei derselbe Reifentyp mit verschiedenem Geschwindigkeitsindex sowie verschiedener Reifendimension mehrmals vorkommen kann. Bei der Auswahl der in die Statistik aufgenommenen Reifen wurde die Auswahl bezüglich der Reifendimension getroffen. Einerseits wurden Reifen mit der den im Projekt verwendeten Messfahrzeugen entsprechenden Dimensionen betrachtet, andererseits wurden die Dimensionen berücksichtigt, die den lt. einer Studie der AK Steiermark [7] in Österreich am häufigsten verkauften PKWs entsprechen. Bei allen in die Statistik eingehenden Reifen handelt es sich um Sommerreifen.

Eine Übersicht der für die PKWs verwendeten Reifendimensionen ist in Tabelle 4.1 dargestellt. Man erkennt dort auch deutlich anhand der verfügbaren verschiedenen Reifen je Dimension die Häufigkeit der jeweiligen Reifendimensionen. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass sich die bei den Messungen verwendeten Reifendimensionen direkt aus den zur Verfügung stehenden PKWs ergeben haben.

Tabelle 4.1: Übersicht über die in der Reifenstatistik verwendeten Reifendimensionen

Dimension	# Reifen	im Projekt verwendete Reifendimension
165-70-R14	76	x
185-60-R15	135	
195-55-R15	122	
195-65-R15	276	
205-55-R16	425	
205-60-R16	164	
215-60-R16	109	x
225-45-R17	314	
245-45-R19	38	x
275-40-R19	38	x

Zur Analyse der am Markt verfügbaren Reifen sind in Abbildung 4.1 bis Abbildung 4.3 die Verteilung der Reifenkennwerte (Kraftstoffeffizienz, Rollgeräusch und Nasshaftung) für die betrachteten Reifendimensionen aufgetragen. Bezüglich der Kraftstoffeffizienz (Abbildung 4.1) ergibt sich eine Häufung bei schlechten Werten. Es ist hier anzumerken, dass lediglich die Kategorie „G“ des Kraftstoffeffizienz-Reifenkennwertes über dem in der EU-Verordnung 2009/661/EG festgesetzten Grenzwert von CR ≤ 12 liegt. In dieser Kategorie befinden sich in der hier vorgestellten statistischen Analyse 53 Reifen (3,1%). Im Vergleich dazu sind allerdings in der Kategorie „A“ lediglich 10 Reifen (0,6%) sowie in der Kategorie „B“ 111 Reifen (6,5%) aktuell erhältlich.

Zur Nasshaftung zeigt sich ein deutlich anderes Bild (Abbildung 4.2). In der den Grenzwert nicht erfüllenden Kategorie „F“ befinden sich nur 5 von 1697 einbezogenen Reifen, die Kategorie „A“ erfüllen 152 Reifen (9,0%), in die Kategorie B fallen 612 Reifen (36%). Generell zeigt sich hier, dass der Fokus der Reifenhersteller bisher in erster Linie auf diesem verkehrssicherheitsrelevanten Parameter gelegen hat.

Betrachtet man schließlich die Verteilung der Rollgeräuschwerte der einzelnen Reifen (Abbildung 4.3), so erkennt man in den gängigsten Reifendimensionen näherungsweise eine Normalverteilung der Werte um den zur jeweiligen Dimension gehörigen Grenzwert, generell ist die Spannweite der am Markt erhältlichen Reifen mit 11dB sehr hoch. Von den gesamten in Betracht gezogenen Reifen liegen derzeit 683 (40,2%) unter dem aktuellen Grenzwert laut EU-Verordnung 2009/661/EG, allerdings mit 507 Reifen (29,9%) annähernd ein Drittel genau am Grenzwert. Die restlichen ca. 30% der Reifen erfüllen den Grenzwert aktuell nicht.

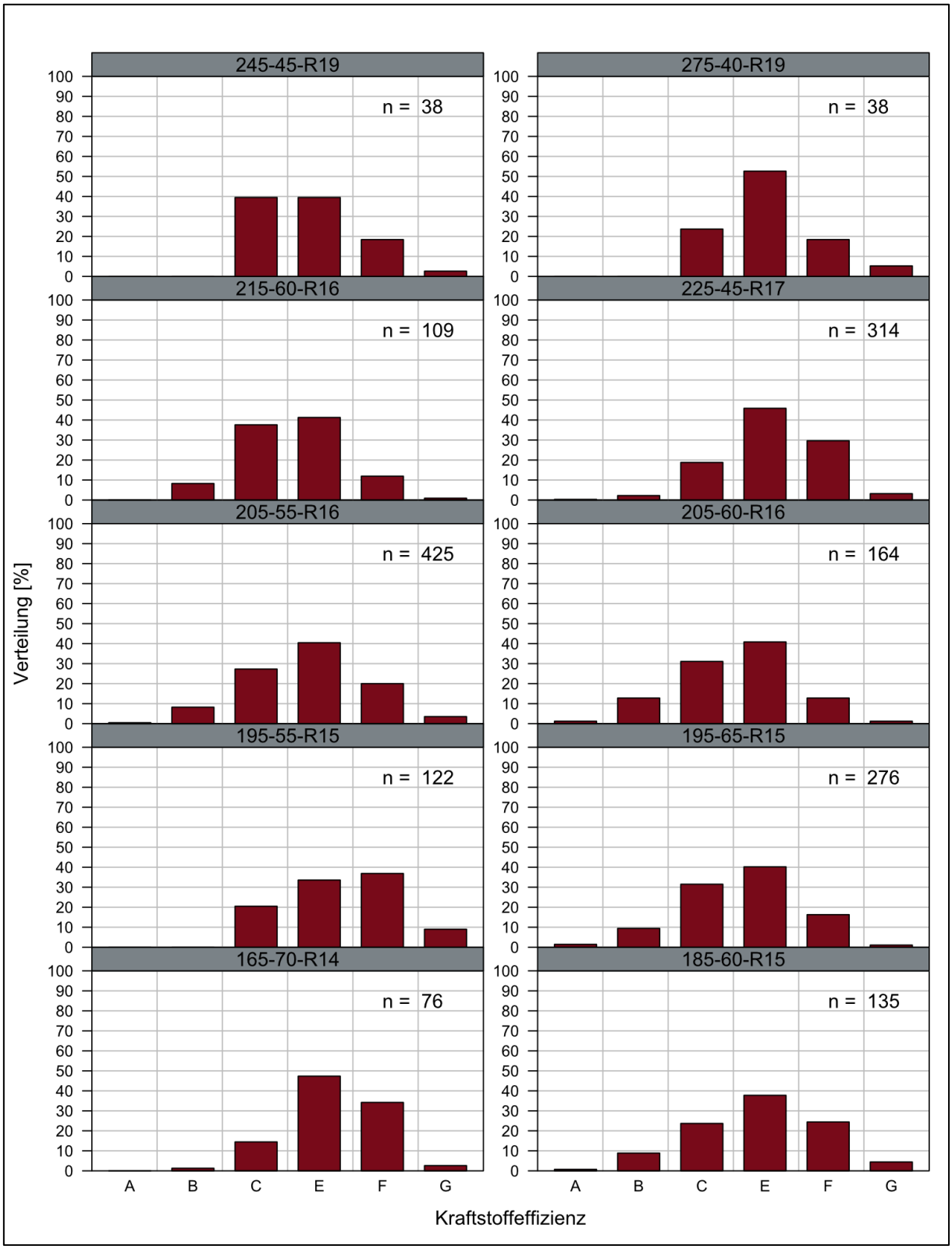


Abbildung 4.1: Verteilung der Kennwerte der Kraftstoffeffizienz für ausgesuchte Reifendimensionen

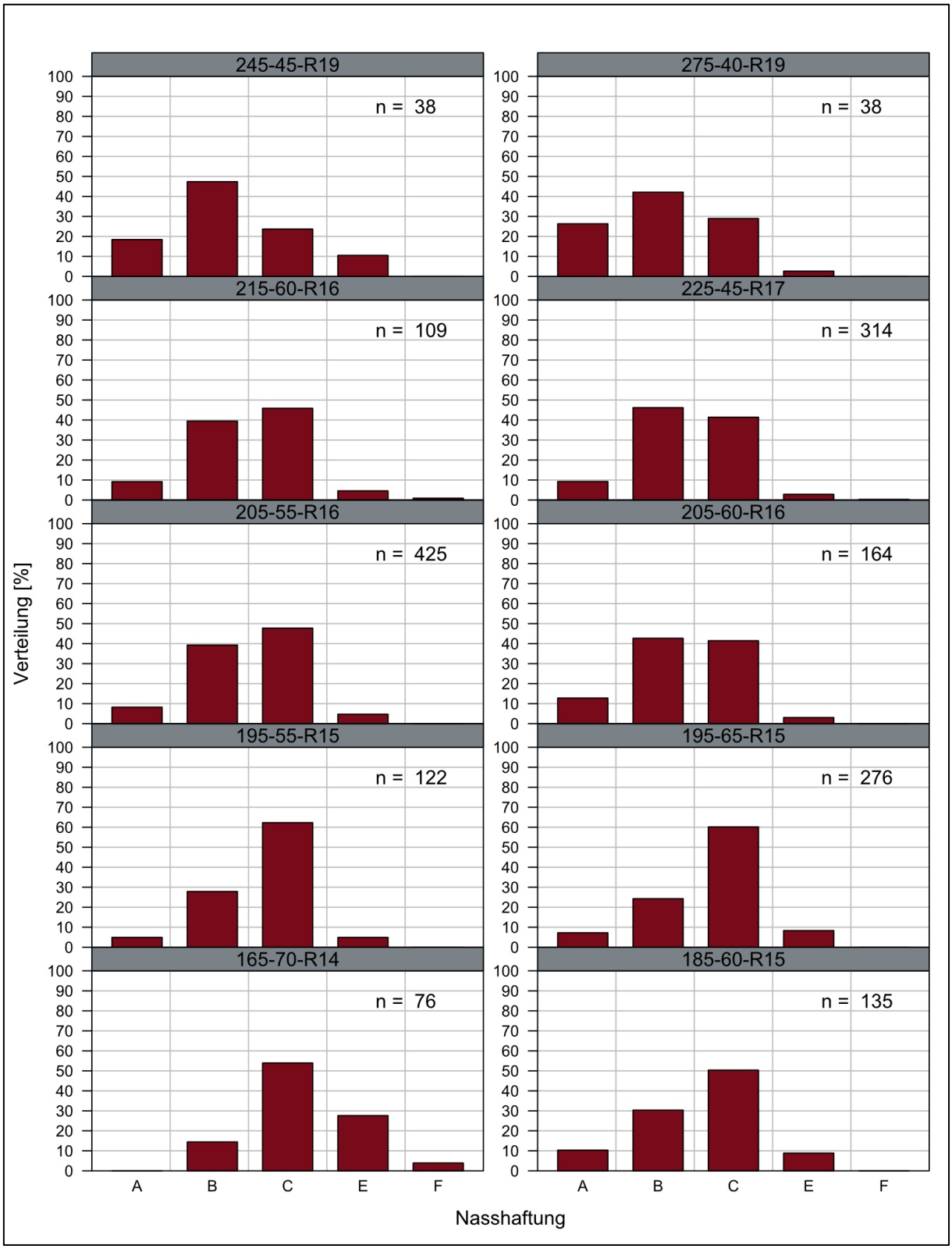


Abbildung 4.2: Verteilung der Kennwerte der Nasshaftung für ausgesuchte Reifendimensionen

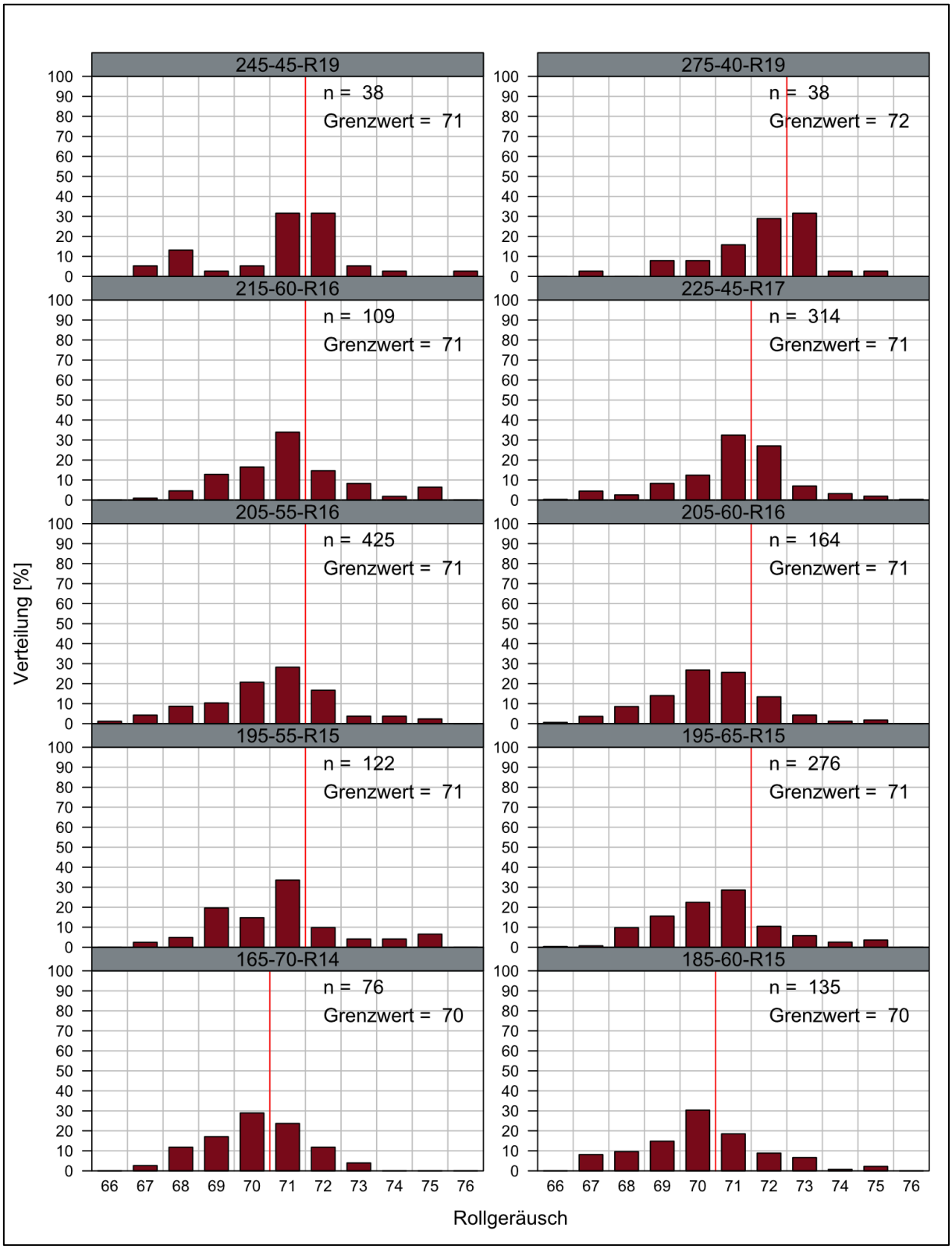


Abbildung 4.3: Verteilung der Kennwerte des Rollgeräusches für ausgesuchte Reifendimensionen

Abbildung 4.4 bis Abbildung 4.6 zeigen die jeweiligen Reifenkennwerte gegen den Verkaufspreis. Man erkennt dabei einen lediglich minimalen Einfluss der Werte auf den aktuellen Reifenpreis. Vor allem für das Rollgeräusch zeigt sich ein Preisgefälle nur für die Reifen, die über den in der EU-Verordnung 2009/661/EG vorgeschriebenen Grenzwerten liegen. Tabelle 4.2 zeigt das Ergebnis einer Regressionsanalyse der drei Kennwerte zum Verkaufspreis und untermauert dieses Bild: obwohl die Regressionsgerade in allen Reifendimensionen das zu erwartende Gefälle aufweist, d.h. ein Reifen in der nächstschlechteren Klasse im Mittel um diesen Betrag billiger ist, so ist das Bestimmtheitsmaß der Regressionsanalyse dennoch sehr schlecht, was deutlich den geringen Zusammenhang der Parameter belegt.

Daher kann die Annahme getroffen werden, dass die Kennzeichnung von Seiten der Reifenindustrie bzw. der Reifenhändler bisher noch nicht als Verkaufsargument angesehen wird.

Tabelle 4.2: Koeffizienten der Regressionsanalyse des Reifenkennwertes gegen den Verkaufspreis

Dimension	Steigung Rollgeräusch	R^2 Rollgeräusch	Steigung Nasshaftung	R^2 Nasshaftung	Steigung Kraftstoffeffizienz	R^2 Kraftstoffeffizienz
165-70-R14	-0,25	0,04	0,25	0,01	-4,24	0,86
185-60-R15	-3,33	0,81	-4,77	0,68	-2,62	0,68
195-55-R15	-2,37	0,66	-12,46	0,95	-5,52	0,94
195-65-R15	-0,93	0,45	-3,86	0,86	-3,04	0,98
205-55-R16	-1,45	0,38	-4,15	0,80	-0,23	0,02
205-60-R16	-4,96	0,79	-6,69	0,46	-8,24	0,83
215-60-R16	-7,24	0,76	-5,64	0,23	-10,67	0,92
225-45-R17	-1,46	0,12	5,23	0,34	2,34	0,38
245-45-R19	-18,07	0,67	-6,25	0,37	-3,82	0,26
275-40-R19	-9,15	0,37	-10,21	0,85	-5,33	0,31

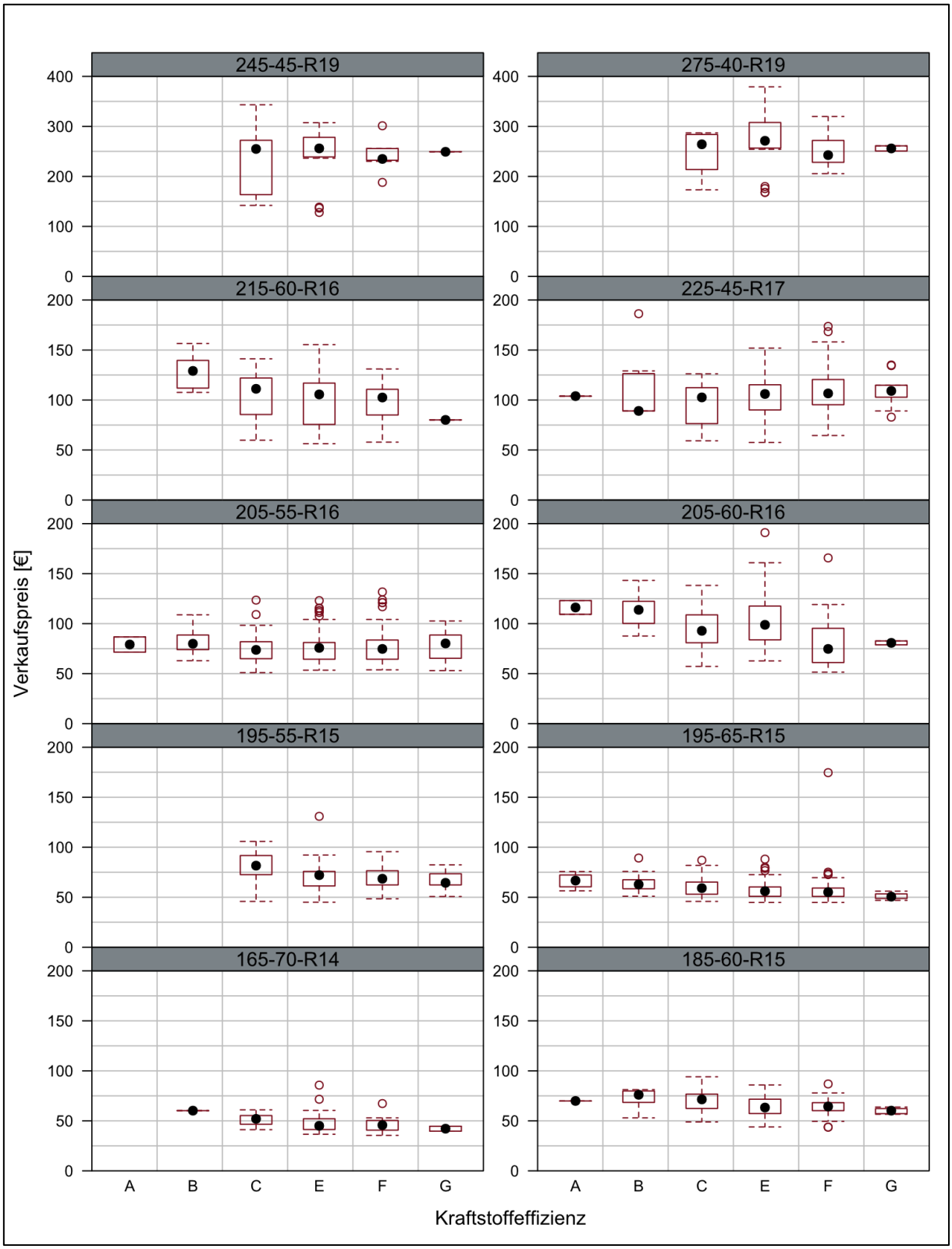


Abbildung 4.4: Zusammenhang zwischen dem Kraftstoffeffizienzwert und dem Verkaufspreis

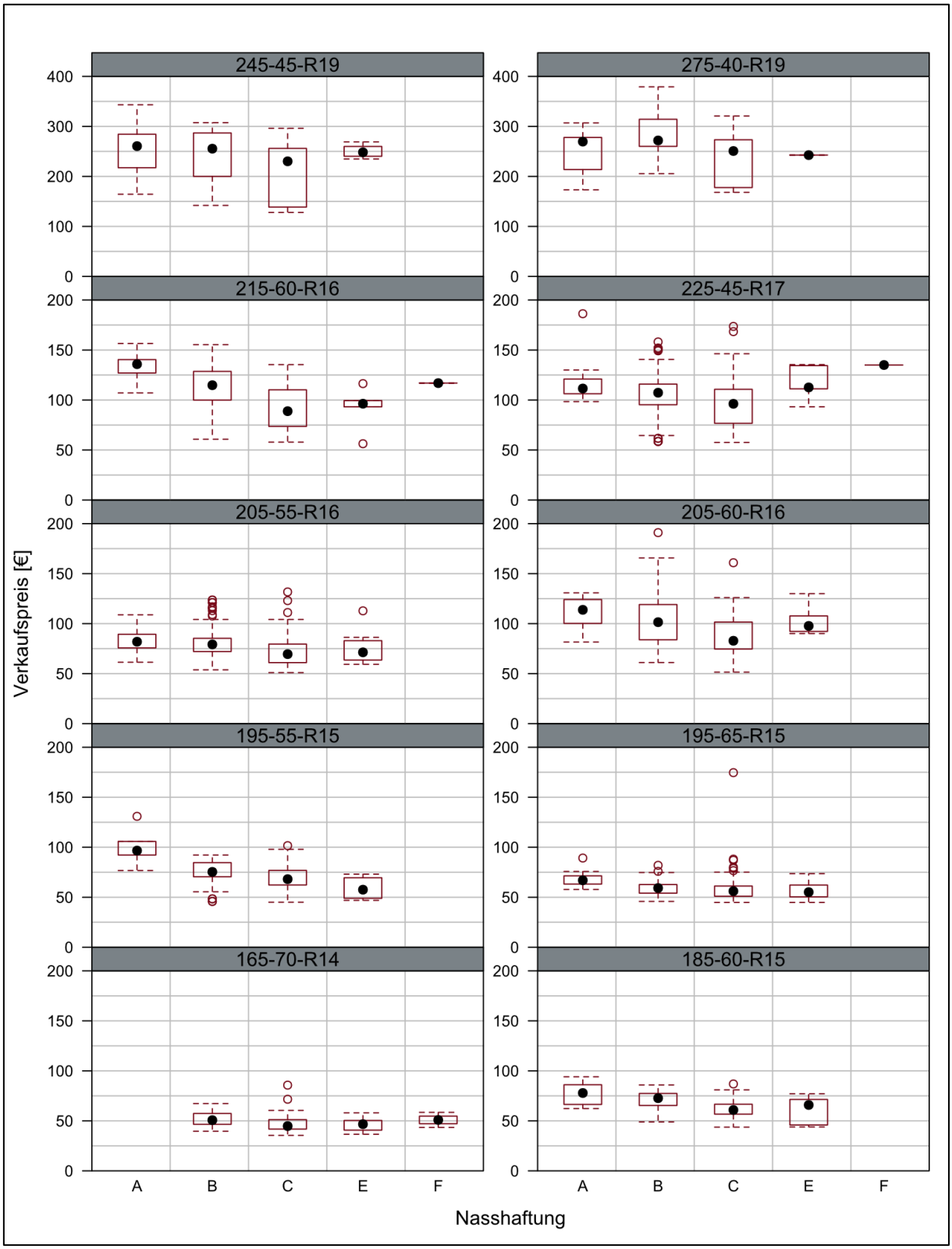


Abbildung 4.5: Zusammenhang zwischen dem Nasshaftungswert und dem Verkaufspreis

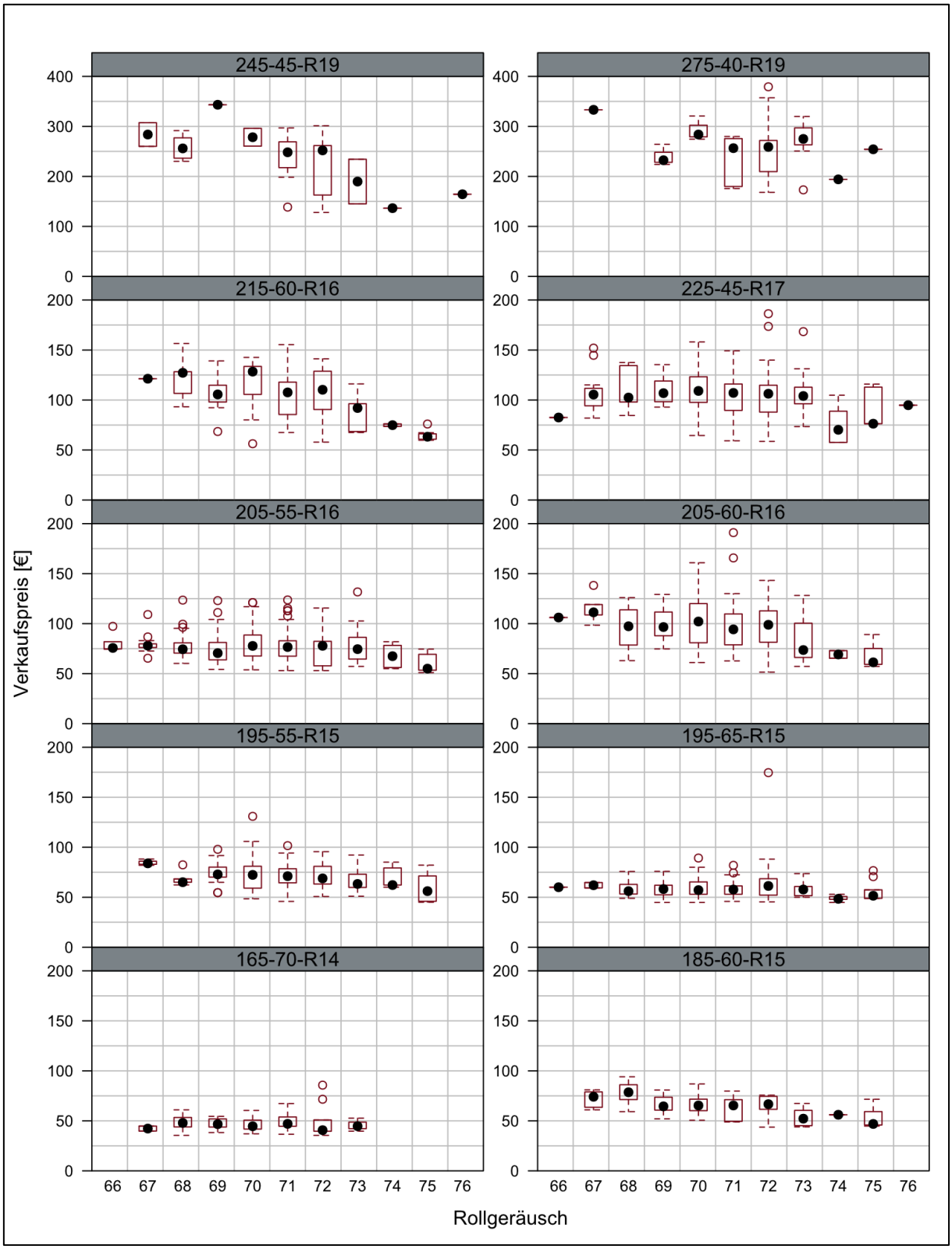


Abbildung 4.6: Zusammenhang zwischen dem Rollgeräuschwert und dem Verkaufspreis

Abbildung 4.9 bis Abbildung 4.11 zeigen die Dichteverteilungsfunktionen der Reifenparameter. Man erkennt dabei ein deutliches Gewicht bei mittleren Werten, eine Korrelation zwischen den einzelnen Parametern konnte nicht gefunden werden.

Tabelle 4.3 beschreibt dies anhand einer Regressionsanalyse nochmals deutlich: die Bestimmtheitsmaße der Regressionsgeraden zwischen den einzelnen Reifenparametern weisen keinerlei Korrelation der Reifeneigenschaften auf.

Tabelle 4.3: Bestimmtheitsmaße der Korrelationsanalyse zwischen den einzelnen Reifenparametern

Dimension	R^2 Kraftstoffeffizienz/Nasshaftung	R^2 Kraftstoffeffizienz/Rollgeräusch	R^2 Nasshaftung/Rollgeräusch
165-70-R14	0,18	0,04	0,05
185-60-R15	0,13	0,02	0,17
195-55-R15	0,08	0,00	0,08
195-65-R15	0,28	0,03	0,04
205-55-R16	0,09	0,04	0,05
205-60-R16	0,10	0,00	0,02
215-60-R16	0,18	0,00	0,00
225-45-R17	0,03	0,02	0,04
245-45-R19	0,15	0,00	0,03
275-40-R19	0,16	0,00	0,01

Aufgrund der von der Reifenindustrie nicht veröffentlichten Verkaufszahlen kann keine direkte Aussage zum „mittleren“ in Österreich verwendeten Reifen getroffen werden. Es ist aber anzunehmen, dass aufgrund der Häufung am Rollgeräuschgrenzwert sowie der durchschnittlich mehrere Jahre alten Reifen ein mittlerer Emissionswert am Grenzwert vorliegt. Die Frage, in welcher Hinsicht sich das Reifenkollektiv in Zukunft durch die verschärften Grenzwerte ändern wird, kann ebenfalls nicht mit absoluter Sicherheit beantwortet werden. Einerseits besteht die Möglichkeit, dass sich die in der Reifenverteilung angenommene Normalverteilung zu tieferen Emissionswerten verschiebt (Abbildung 4.7), andererseits kann der Fall auftreten, dass lediglich Reifen mit höheren Emissionswerten vom Markt verschwinden und sich so eine begrenzte Normalverteilung bis zum Grenzwert hin im österreichischen Reifenkollektiv ergibt (Abbildung 4.8).

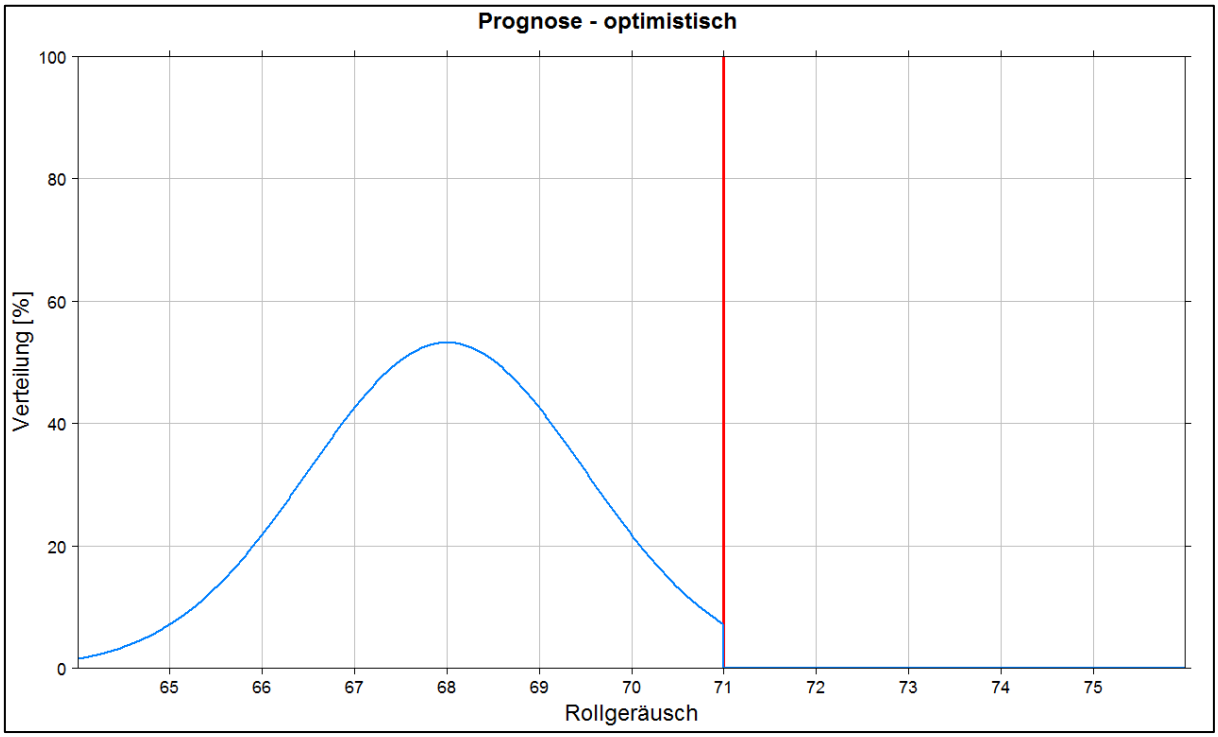


Abbildung 4.7: optimistische Prognose der zukünftigen Veränderung des österreichischen Reifenkollektivs unter der Annahme einer Normalverteilung

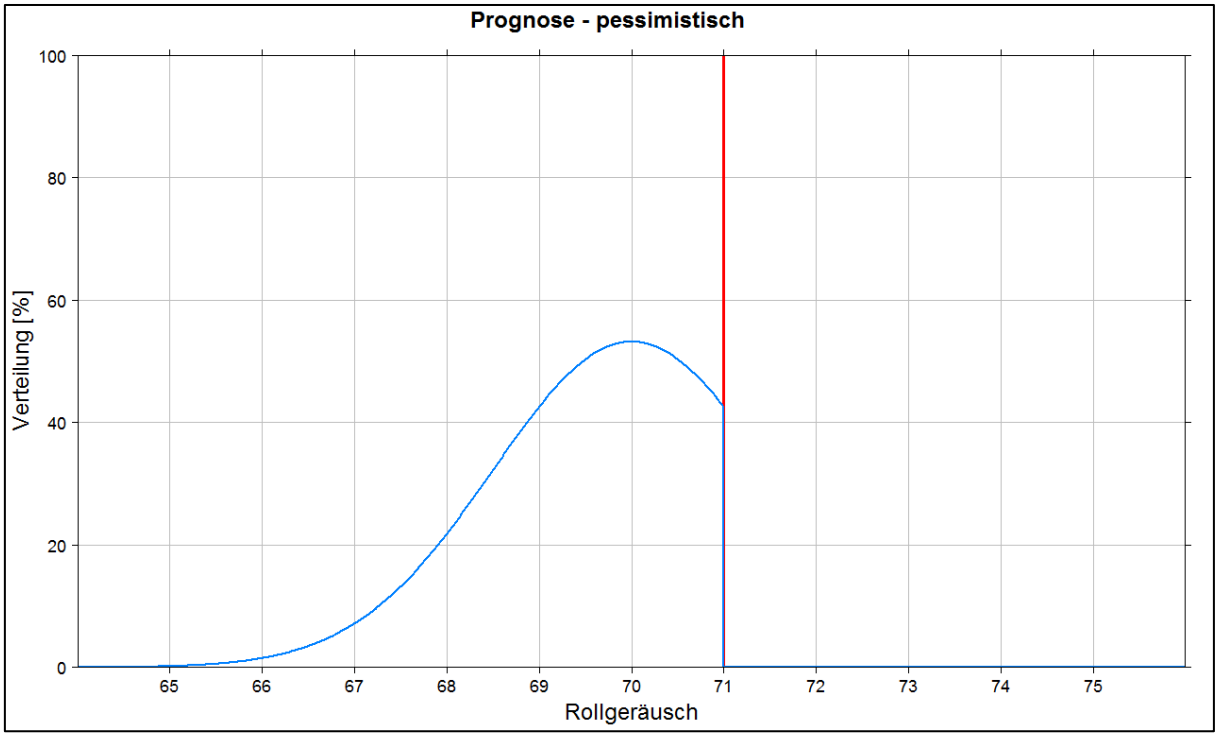


Abbildung 4.8: pessimistische Prognose der zukünftigen Veränderung des österreichischen Reifenkollektivs unter der Annahme einer Normalverteilung

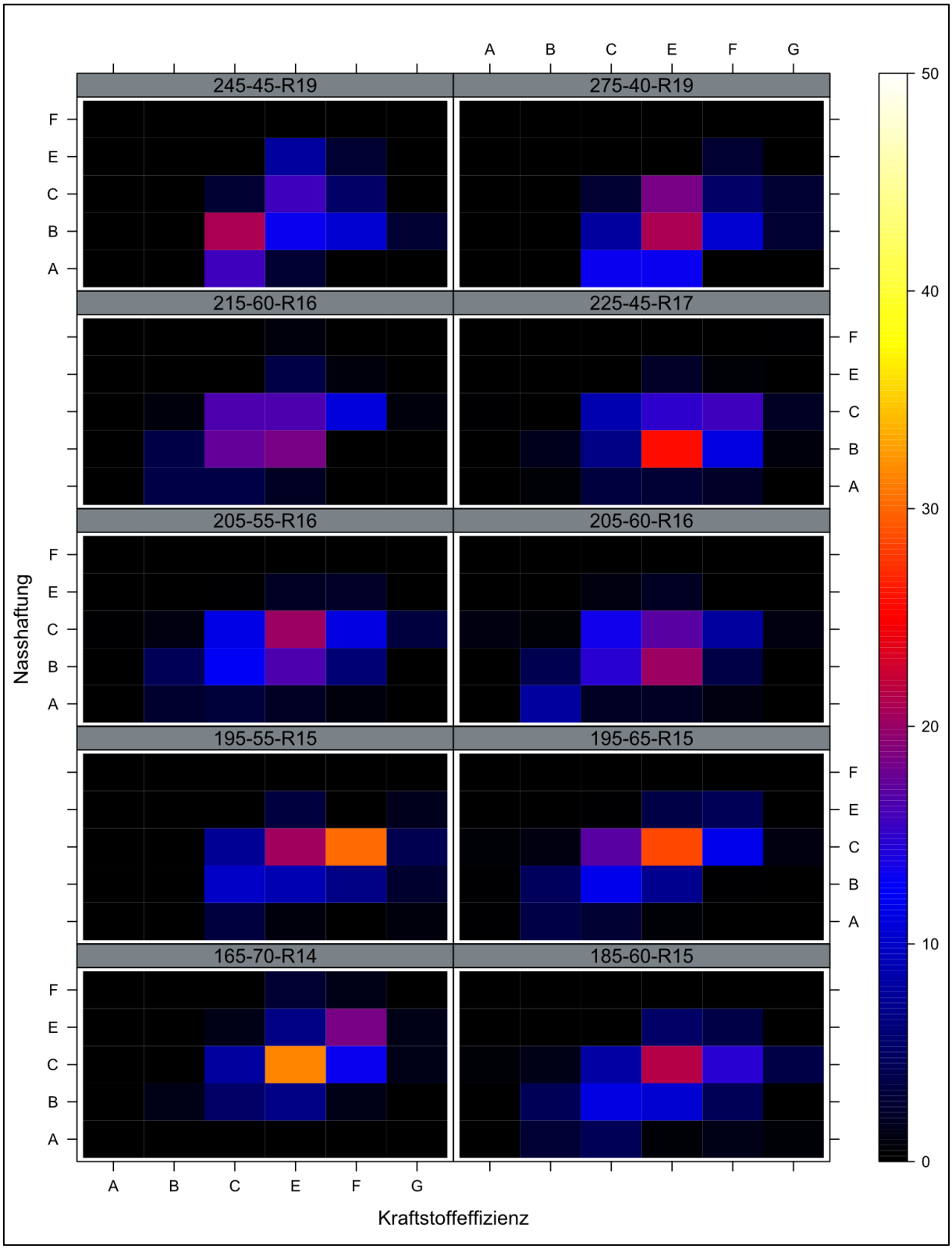


Abbildung 4.9: Dichteverteilungsfunktion Kraftstoffeffizienz – Nasshaftung für die betrachteten Reifendimensionen

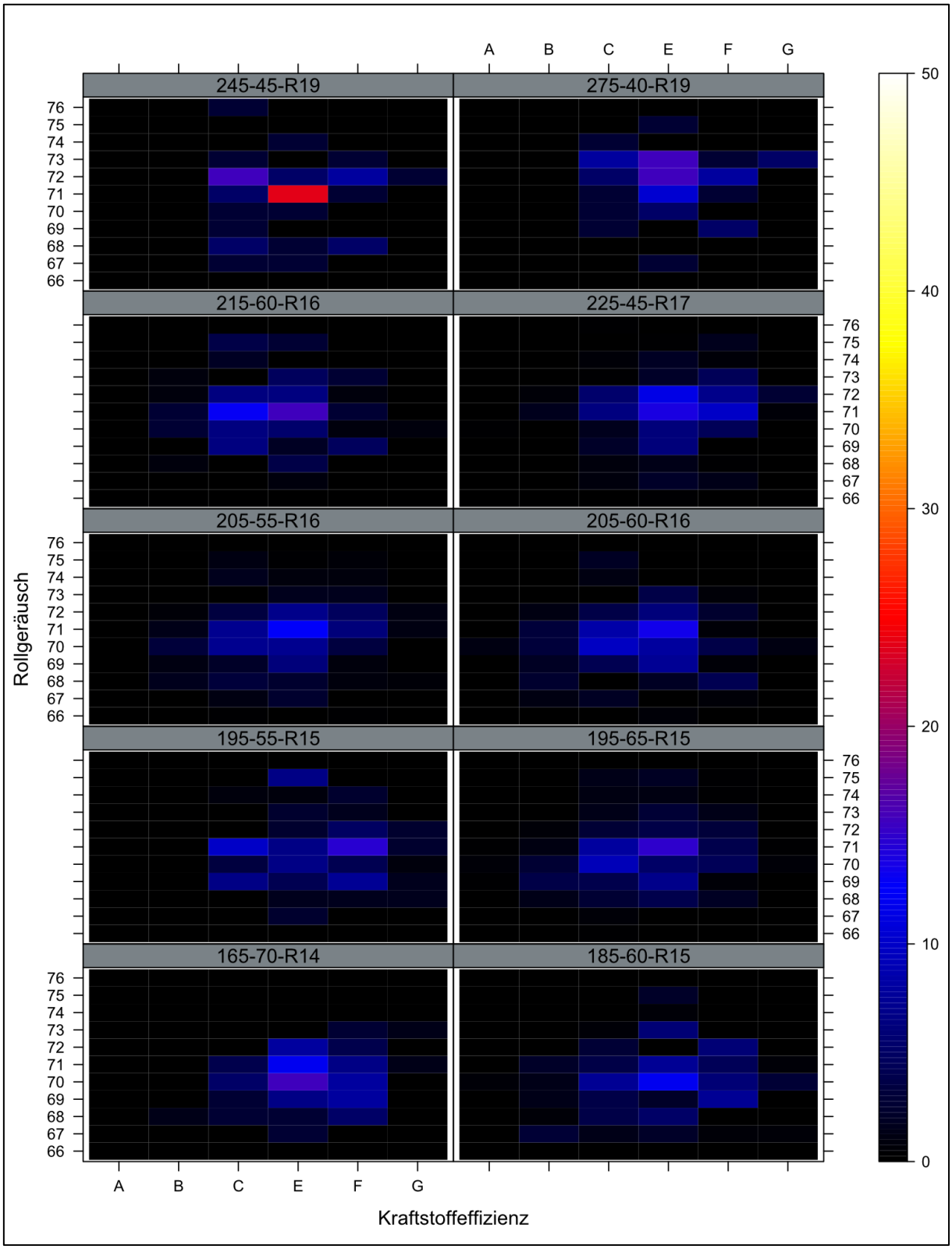


Abbildung 4.10: Dichteverteilungsfunktion Kraftstoffeffizienz – Rollgeräusch für die betrachteten Reifendimensionen

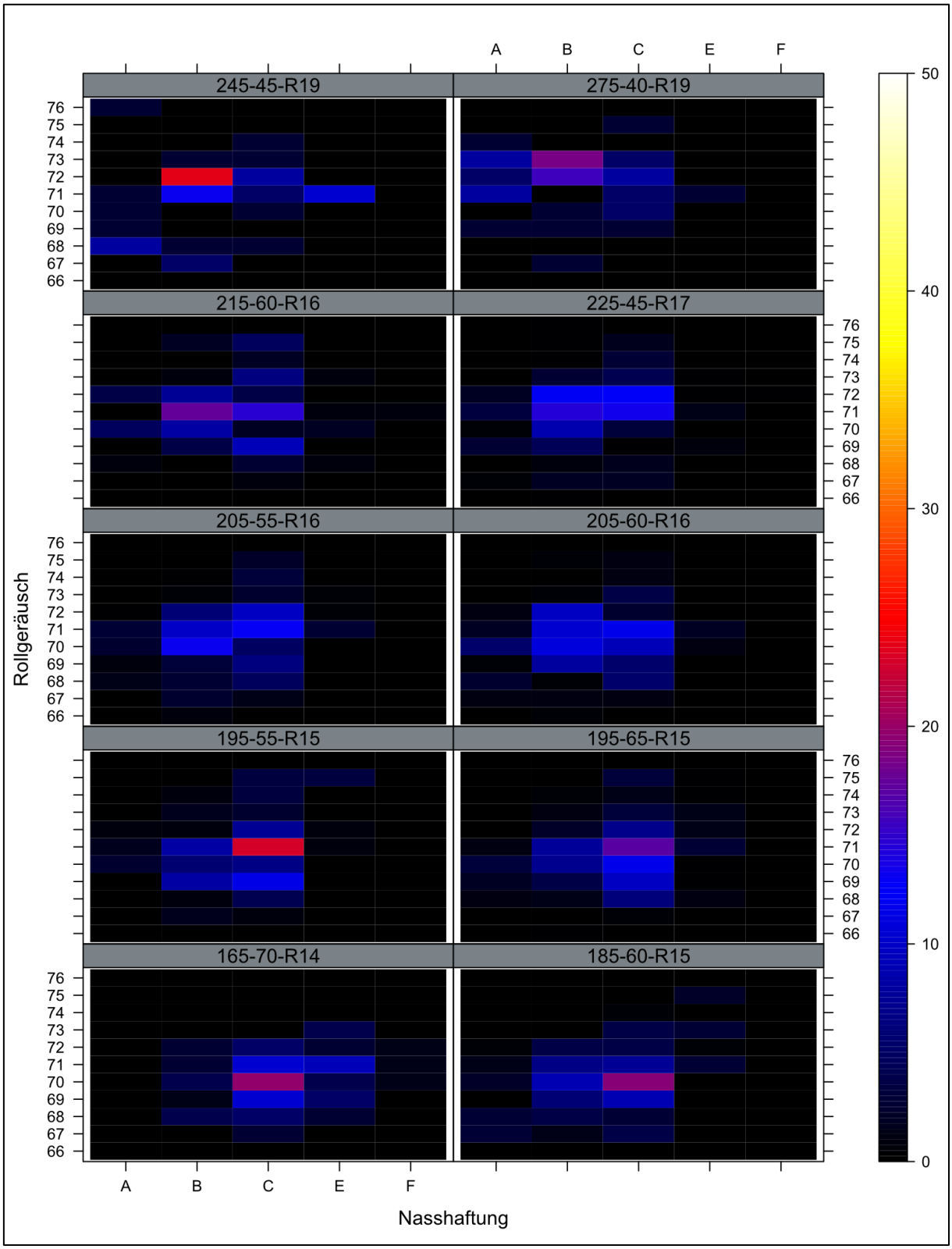


Abbildung 4.11: Dichteverteilungsfunktion Nasshaftung – Rollgeräusch für die betrachteten Reifendimensionen

4.2. LKW-Reifen

Betrachtet man die Situation für LKW-Reifen, so ergibt sich ein ähnliches Bild wie für PKWs. Kraftstoffeffizienz wie auch Rollgeräuschwerte zeigen für die ausgewählten Dimensionen bei insgesamt 167 betrachteten Reifen ein normalverteilungsähnliches Bild (Abbildung 4.12 bis Abbildung 4.14), lediglich die Nasshaftung zeigt eine Häufung bei guten Reifenkennwerten. Die hier betrachteten Reifendimensionen beruhen dabei auf den im vorliegenden Projekt verwendeten Reifen, eine Unterteilung in Traktions-, Lenk- bzw. Allachsbereifung wurde hier aufgrund des sonst zu geringen Samples nicht durchgeführt. Daher ergeben sich auch die beiden Grenzwerte für das Rollgeräusch von 73 dB für Normal- bzw. 75 dB für Traktionsreifen.

Auch die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Verkaufspreis und den einzelnen Reifenkennwerten (Abbildung 4.15 bis Abbildung 4.17) birgt keine Überraschungen: eine leichtes Preisgefälle zu schlechteren Werten ist feststellbar, das teilweise geringe Bestimmtheitsmaß der Regressionsanalyse (Tabelle 4.4) zeigt aber deutlich, dass die Preisgestaltung zum derzeitigen Zeitpunkt durch andere Parameter gesteuert wird.

Tabelle 4.4: Koeffizienten der Regressionsanalyse des Reifenkennwertes gegen den Verkaufspreis für ausgewählte LKW-Reifendimensionen

Dimension	Steigung Rollgeräusch	R^2 Rollgeräusch	Steigung Nasshaftung	R^2 Nasshaftung	Steigung Kraftstoffeffizienz	R^2 Kraftstoffeffizienz
315-70-R22.5	-15,01	0,64	-3,35	0,05	-17,86	0,68
385-55-R22.5	-22,75	0,83	-5,94	0,08	-10,29	0,08
385-65-R22.5	-19,96	0,57	-15,27	0,45	-25,95	0,93

Ebenfalls zeigen die hier verwendeten Daten keinerlei Zusammenhang zwischen den einzelnen Reifenparametern (Abbildung 4.18 bis Abbildung 4.20). Lediglich zwischen Kraftstoffeffizienz und Rollgeräusch gibt es für eine der betrachteten Dimensionen (315-70R22.5) einen sichtbare Beziehung, aufgrund der in den beiden anderen betrachteten Reifendimensionen widersprüchlichen Daten kann aber daraus kein allgemeingültiger Zusammenhang geschlossen werden.

Tabelle 4.5: Bestimmtheitsmaße der Korrelationsanalyse zwischen den einzelnen Reifenparametern für ausgewählte LKW-Reifendimensionen

Dimension	R^2 Kraftstoffeffizienz/Nasshaftung	R^2 Kraftstoffeffizienz/Rollgeräusch	R^2 Nasshaftung/Rollgeräusch
315-70-R22.5	0,16	0,47	0,14
385-55-R22.5	0,04	0,23	0,11
385-65-R22.5	0,03	0,04	0,15

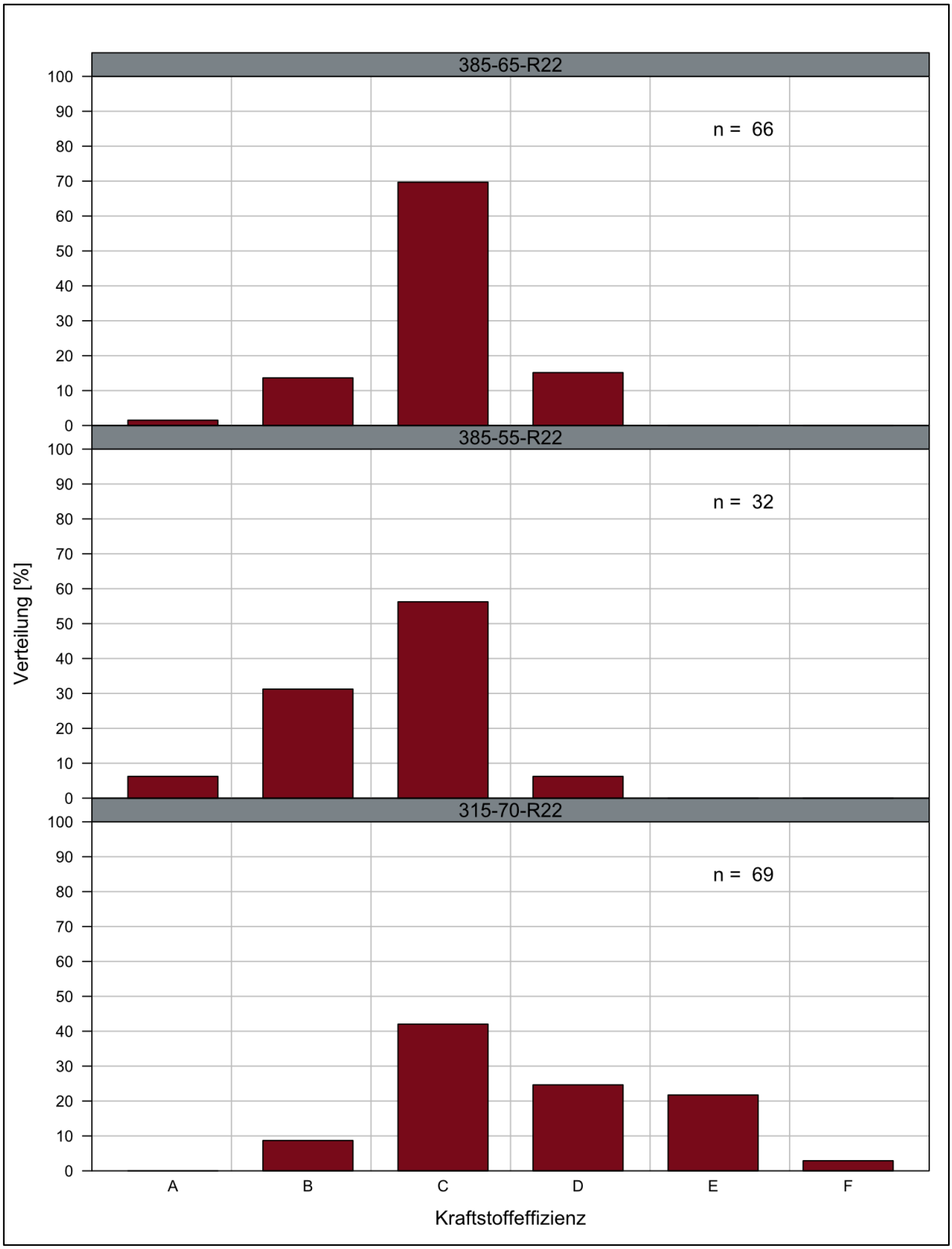


Abbildung 4.12: Verteilung der Werte der Kraftstoffeffizienz für ausgesuchte LKW-Reifendimensionen

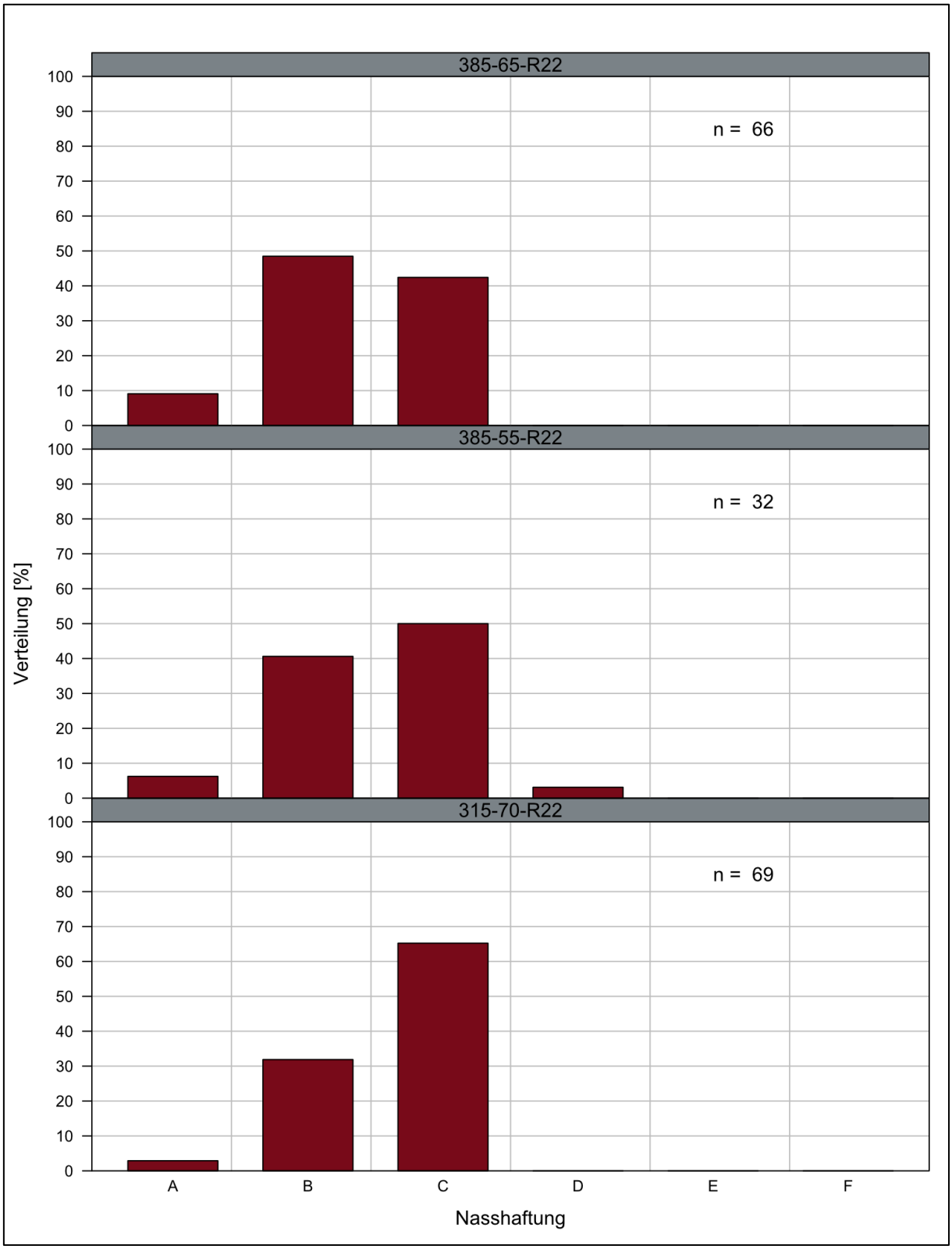


Abbildung 4.13: Verteilung der Werte der Nasshaftung für ausgesuchte LKW-Reifendimensionen

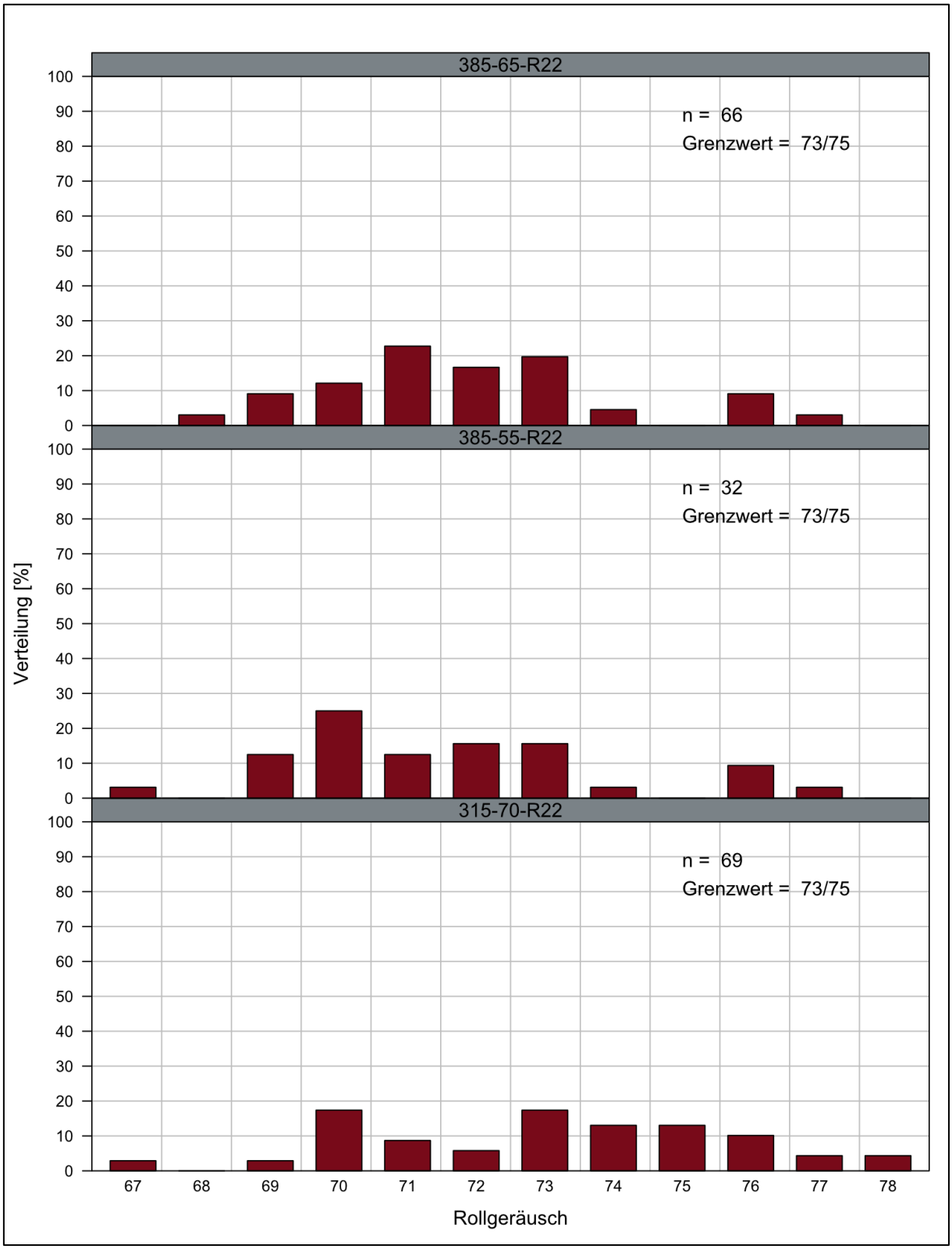


Abbildung 4.14: Verteilung der Werte des Rollgeräusches für ausgesuchte LKW-Reifendimensionen

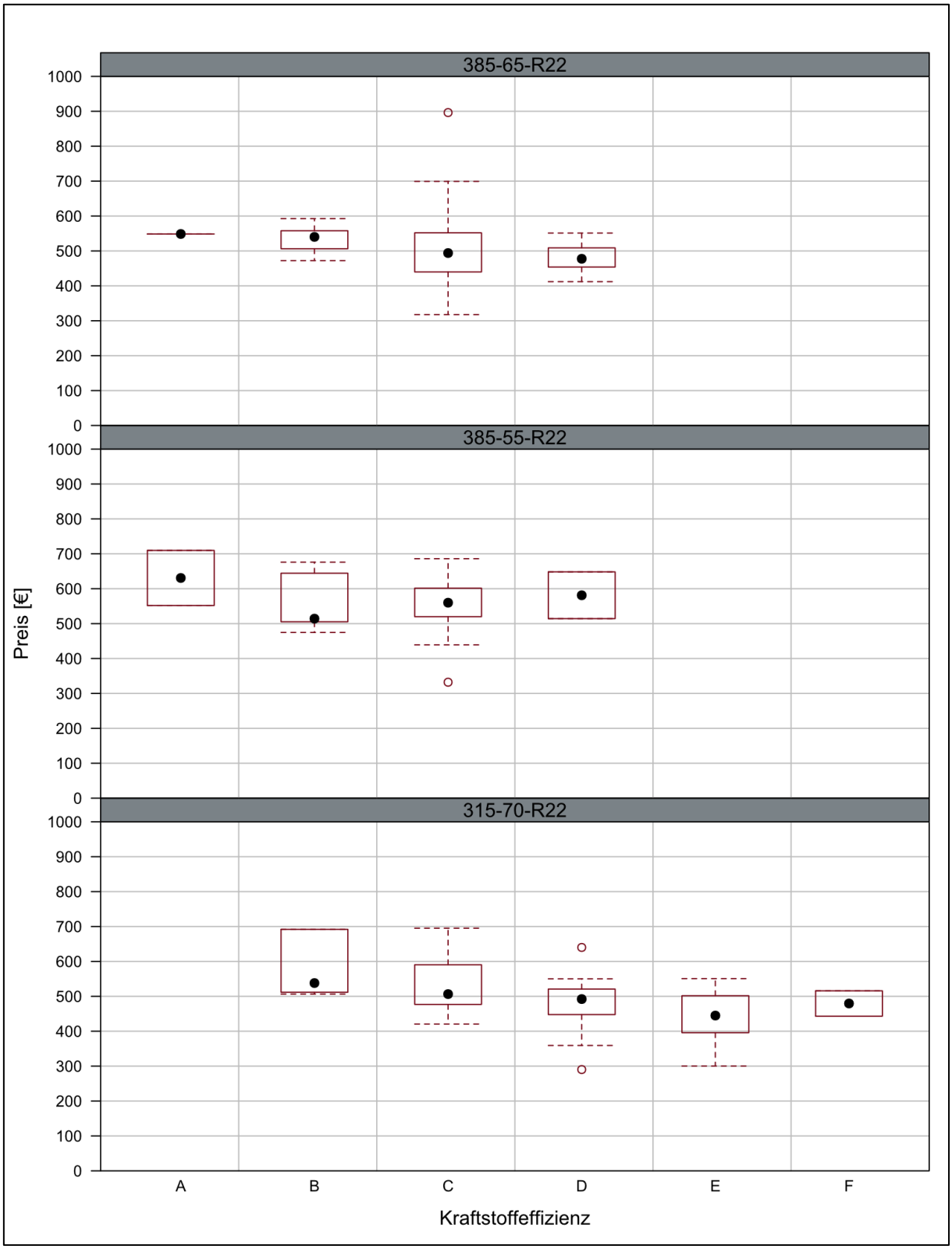


Abbildung 4.15: Zusammenhang zwischen dem Kraftstoffeffizienzswert und dem Verkaufspreis für LKW-Reifen ausgesuchter Dimensionen

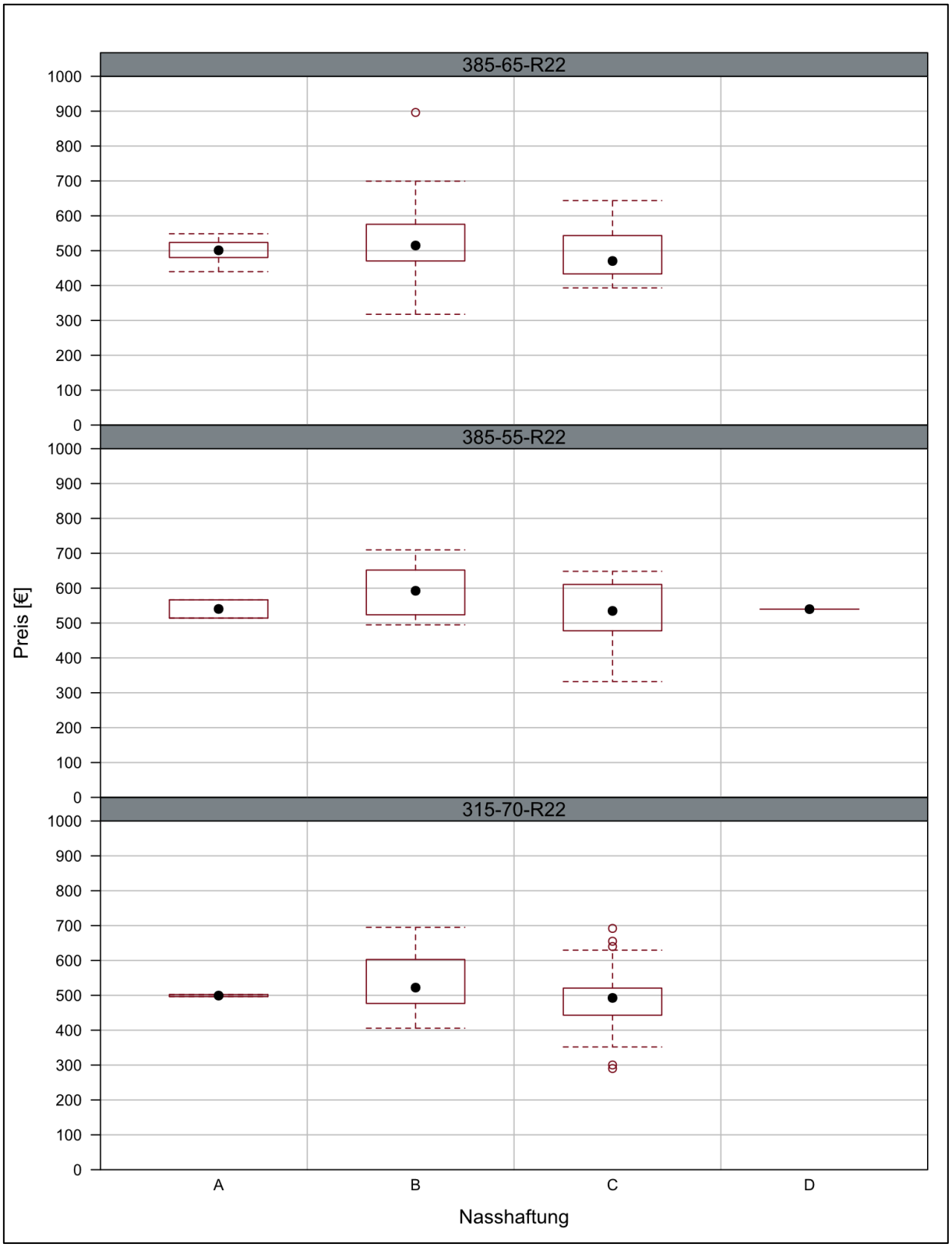


Abbildung 4.16: Zusammenhang zwischen dem Nasshaftungswert und dem Verkaufspreis für LKW-Reifen ausgesuchter Dimensionen

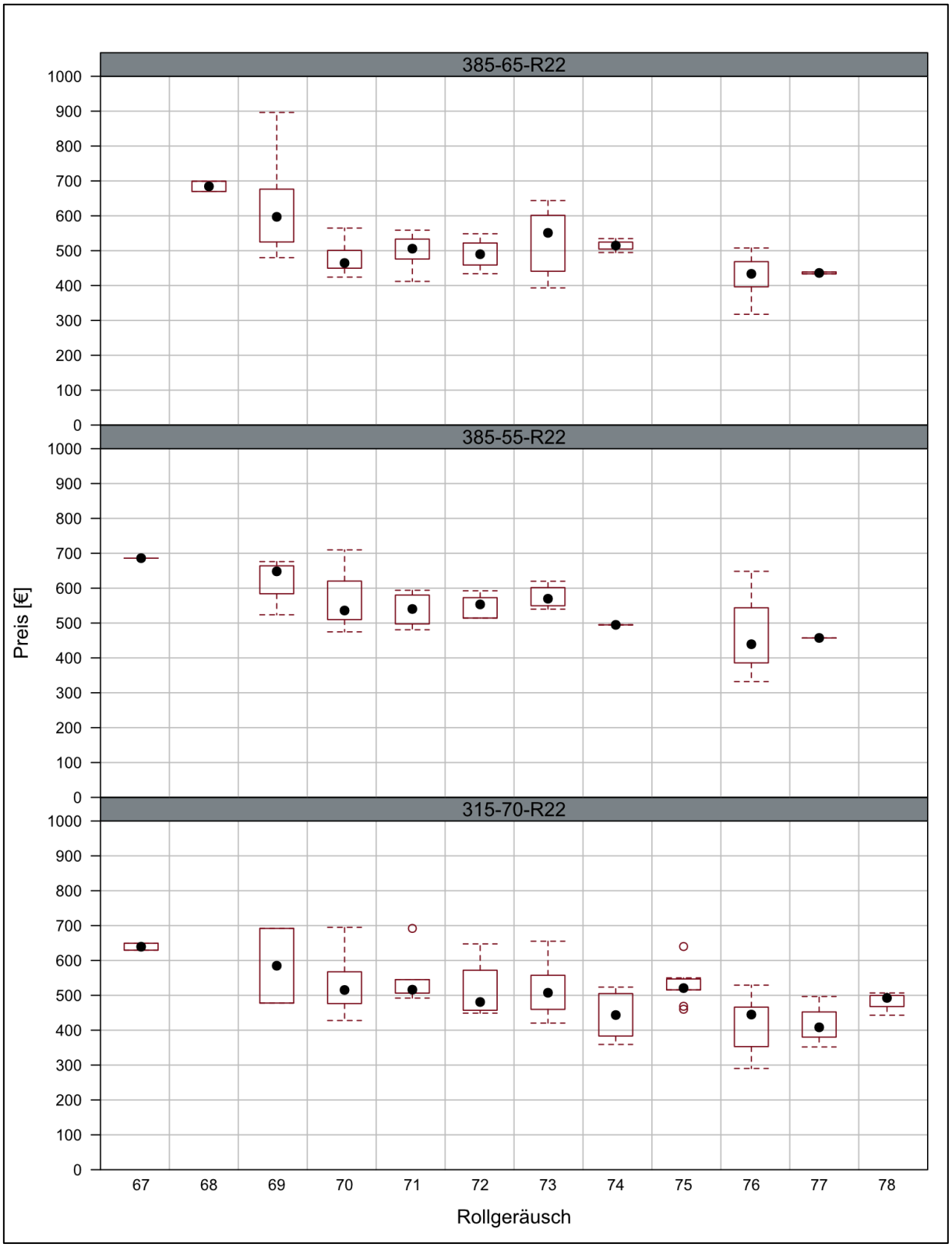


Abbildung 4.17: Zusammenhang zwischen dem Rollgeräuschwert und dem Verkaufspreis für LKW-Reifen ausgesuchter Dimensionen

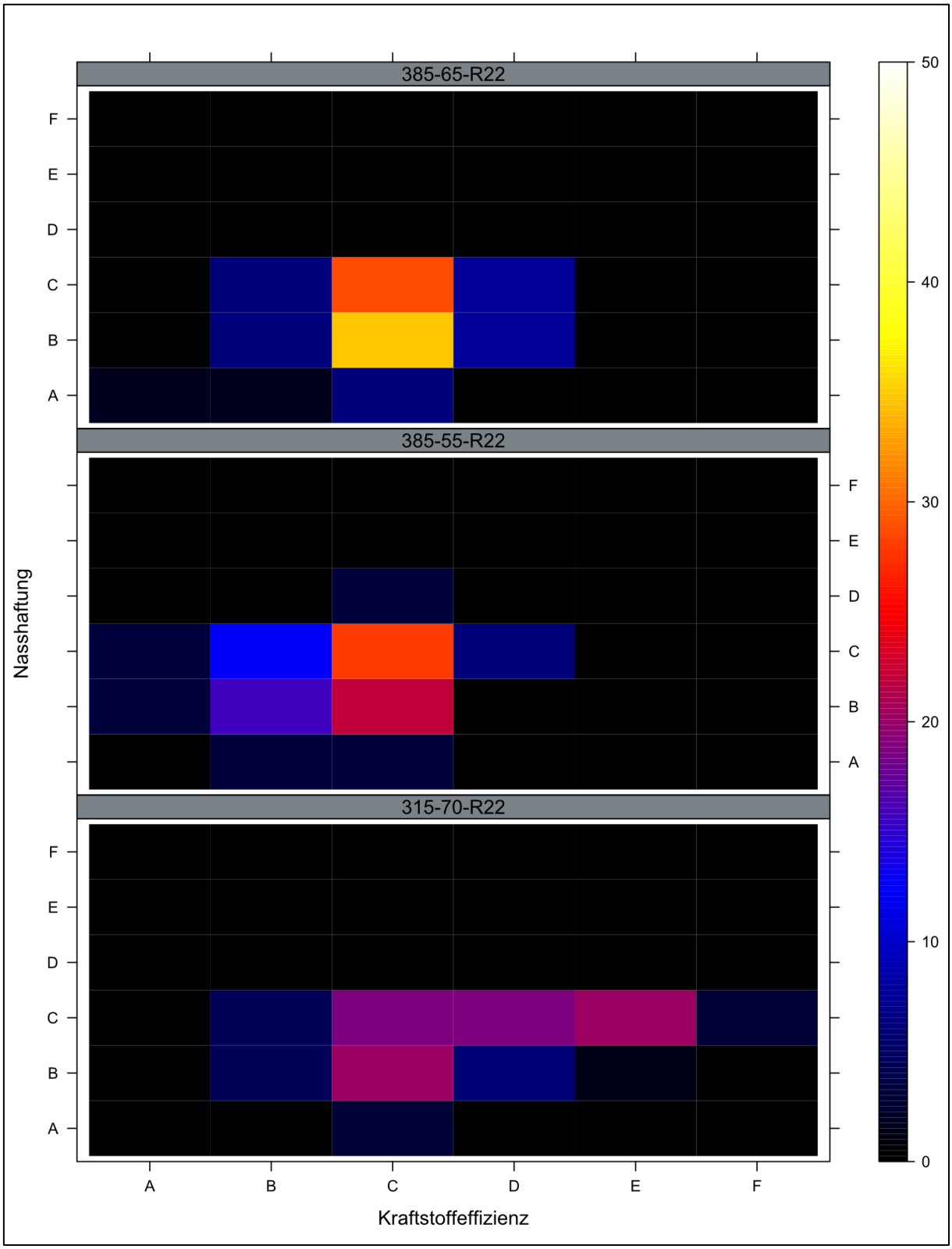


Abbildung 4.18: Dichteverteilungsfunktion Kraftstoffeffizienz – Nasshaftung für die betrachteten LKW-Reifendimensionen

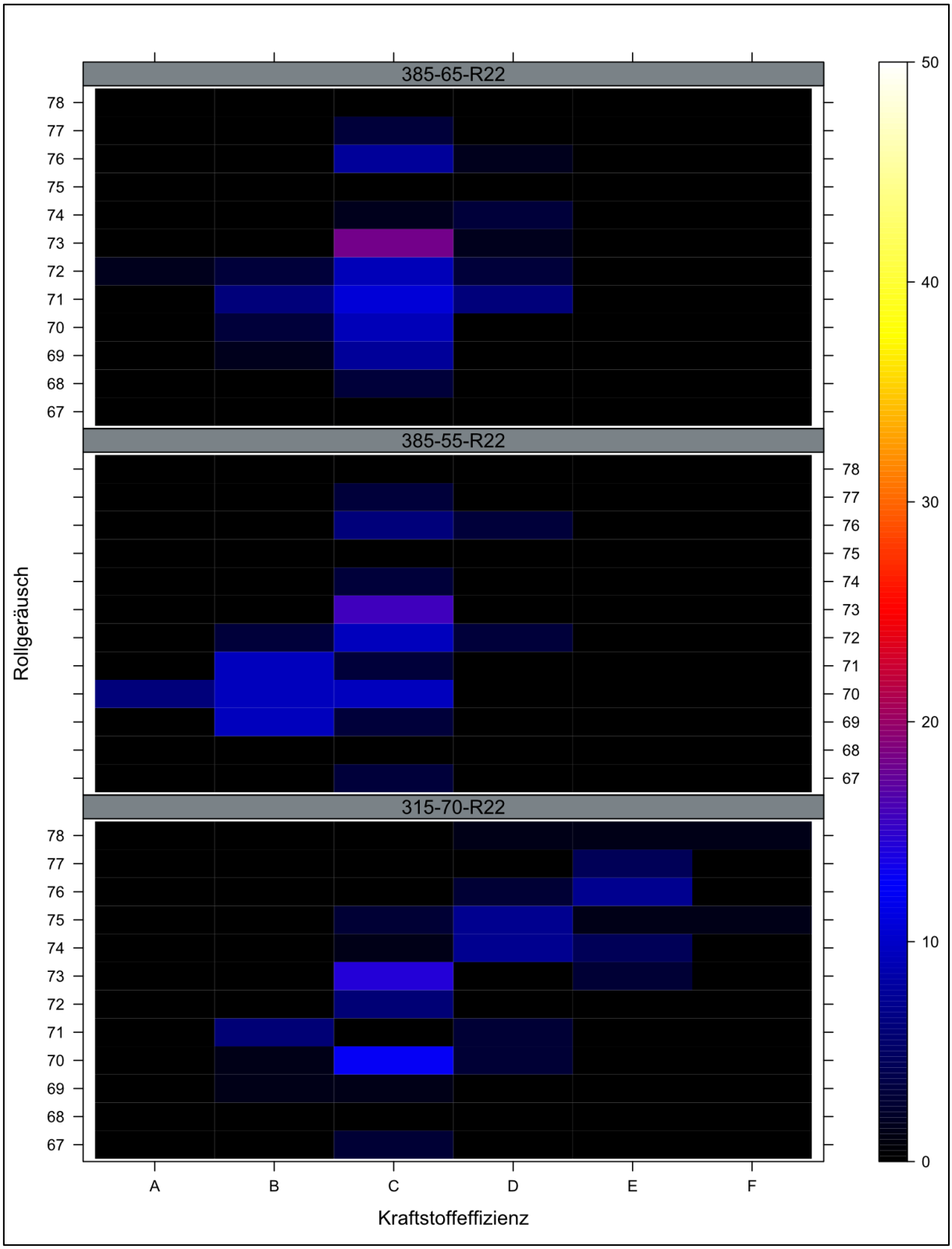


Abbildung 4.19: Dichteverteilungsfunktion Kraftstoffeffizienz – Rollgeräusch für die betrachteten LKW-Reifendimensionen

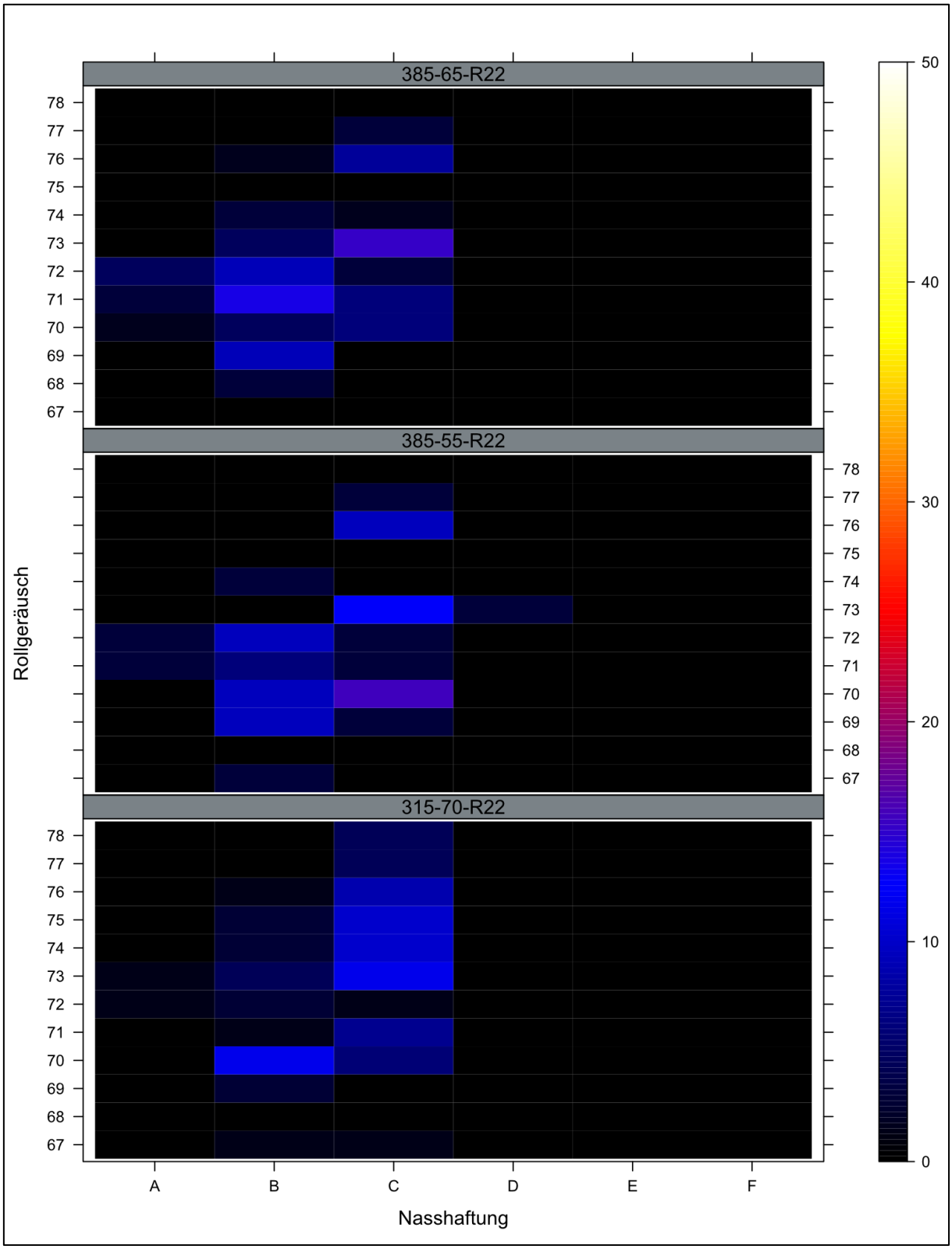


Abbildung 4.20: Dichteverteilungsfunktion Nasshaftung – Rollgeräusch für die betrachteten LKW-Reifendimensionen

5. MESSUNGEN

Als Messverfahren zur Quantifizierung der veränderten Emissionsparameter für RVS 04.02.11 wurde das CPB (Controlled Pass-By)-Verfahren gewählt. Dabei werden die Lärmemissionen von bekannten Fahrzeugen bzw. Reifen bei mehreren Geschwindigkeiten gemessen und mit Hilfe einer Regressionsanalyse ausgewertet. Im Zuge des hier beschriebenen Projektes wurden Messungen an drei PKWs sowie einem schweren Sattelzug an insgesamt vier verschiedenen Messstellen im hochrangigen österreichischen Straßennetz durchgeführt.

5.1. Messmethode

Zur Ermittlung der Schallemissionen, verursacht durch eine Reifen/Fahrbahnkombination, werden mehrere Vorbeifahrten eines Fahrzeuges mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aufgenommen. Der Messaufbau entspricht dabei den Vorgaben der ISO 11819-1, d.h. das Messmikrophon wird in einem seitlichen Abstand von 7,5 m von der Mitte des ersten Fahrstreifens in einer Höhe von 1,2 m über der Fahrbahn aufgestellt (siehe Abbildung 5.1). Als Messgröße dient dabei der A-bewertete Schalldruckpegel mit der Zeitbewertung „fast“ L_{Af}.

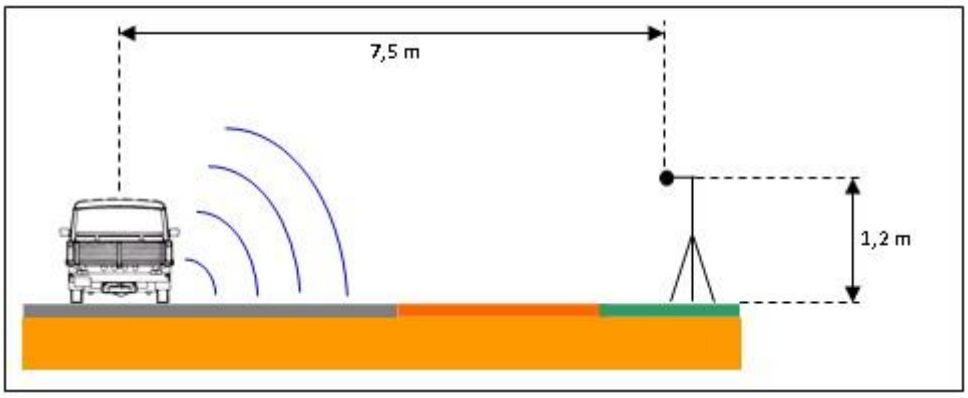


Abbildung 5.1: schematischer Messaufbau einer CPB-Messung

Aufgrund des Einflusses der Lufttemperatur auf das Rollgeräusch wird in ISO 11819-1 [8] eine Temperaturkorrektur der L_{Af} zur Referenztemperatur T_{ref} = 20°C vorgeschlagen. Die Temperaturkorrektur erfolgt dabei nach

$$L_{Af}{}' = L_{Af} + CT(T_{ref} - 20) \qquad (1)$$

mit den Größen

L_{Af}‘	…	temperaturkorrigierter, A-bewerteter Schalldruckpegel, aufgenommen mit der Zeitbewertung „fast“
L_{Af}	…	A-bewerteter Schalldruckpegel, aufgenommen mit der Zeitbewertung „fast“
C	…	Temperaturkorrekturkoeffizient (C = 0,03 dB/°C lt. ISO/DIS 11819-2)
T	…	gemessene Lufttemperatur [°C]
T_{ref}	…	Referenzlufttemperatur (T_{ref} = 20°C)

Für die Beurteilung der Schallemissionen wird nun im Gegensatz zur ISO 11819-1 nicht der maximal auftretende Schalldruckpegel L_{Afmax}, sondern der aus den L_{Af}‘ ermittelte Schallereignispegel L_{AE} zur weiteren Auswertung herangezogen. Um eine Beeinflussung des Emissionspegels durch weitere die Messstelle passierende Fahrzeuge auszuschließen, wird als Kriterium gefordert, dass der L_{Af}‘ der Vorbeifahrt vor bzw. nach der Vorbeifahrt des Messfahrzeuges um mindestens 10 dB absinkt. Unter dieser Nebenbedingung berechnet sich der Schallereignispegel der einzelnen Vorbeifahrt als

$$L_{AE} = \frac{1}{T_0}\int_{T_1}^{T_2} 10^{0,1\cdot LAf'} \cdot dt \qquad (2)$$

wobei gilt

L_{AE}	…	Schallereignispegel
L_{Af}‘	…	temperaturkorrigierter, A-bewerteter Schalldruckpegel, aufgenommen mit der Zeitbewertung „fast“
T_o	…	Bezugszeitraum (T_0 = 1 Sekunde)
T_1	…	Zeitpunkt der Vorbeifahrt, zu dem der Schalldruckpegel erstmals einen Wert größer als den L_{Afmax} abzüglich 10 dB annimmt
T_2	…	Zeitpunkt der Vorbeifahrt, zu dem der Schalldruckpegel letztmals einen Wert größer als den L_{AFmax} abzüglich 10 dB annimmt
dt	…	Taktrate, mit der die L_{Af} aufgenommen werden

Anhand der so gewonnenen Schallereignispegel kann nun für jede Reifen/Fahrbahnkombination mit Hilfe einer Regressionsanalyse ein Modell erstellt werden, dass den Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und dem Schallereignispegel der Vorbeifahrt beschreibt. Aufgrund des logarithmischen Zusammenhangs zwischen der Fahrgeschwindigkeit und des Abrollgeräusches eines Reifens wird dabei die Geschwindigkeit als dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der Geschwindigkeit zur Referenzgeschwindigkeit v_0 = 50 km/h betrachtet. Der geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel am Messpunkt wird dabei nach

$$L_{AE,Messpunkt}(v) = k \cdot log\left(\frac{v}{v_0}\right) + d \qquad (3)$$

linearisiert.

Die RVS 04.02.11 bestimmt die Immissionsschallpegel aus dem energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq}, der anhand der Anzahl der Vorbeifahrten pro Stunde und der Vorbeifahrtsgeschwindigkeit berechnet wird. Ausgangspunkt für diese Berechnung ist dabei der geschwindigkeitsabhängige energieäquivalente Dauerschallpegel einer einzelnen Vorbeifahrt pro Stunde in einem Meter Abstand der Emissionslinie. Dieser kann nun durch die Verteilung der Energie des Schallereignispegels auf eine Stunde und eine Umrechnung auf eine Entfernung von einem Meter aus (3) berechnet werden:

$$L_{Aeq_{1Kfz/h}}(v) = L_{AE\,Messpunkt}(v) + \log\left\{\frac{\left[(7{,}5-0{,}75)^2+1{,}2^2\right]^{0,5}}{3600}\right\} =$$

$$= k \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) + d + \log\left\{\frac{\left[(7{,}5-0{,}75)^2+1{,}2^2\right]^{0,5}}{3600}\right\} = K_{v,Kat.,F} \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) + L_{Kat.,F} \qquad (4)$$

Dabei wird durch die Subtraktion von 0,75 m berücksichtigt, dass die Schallemission nicht von der Mitte des betrachteten Fahrstreifens und damit der gesuchten Emissionslinie kommt, sondern von der Seite des vorbeifahrenden Fahrzeuges. Anhand dieser Daten kann schließlich anhand der Verkehrsstärke sowie der Verkehrszusammensetzung (PKW, leichte LKW, schwere LKW) der energieäquivalente Dauerschallpegel der Emissionslinie berechnet werden.

5.2. Messstellen und Messfahrzeuge

Für die Durchführung der Vorbeifahrtsmessungen wurden in diesem Projekt insgesamt vier Messstellen gewählt. Dabei wurde ein Hauptaugenmerk auf die im hochrangigen österreichischen Straßennetz vorkommenden Fahrbahnbeläge gelegt. Aus diesem Grund wurden zwei Messtrecken, die eine Waschbetondecke, sowie zwei Messtrecken, die einen Fahrbahnbelag aus Splitt-Mastix-Asphalt aufweisen, ausgewählt. Eine genaue Auflistung der Messstrecken ist in Tabelle 5.1 gegeben.

Tabelle 5.1: Übersicht Messstellen

Straße	Fahrtrichtung	Messung bei km	Fahrbahntyp	Baujahr	Messdatum	Uhrzeit
A22	Stockerau	25,0	WB GK 8	2007	24.10.2012	18:45 - 00:30
A6	Bruckneudorf	18,0	WB GK 11	2007	25.10.2012	11:30 - 15:00
A9	Kn. Voralpenkreuz	162,0	LSMA GK 11	2003	30.10.2012	18:15 - 22:00
A9	Slowenien	81,5	SMA GK 11	2008	31.10.2012	11:15 - 15:45

Als Messfahrzeuge wurden drei PKWs vom Projektpartner TAS zur Verfügung gestellt. Außerdem wurde ein Sattelzug durch das AIT für die Messungen angemietet. Eine Übersicht über die Messfahrzeuge ist in Tabelle 5.2 gegeben.

Tabelle 5.2: Übersicht Messfahrzeuge

Fahrzeugtype	Reifendimension	Fahrzeugklasse	Kennzeichen	Höchstzulässiges Gesamtgewicht
Renault Kangoo	165/70 R14	PKW	L-942CJ	1.685 kg
Peugeot Expert	215/60 R16	PKW	L-671DC	2.780 kg
BMW X3	Vorderachse: 245/45 R19 Hinterachse: 275/40 R19	PKW	FR-715BV	2.300 kg
Renault Magnum 480.18 EEV SZM	Lenkachse: 385/55 R22,5 Antriebsachse: 315/70R22,5	Sattelzugfahrzeug	GR-503DD	18.000 kg
Schmitz SCS 24/L – 13.62 E B	385/65 R22,5	Sattelanhänger	GR-531CY	33.000 kg

Bei der Auswahl der zu verwendenden Reifen wurde darauf geachtet, Reifen von großen Herstellern zu verwenden, um eine gute Repräsentanz im österreichischen Straßenverkehr zu gewährleisten. Die ausgewählten Reifen für die PKWs mit ihren Dimensionen und den Reifenkennwerten sind in Tabelle 5.3 ersichtlich. Es wurde hier auch darauf geachtet, Reifen auszuwählen, deren Rollgeräuschkennwert den Bereich zwischen den leisesten erhältlichen Reifen und dem in der Verordnung 661/2009/EG festgelegten Grenzwert abbildet. Der Reifen mit dem niedrigsten Rollgeräuschkennwert (Continental Eco Contact 5) soll hier auch einen Hinweis auf in Zukunft mögliche noch schärfere Grenzwerte liefern. Bei allen Reifen handelt es sich um Sommerreifen. Bezüglich der Bereifung des Sattelzuges war die Auswahl wurde mit dem Vermieter (KLV Rent) vereinbart, den Sattelzug mit neuen Reifen

auszustatten und dabei auf die Einhaltung der Grenzwerte zu achten. Bis auf die Antriebsachse der Zugmaschine konnten dabei Reifen gefunden werden, die die Grenzwerte deutlich unterschreiten.

Tabelle 5.3: Übersicht Bereifung

Fahrzeugtype	Reifen-dimension	Hersteller	Reifentype	Rollwider-stand	Nass-haftung	Roll-geräusch	Roll-geräusch-grenzwert
Renault Kangoo	165/70 R14	Continental	Eco Contact 5	B	B	68	70
Peugeot Expert	215/60 R16	Dunlop	Sport Fastresponse	C	B	69	71
BMW X3	245/45 R19	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	E	B	71	71
	275/40 R19	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	E	B	72	72
Renault Magnum 480.18 EEV SZM	Lenkachse: 385/55 R22,5	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	C	B	67	73
	Antriebsachse: 315/70 R22,5	Michelin	X MultiWay 3D XDE	D	C	75	75
Schmitz SCS 24/L – 13.62 E B	385/65 R22,5	Michelin	Michelin XTE3	C	B	69	73

5.3. Messgeräte

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden die in Tabelle 5.4 angeführten Messgeräte für die CPB-Messungen verwendet.

Tabelle 5.4: Messgeräte

Messgerät	Hersteller	Type	Seriennummer
Schallpegelanalysator	Brüel&Kjaer	Pulse 3560-B	2521739
Kondensatormikrophon	Brüel&Kjaer	4189L	2741499
Kalibrator	Brüel&Kjaer	4231	1770758
Geschwindigkeitssensor	viaTraffic	Falcon Plus II	09FPP 1706

Die akustische Messkette entspricht dabei einem System der Klasse 1 gemäß EN 61672 und wurde vor und nach jeder Messung mit dem Kalibrator justiert.

6. ERGEBNISSE DER MESSUNGEN

Im Folgenden werden die Ergebnisse der CPB-Messungen für die verschiedenen Messstrecken und Messfahrzeuge dargestellt. In Abbildung 6.1 bis Abbildung 6.4 sind die im Projekt ermittelten Basis- und Kennwerte für die Ermittlung der A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel in 1 m Abstand als Regressionslinie wie auch die Messergebnisse der einzelnen Vorbeifahrten dargestellt. Ebenfalls sind die Messdaten aus früheren Messungen und die in der RVS 04.02.11 festgesetzten Werte eingezeichnet.

Deutlich sichtbar ist dabei, dass die mit dem „Pirelli PZero Rosso Asimmetrico“ erhaltenen Messwerte die in der RVS vorgeschriebenen Basiswerte überschreiten. Die mit dem „Dunlop Sport Fastresponse“ ermittelten Basis- und Kennwerte für die Fahrzeugemission stimmen hingegen mit Ausnahme der Messstelle „A9 km 162,0 – Bezirk Graz-Umgebung“ mit den Werten der RVS gut überein. Die mit dem „Continental Eco Contact 5“ ermittelten Messwerte liegen, ebenfalls mit Ausnahme der Messstelle „A9 km 162,0“ merklich unter den aktuell vorgegebenen RVS-Werten.

In Tabelle 6.1 bis Tabelle 6.5 sind die sich aus den Basis- bzw. Kennwerten ergebenden Emissionspegel für ausgewählte Geschwindigkeiten (80 km/h, 100 km/h bzw. 130 km/h) für die einzelnen Messstellen und Reifen sowie der zum jeweiligen Fahrbahnbelag gehörende, sich aus der RVS 04.02.11 ergebende Emissionspegel dargestellt. Hier sieht man deutlich, dass die Messstelle „A9 km 162,0“ für alle PKW-Reifen höhere Differenzen zum sich aus der RVS ergebenden Emissionspegel aufweist. Aufgrund des mit den anderen Messstellen vergleichsweise hohen Belagsalters von 9 Jahren ist hier ein Alterungseffekt des LSMA GK11 als Ursache möglich. Nichtsdestotrotz sind die Werte an dieser Messstelle im gleichen Bereich wie für die Messstelle „A9 km 81,5“, die einen SMA GK11 bei einem Belagsalter von 4 Jahren aufweist.
Die beiden Messstellen mit Waschbetonfahrbahn weisen gut wiederholbare Werte auf. Wie zu erwarten weist die Messstelle „A6 km 18,0“ verglichen mit der Messstelle „A22 km 25,0“ leicht höhere Emissionswerte auf, die sich durch das größere Größtkorn bei gleichem Fahrbahndeckenalter erklären lassen.

Allgemein sieht man an allen Messstrecken eine klare Reihung der Emissionspegel der drei Messfahrzeuge, die mit der aus den Reifenwerten erwarteten Reihung deckt. Hier ist allerdings überraschend, dass die Differenz zwischen dem „Continental Eco Contact 5“

(Rollgeräuschwert 68 dB) und dem „Dunlop Sport Fastresponse“ (Rollgeräuschwert 69 dB) mit durchschnittlich 2,6 dB im Vergleich zur Differenz zwischen „Dunlop Sport Fastresponse“ und „Pirelli PZero Rosso Asimmetrico“ (Rollgeräuschwert 71 bzw. 72 dB) mit 1,3 dB merklich höher ausfällt. Dennoch zeigen die hier erhobenen Werte eine korrekte Reihung der Rollgeräuschwerte umgelegt auf reale Fahrbahnoberflächen.

Betrachtet man im Folgenden die über die vier Messstellen gemittelten Emissionswerte für die PKW-Reifen in Bezug auf einen gemittelten Emissionpegel der RVS 04.02.11, so sieht man für den „Pirelli PZero Rosso Asimmetrico“ sowie den „Dunlop Sport Fastresponse“ eine deutliche Überschreitung der derzeit verwendeten Basis- und Kennwerte, wobei dieses Ergebnis durch die Messstelle „A9 km 162,0“ nochmals deutlich verschlechtert wird. Doch auch unter Vernachlässigung dieser Messstelle liegen die gemittelten Werte für den „Pirelli PZero“ für die drei hier ausgewählten Geschwindigkeiten zwischen 1,5 und 2 dB, für den „Dunlop Sport“ ca. 0,5 dB über den in der RVS verwendeten Parametern.

Untersucht man den „Continental Eco Contact 5“, so zeichnet sich ein wesentlich positiveres Bild. Mit Ausnahme der Messstelle „A9 km 162,0“ unterschreiten die erhobenen Messwerte die Emissionswerte aus der RVS 04.02.11 deutlich um 1,7 bis 2,6 dB. Es muss dabei allerdings berücksichtigt werden, dass der dabei verwendete Reifen den aktuellen Grenzwert für alle Reifen der Klasse C1 aus der EU-Verordnung 2009/661/EG deutlich unterschreitet. In der in 4.1 vorgestellten Statistik liegt der Reifen unter den 11% der Reifen mit dem niedrigsten Reifenkennwert.

Die Messergebnisse für LKW-Reifen zeigen für eine Geschwindigkeit von 60 km/h ein positives Bild. Während für die Waschbetondecken die Emissionswerte sehr gut mit den Berechnungen aus der RVS 04.02.11 übereinstimmen, liegen sie für die Fahrbahndecken LSMA und SMA deutlich unter den Werten aus der RVS. Für eine Geschwindigkeit von 80 km/h ändert sich dies allerdings vor allem für die Waschbetondecken. Beide Messstellen zeigen bei dieser Geschwindigkeit Emissionspegel, die ca. 1 dB über den aus der RVS erwarteten Pegeln liegen. Lediglich die Messstelle „A9 km 81,5“ weist auch bei dieser Geschwindigkeit einen Wert auf, der niedriger als die RVS-Emissionspegel ist.

Gesondert betrachtet werden muss die Messstelle „A9 km 162,0“, wo die erhobenen Messwerte des dort verbauten LSMA GK11 für PKW-Reifen deutlich überschritten werden.

In Abbildung 6.3 sind neben den aktuellen Basis- und Kennwerten nach RVS 04.02.11 für LSMA-Fahrbahndecken ebenfalls die Werte für SMA dargestellt. Es ist daraus ersichtlich, dass für die Klasse der PKW die LSMA-Werte überschritten, die Werte für SMA jedoch weiterhin unterschritten werden (siehe Abbildung 6.3; die rot strichlierte Linie stellt hier den Vergleich mit den Werten für SMA aus RVS 04.02.11 dar). Ein Vergleich mit der Messstelle „A9 km 81,5“, an der eine Fahrbahndecke vom Typ SMA verbaut ist (siehe Abbildung 6.4) zeigt, dass sich für die Kategorie „PKW“ die LSMA-Werte dem SMA angenähert haben. Für die Kategorie „LKW“ zeigt sich hier, dass die LSMA-Eigenschaften besser erhalten bleiben.

Tabelle 6.1: Werte der im Projekt ermittelten Regressionsanalyse für PKWs für die Geschwindigkeit 80 km/h

Messstelle	Hersteller	Reifentype	Reifen-dimension	Roll-geräusch	Rollgeräusch-grenzwert	L_{eq} (1 PKW)	$L_{eq}^{RVS\ 04.02.11}$ (1 PKW)	Differenz
A6 km 18,0 WB GK 11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	55,1	53,4	1,7
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	54,2	53,4	0,8
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	51,7	53,4	-1,7
A22 km 25,0 WB GK 8	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	55,9	53,4	2,5
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	53,5	53,4	0,1
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	51,6	53,4	-1,8
A9 km 162,0 LSMA GK11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	54,2	50,4	3,8
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	53,5	50,4	3,1
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	51,0	50,4	0,6
A9 km 81,5 SMA GK11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	55,7	53,6	2,1
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	53,9	53,6	0,3
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	51,2	53,6	-2,4
Mittelwert	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	55,2	52,7	2,5
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	53,8	52,7	1,1
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	51,3	52,7	-1,3

Tabelle 6.2: Werte der im Projekt ermittelten Regressionsanalyse für PKWs für die Geschwindigkeit 100 km/h

Messstelle	Hersteller	Reifentype	Reifen-dimension	Roll-geräusch	Rollgeräusch-grenzwert	L_{eq} (1 PKW)	$L_{eq}^{RVS\ 04.02.11}$ (1 PKW)	Differenz
A6 km 18,0 WB GK 11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	57,3	55,4	1,9
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	56,2	55,4	0,8
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	53,5	55,4	-1,8
A22 km 25,0 WB GK 8	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	57,5	55,4	2,1
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	55,7	55,4	0,3
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	53,2	55,4	-2,2
A9 km 162,0 LSMA GK11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	56,2	52,3	3,8
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	55,0	52,3	2,7
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	52,5	52,3	0,2
A9 km 81,5 SMA GK11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	56,8	55,4	1,4
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	55,6	55,4	0,3
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	53,1	55,4	-2,2
Mittelwert	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	57,0	54,6	2,3
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	55,7	54,6	1,0
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	53,1	54,6	-1,5

Tabelle 6.3: Werte der im Projekt ermittelten Regressionsanalyse für PKWs für die Geschwindigkeit 130 km/h

Messstelle	Hersteller	Reifentype	Reifen-dimension	Roll-geräusch	Rollgeräusch-grenzwert	L_{eq} (1 PKW)	$L_{eq}^{RVS\ 04.02.11}$ (1 PKW)	Differenz
A6 km 18,0 WB GK 11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	59,9	57,8	2,2
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	58,6	57,8	0,9
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	55,8	57,8	-2,0
A22 km 25,0 WB GK 8	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	59,5	57,8	1,7
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	58,3	57,8	0,5
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	55,2	57,8	-2,6
A9 km 162,0 LSMA GK11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	58,5	54,6	3,9
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	56,8	54,6	2,2
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	54,3	54,6	-0,3
A9 km 81,5 SMA GK11	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	58,2	57,5	0,7
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	57,7	57,5	0,2
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	55,5	57,5	-2,0
Mittelwert	Pirelli	PZero Rosso Asimmetrico	245/45 R19 275/40 R19	71 72	71 72	59,0	56,9	2,1
	Dunlop	Sport Fastresponse	215/60 R16	69	71	57,9	56,9	1,0
	Continental	Eco Contact 5	165/70 R14	68	70	55,2	56,9	-1,7

Tabelle 6.4: Werte der im Projekt ermittelten Regressionsanalyse für den LKW für die Geschwindigkeit 60 km/h

Messstelle	Hersteller	Reifentype	Reifen-dimension	Roll-geräusch	Rollgeräusch-grenzwert	L_{eq} (1 PKW)	$L_{eq}^{RVS\ 04.02.11}$ (1 PKW)	Differenz
A6 km 18,0 WB GK 11	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	58,0	58,0	-0,1
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
A22 km 25,0 WB GK 8	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	57,7	57,7	0,0
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
A9 km 162,0 LSMA GK11	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	56,0	56,6	-0,6
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
A9 km 81,5 SMA GK11	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	57,7	58,9	-1,2
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
Mittelwert	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	57,3	57,8	-0,5
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			

Tabelle 6.5: Werte der im Projekt ermittelten Regressionsanalyse für den LKW für die Geschwindigkeit 80 km/h

Messstelle	Hersteller	Reifentype	Reifen-dimension	Roll-geräusch	Rollgeräusch-grenzwert	L_{eq} (1 PKW)	$L_{eq}^{RVS\ 04.02.11}$ (1 PKW)	Differenz
A6 km 18,0 WB GK 11	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	61,6	60,8	0,8
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
A22 km 25,0 WB GK 8	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	61,5	60,4	1,1
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
A9 km 162,0 LSMA GK11	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	58,7	58,7	0,0
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
A9 km 81,5 SMA GK11	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	60,1	61,3	-1,2
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			
Mittelwert	Michelin	XFA2 Energy Antisplash	385/55 R22,5	67	73	60,5	60,3	0,2
	Michelin	X MultiWay 3D XDE	315/70 R22,5	75	75			
	Michelin	Michelin XTE3	385/65 R22,5	69	73			

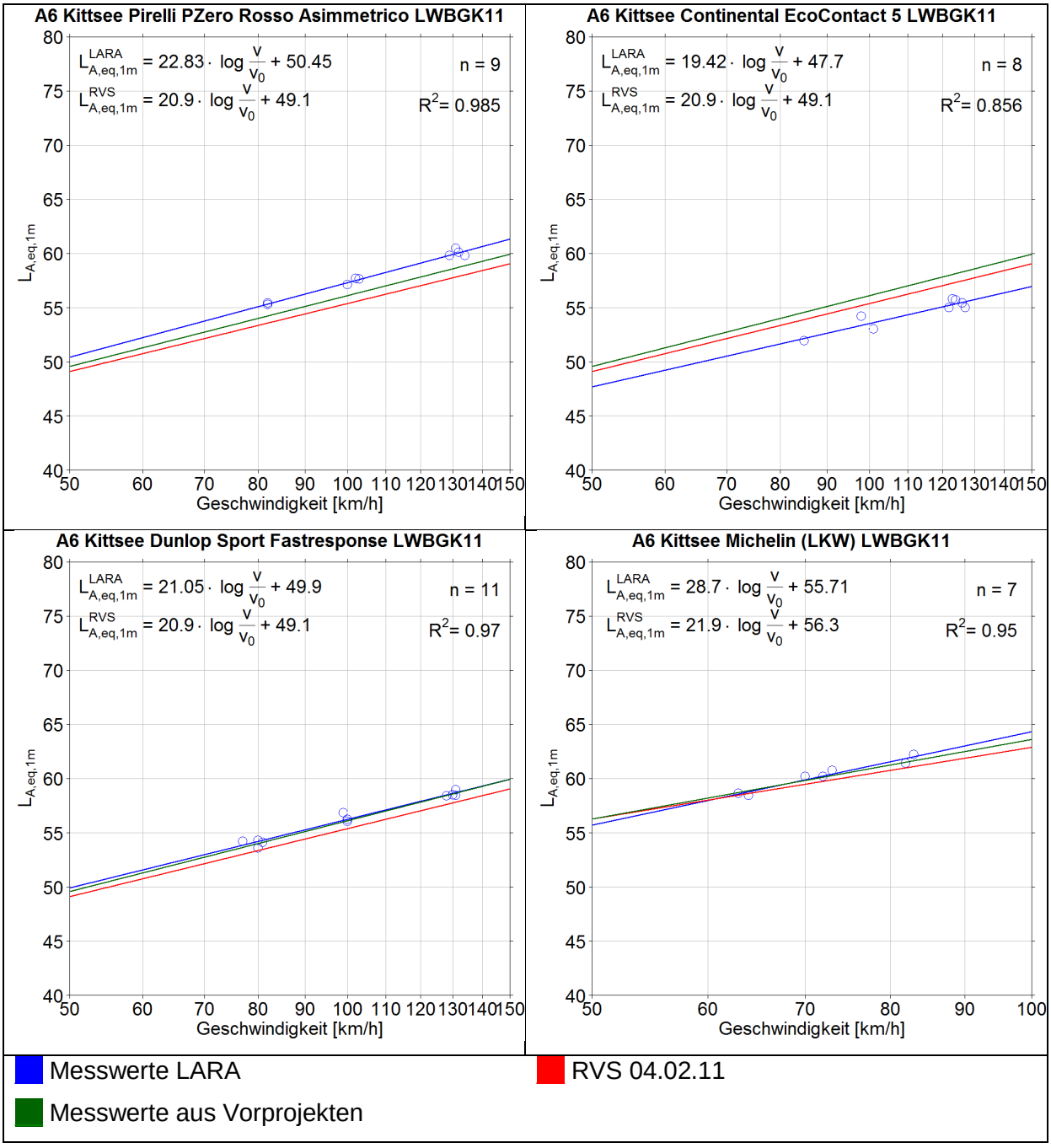


Abbildung 6.1: Messergebnisse der A6 Bezirk Kittsee

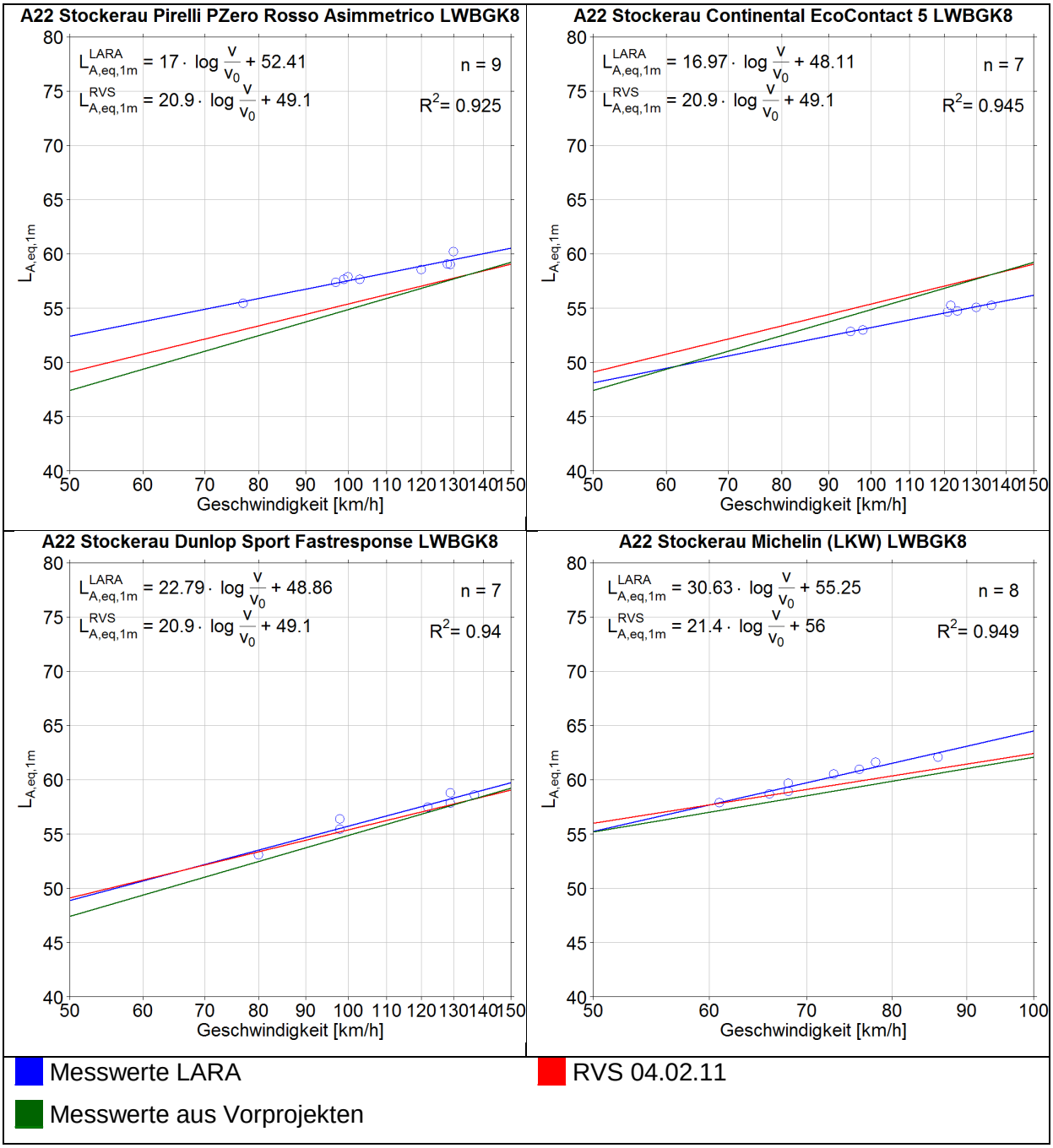


Abbildung 6.2: Messergebnisse der A22 Bezirk Stockerau

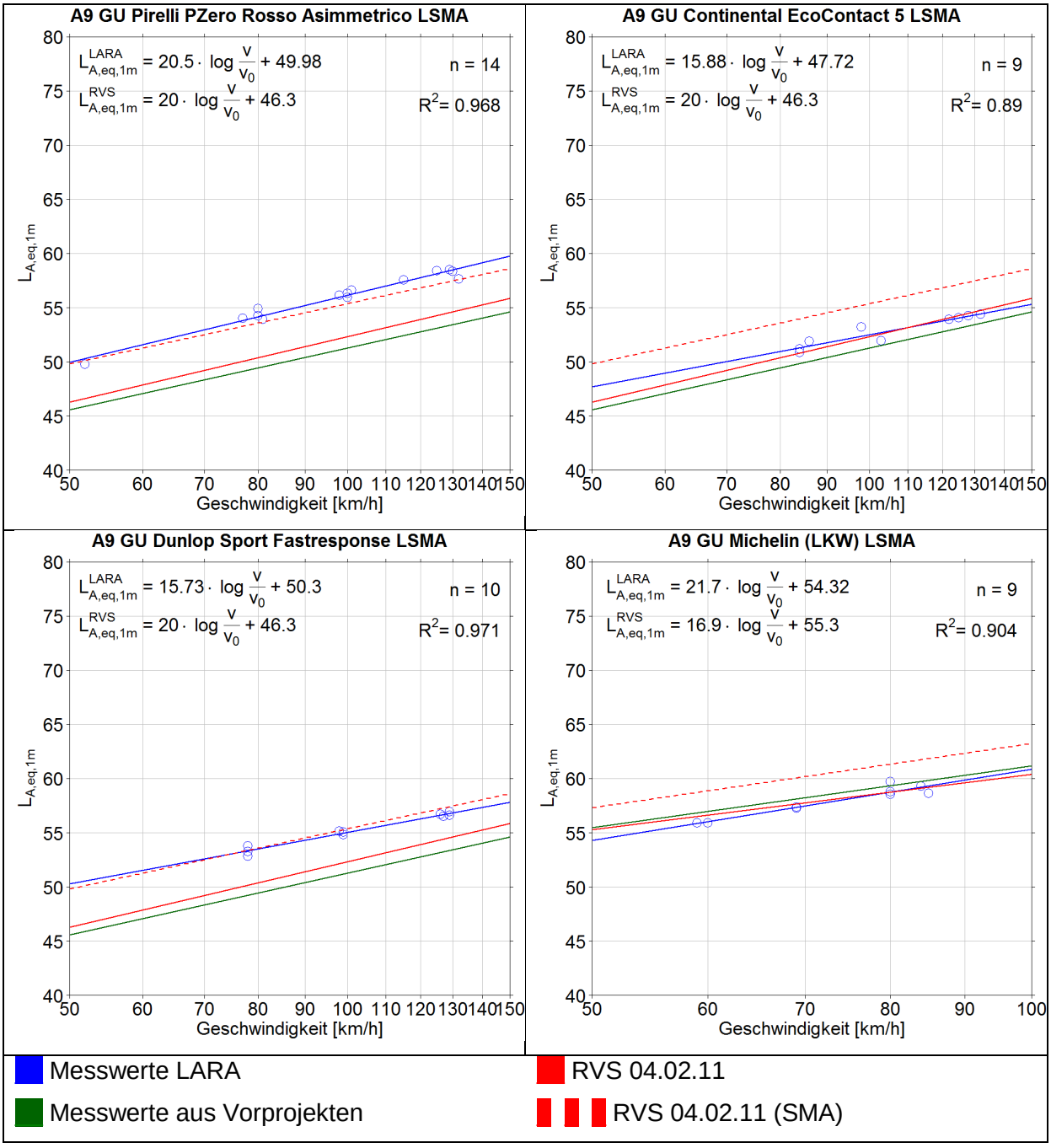


Abbildung 6.3: Messergebnisse der A9 Bezirk Graz-Umgebung; die rot strichlierte Linie stellt den Vergleich mit den Werten für SMA aus RVS 04.02.11 dar

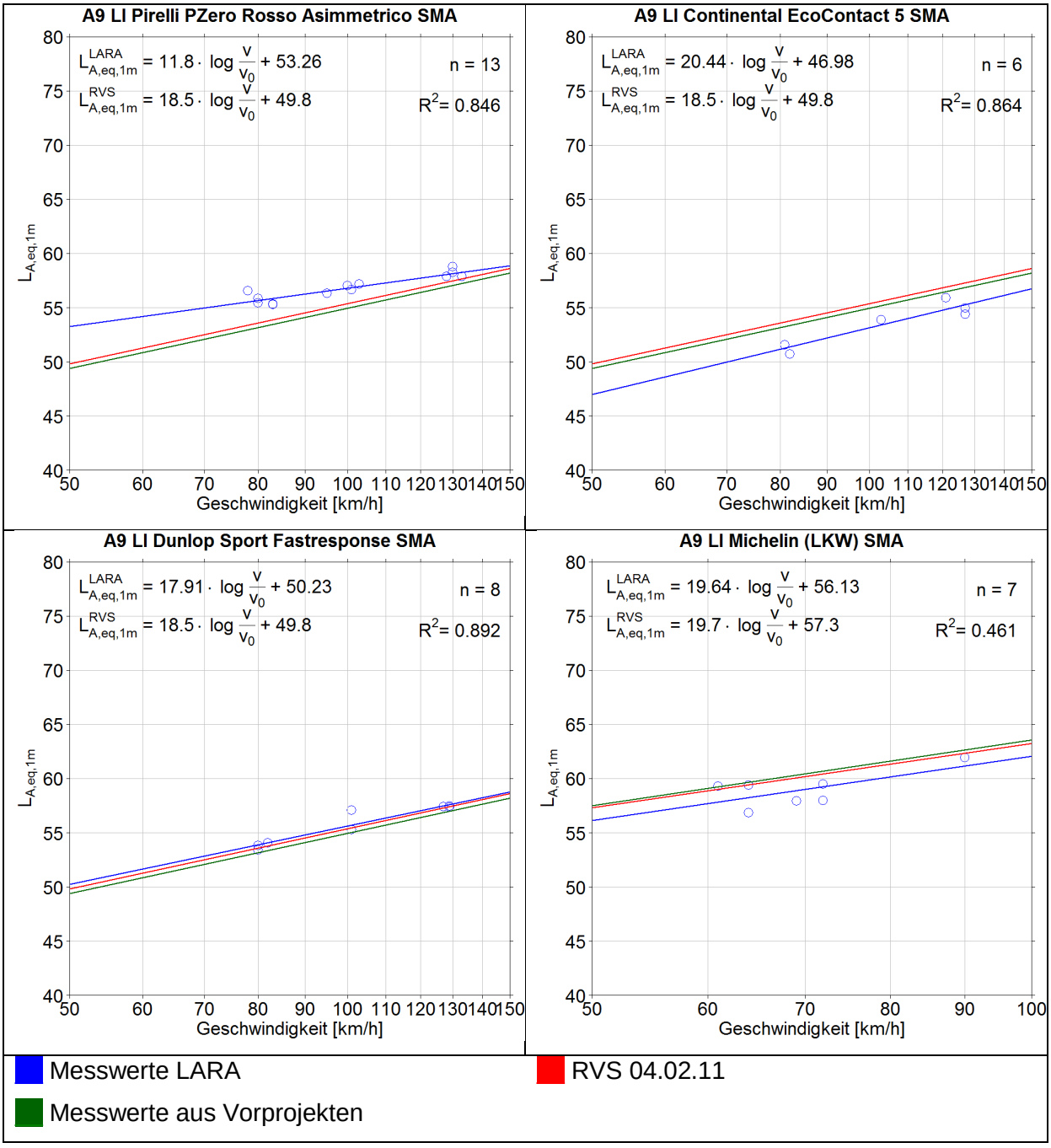


Abbildung 6.4: Messergebnisse der A9 Bezirk Liezen

7. BEISPIELPROJEKTE

In diesem Kapitel ist die Berechnung von Beispielprojekten zur Bewertung der Auswirkungen möglicher Änderungen von Emissionswerten der RVS 04.02.11 aufgrund der Einführung schärferer Grenzwerte für das Abrollgeräusch der Reifen vorgesehen.

Als Grundlage für die Änderungen der Basis- bzw. Kennwerte für die Berechnung der Beispielprojekte sollen die Messergebnisse, erhoben mit dem Reifen Continental Eco Contact 5, verwendet werden. Die Messstelle „A9 km 182,0“ im Bezirk Graz-Umgebung wird ausgeschlossen, da sich, wahrscheinlich aufgrund des Alters der Fahrbahndecke, deutliche Abweichungen des Pegelminderungspotentials zu den anderen im Projekt verwendeten Messstellen zeigen. An dieser Stelle muss betont werden, dass diese Basis- und Kennwerte zwar das Lärmminderungspotential durch lärmarme Reifen aufzeigen, aufgrund der aktuellen Situation in Bezug auf die neuen Grenzwerte in der EU-Verordnung 2009/661/EG sowie deren endgültigem Inkrafttreten im November 2016 derzeit nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese die gegenwärtige Situation in Österreich wiederspiegeln. Um diese Lärmminderungspotentiale zu realisieren ist eine Verschiebung der mittleren Emissionswerte des Reifenkollektivs im angegebenen Ausmaß Voraussetzung (Tabelle 7.2).

Da für die Kategorie $LKW_{schwer,lärmarm}$ für Waschbetondecken keine Pegelminderung im Projekt feststellbar war, sollen für die Berechnungen die in der aktuellen RVS 04.02.11 angegebenen Werte verwendet werden. Für die Fahrbahndecke SMA werden die im Projekt an der Messstelle „A9 km 81,5“ erhobenen Basis- bzw. Kennwerte verwendet.

Die für die Beispielprojekte vorgeschlagenen Basis- bzw. Kennwerte sind in Tabelle 7.1, die Differenzen zur RVS 04.02.11, 2. Abänderung mit Stand 31.03.2009 in Tabelle 7.2 dargestellt. Die Werte für die Kategorie $LKW_{leicht,lärmarm}$ ergeben sich durch die arithmetische Mittelung der Basis- und Kennwertveränderungen für die Kategorien PKW und $LKW_{schwer,lärmarm}$.

Für nicht lärmarme LKW liegen derzeit keine neuen Basis- bzw. Kennwerte vor.

Tabelle 7.1: Vorschlag der Basis- bzw. Kennwerte für die Beispielprojektberechnungen

	Basiswert PKW	Kennwert PKW	Basiswert $LKW_{leicht,lärmarm}$	Kennwert $LKW_{leicht,lärmarm}$	Basiswert $LKW_{schwer,lärmarm}$	Kennwert $LKW_{schwer,lärmarm}$
LWBGK11	47,7	19,4	51,0	11,2	56,3 (RVS)	21,9 (RVS)
LWBGK8	48,1	17,0	50,8	9,4	56,0 (RVS)	21,4 (RVS)
SMA	47,0	20,4	51,3	10,6	56,1	19,6
Mittel	47,6	18,9	51,0	10,4	56,1	21,0

Tabelle 7.2: Änderung der Basis- und Kennwerte gegenüber RVS 04.02.11 Stand 31.03.2009

	Basiswert PKW	Kennwert PKW	Basiswert $LKW_{leicht,lärmarm}$	Kennwert $LKW_{leicht,lärmarm}$	Basiswert $LKW_{schwer,lärmarm}$	Kennwert $LKW_{schwer,lärmarm}$
LWBGK11	-1,4	-1,5	-0,7	-0,7	0	0
LWBGK8	-1,0	-3,9	-0,5	-2,0	0	0
SMA	-2,8	1,9	-2,0	0,9	-1,2	-0,1
Mittel	-1,7	-1,2	-1,1	-0,6	-0,4	0

Es erhebt sich die Frage, ob die erhobenen Basis- und Kennwerte getrennt für verschiedene Fahrbahnoberflächen in den Beispielprojekten behandelt werden sollen, oder, wenn sich diese wenig voneinander unterscheiden, mittlere Basis- bzw. Kennwerte zu verwenden und dadurch die Kapazität zu erhöhen, verschiedene Beispielprojekte zu behandeln.

Da die Emissionspegel deutliche Unterschiede zeigen (Abbildung 7.1) und daher zu erwarten ist, dass verschiedene Fahrbahnbeläge zu unterschiedlichen Kostenminderungspotentialen durch die projektierten Lärmschutzmaßnahmen führen werden, wurde beschlossen, die einzelnen Basis- und Kennwerte als Grundlage für die Beispielprojekte zu verwenden.

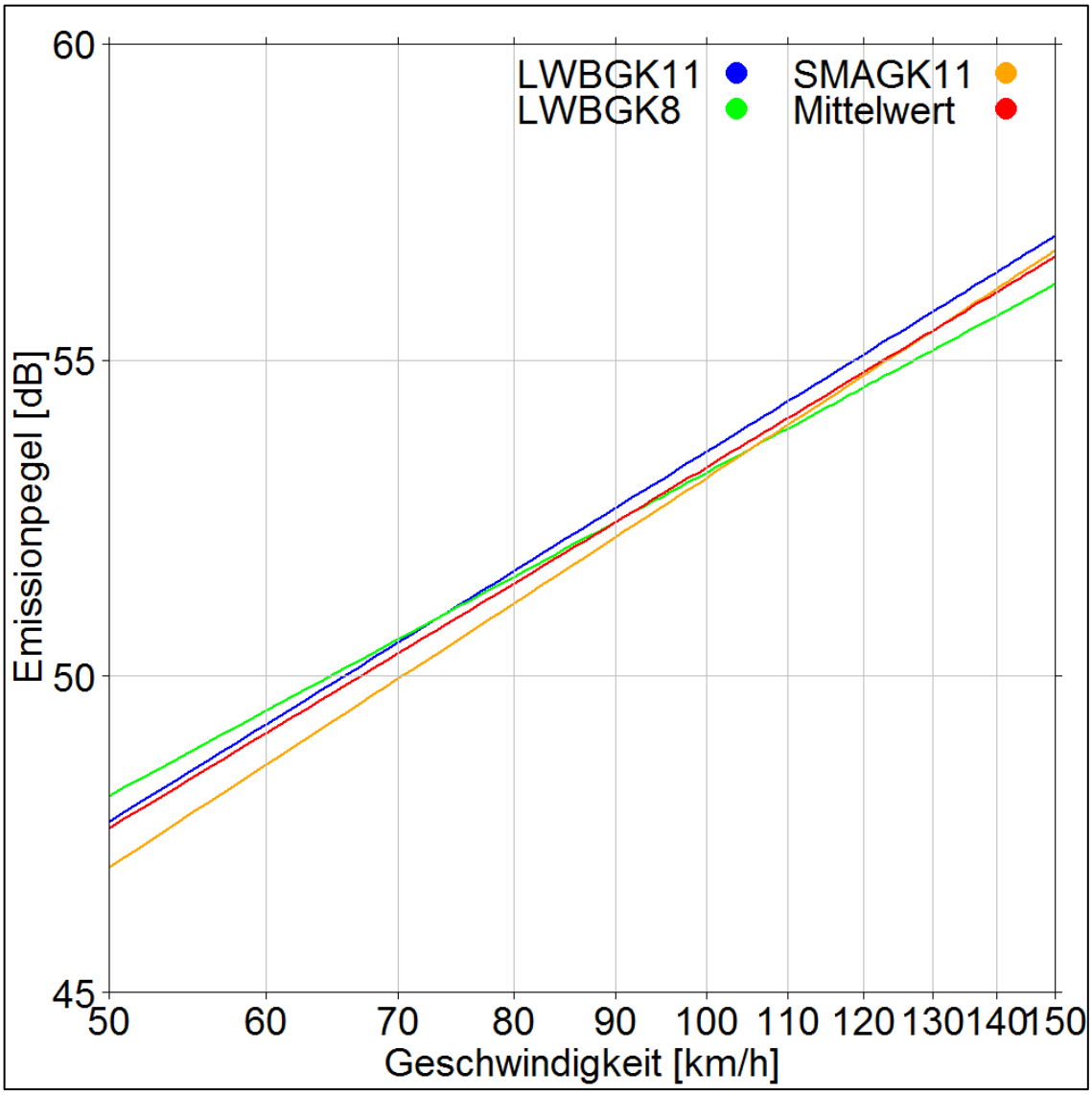


Abbildung 7.1: aus den Basis- und Kennwerten berechnete Emissionspegel für verschiedene Geschwindigkeiten

Als Kostenansatz für das Reduktionspotential von straßenseitigen Lärmschutz-Maßnahmen aufgrund der hier betrachteten Emissionsminderungen soll nach der Dienstanweisung betreffend Lärmschutz an bestehenden Bundesstraßen [9] ein Betrag von EUR 200 pro Quadratmeter Lärmschutzmaßnahme angewandt werden. Dies liegt unter dem in [10] für Europa angenommenen Preis von EUR 400 pro Quadratmeter Lärmschutzmaßnahme, bezieht sich allerdings direkt auf österreichische Verhältnisse. Das Ansetzen eines niedrigeren Preises pro Quadratmeter Lärmschutzwand entspricht hier einem konservativen Vorgehen in Bezug auf das Einsparungspotential.

Um einen guten Mix und eine Streuung hinsichtlich Fahrbahndecken und Modellsituationen zu bekommen, wurde folgende Vorgangsweise getroffen.

- Ein Projekt (Beispielprojekt 1) wird nach der gültigen RVS (mit den untenstehenden Fahrbahndecken) gerechnet, und anschließend den LARA-Werten für LWBGK8, LWBGK11 und SMA gegenübergestellt und das Einsparungspotential an straßenseitigen Lärmschutz-Maßnahmen ermittelt.

- Zusätzlich werden 3 weitere Projekte (1x LWBGK8, 1x LWBGK11, 1x SMA) gerechnet, wobei jedes dieser Projekte einmal mit den gültigen RVS-Daten und einmal mit den LARA-Daten für eine Fahrbahndecke gerechnet (Beispielprojekt 2: LWBGK8 (RVS) + LWBGK8 (LARA); Beispielprojekt 3: LWBGK11 (RVS) + LWBGK11 (LARA); Beispielprojekt 4: SMA (RVS) + SMA (LARA)) und das Einsparungspotential an straßenseitigen Lärmschutz-Maßnahmen ermittelt wird.

Es ergeben sich somit 4 unterschiedliche Beispielprojekte mit sechs Variationen der Fahrbahnbeläge, wie in Tabelle 7.3 dargestellt.

Tabelle 7.3: Auflistung nachfolgender Beispielprojekte und untersuchte Fahrbahnbeläge

Beispielprojekt Nr.	Fahrbahnbeläge
Beispielprojekt 1	SMA, LWB GK 8, LWB GK 11
Beispielprojekt 2	LWB GK 8
Beispielprojekt 3	SMA
Beispielprojekt 4	LWB GK 11

7.1. Beispielprojekt 1

Der Untersuchungsraum erstreckt sich rechts der Autobahn über eine Länge von ca. 2,5 km und bis zu einem Abstand von rd. 1 km zur Autobahn.

Die Autobahn wird im gegenständlichen Bereich in Form von Brücken am Hang (links der Autobahn) entlang geführt.

Ein stärker besiedeltes Gebiet befindet sich in unmittelbarer Nähe zur Autobahn in Tallage. Der Höhenunterschied beträgt etwa bis zu 100 m. Mit zunehmender Entfernung von der Autobahn ist wieder ein stetiger Geländeanstieg gegeben. Die in etwa 400 m von der Autobahn entfernt gelegenen Objekte liegen ca. niveaugleich zur Autobahn. Weiter entfernt gelegene Objekte sind deutlich höher als die Autobahn situiert.

Die Autobahn weist zwei Spuren je Richtungsfahrbahn auf. Die Höhe der Lärmschutzwand beträgt im Untersuchungsbereich 3 bis 4 m.

In der gegenständlichen Untersuchung wurden insgesamt 52 Immissionspunkte betrachtet, welche an unterschiedlichen Objekten (z. T. auch an einem Objekt in mehreren Stockwerken) situiert sind.

Die erlaubten Geschwindigkeiten betragen 130 km/h für PKW und 80 km/h am Tag / Abend bzw. 60 km/h in der Nacht für LKW.

Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) beträgt 36270 Kfz / 24 h. Der im Projekt berücksichtigte Nachtverkehr beträgt rd. 5.800 Kfz / 8 h mit einem Schwerverkehrsanteil von 23 %. Der Schwerverkehr teilt sich in 24 % leichte und 76 % schwere Lkw auf.

Aus den vorgeschlagenen Basis- bzw. Kennwerten aus Tabelle 7.1 für die geschwindigkeitsabhängige Emission der einzelnen Fahrzeugkategorien für unterschiedliche Fahrbahnbeläge ergeben sich Pegelreduktionen gegenüber der gültigen RVS 04.02.11 bei dem entsprechenden Verkehrsmix der gegebenen Situation, wie in Tabelle 7.4 dargestellt.

Tabelle 7.4: Pegelreduktionen unterschiedlicher Fahrbahndecken gegenüber RVS 04.02.11 für entsprechenden Verkehrsmix

Fahrbahnbelag	Pegelreduktion
lärmmindernder Waschbeton Größtkorn 8 (LWB GK 8)	2,0 dB
lärmmindernder Waschbeton Größtkorn 11 (LWB GK 11)	1,6 dB
Splitt-Mastix-Asphalt (SMA)	1,8 dB

In der gegebenen Situation wurden mögliche Reduktionen der gegebenen Lärmschutz-Maßnahme (Lärmschutzwand mit einer Höhe von 3 bis 4 m) für die unterschiedlichen Fahrbahnbeläge betrachtet und mit den Pegelreduktionen gemäß Tabelle 7.4 verglichen.

Die Pegelreduktionen gemäß Tabelle 7.4 beinhalten ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen. Nachfolgend werden mögliche Einsparungspotentiale an Lärmschutz-Maßnahmen (Verringerung der Lärmschutzwand-Höhe) für reale Situationen untersucht. Die Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe wird schrittweise in 25 cm-Schritten vorgenommen und die Auswirkung im umliegenden Anrainerbereich bei unterschiedlichen Objekten (Häuserfassaden) untersucht. Die schalltechnischen Veränderungen werden mit dem Potential durch die neuen Werte für lärmarme Reifen gemäß Tabelle 7.4 verglichen.

Aus dem Vergleich mit Immissionsorten, an welchen die Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme im Verhältnis zu den anderen betrachteten Immissionsorten am ungünstigsten ausfällt (maximale schalltechnische Veränderung), kann ein minimales Restpotential berechnet werden, welches bei Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 im Verhältnis zur bisherigen Situation auch bei Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme noch vorhanden bleibt. Dieses minimale Restpotential, welches auf die ungünstigsten Fälle bezogen ist, ist in den Tabelle 7.5 bis

Tabelle 7.9 dargestellt. Weiters ist auch noch der Anteil der betrachteten Immissionsorte in Prozent dargestellt, bei welchen die Reduzierung der Lärmschutz-Maßnahme durch das Verbesserungspotential gemäß Tabelle 7.4 jedenfalls kompensiert wird.

Tabelle 7.5: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 25 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 25 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	1,0 dB	100 %
LWB GK 11	0,6 dB	100 %
SMA	0,8 dB	100 %

Tabelle 7.6: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 50 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 50 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	0,3 dB	100 %
LWB GK 11	-0,1 dB	98 %
SMA	0,1 dB	100 %

Tabelle 7.7: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 75 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 75 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	-0,3 dB	98 %
LWB GK 11	-0,7 dB	96 %
SMA	-0,5 dB	98 %

Tabelle 7.8: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 100 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 100 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	-0,8 dB	96 %
LWB GK 11	-1,1 dB	92 %
SMA	-0,9 dB	96 %

Tabelle 7.9: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 125 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 125 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	-0,9 dB	96 %
LWB GK 11	-1,3 dB	85 %
SMA	-1,1 dB	90 %

In nachfolgender Tabelle 7.10 ist das Einsparungspotential bei einer Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme in Form der LSW-Fläche als auch der Kosten in Euro (bei einem Einheitspreis von 200 € / m²) dargestellt

Tabelle 7.10: Einsparungspotential bei Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme

Variante	LSW Fläche (m²)	Δ LSW (m²)	Einsparung (EUR)	Einsparung (%)
Ausgangssituation	10.100	-	-	-
LSW-0,25 m	9.412	-688	137.600	6,8
LSW-0,50 m	8.725	-1.375	275.000	13,6
LSW-0,75 m	8.038	-2.062	412.400	20,4
LSW-1,00 m	7.351	-2.749	549.800	27,2
LSW-1,25 m	6.664	-3.436	687.200	34,0

Wie vorstehende Rechenergebnisse zeigen, ist im Falle der Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 durchaus ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen möglich. Aus

den Ergebnissen geht hervor, dass eine Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe von 25 cm für alle betrachteten Immissionsorte kompensiert werden kann. Bei stärkeren Reduktionen gibt es vereinzelt Punkte, an welchen eine Kompensation nicht mehr unmittelbar möglich ist. Allerdings können im betrachteten Fall in mehr als 90% der betrachteten Immissionsorte auch noch Kompensationen für Reduktionen der Lärmschutzwand-Höhe von 1 m erreicht werden.

Legt man die Auswirkungen möglicher Änderungen von Emissionswerten der RVS 04.02.11 aufgrund der Einführung schärferer Grenzwerte für das Abrollgeräusch der Reifen auf das Verkehrsaufkommen bei unveränderten Lärmschutzmaßnahmen um, so können im gegenständlichen Beispiel bei gleichbleibender Verkehrszusammensetzung und gleichbleibenden Geschwindigkeitsverhältnissen folgende Verkehrszunahmen kompensiert werden.
Ein Pegelminderungspotential von

- 2,0 dB (LWB GK 8) entspricht der Kompensation einer Verkehrserhöhung von rd. 60 %
- 1,6 dB (LWB GK 11) entspricht der Kompensation einer Verkehrserhöhung von rd. 45 %
- 1,8 dB (SMA) entspricht der Kompensation einer Verkehrserhöhung von rd. 50 %

7.2. Beispielprojekt 2

Der Untersuchungsraum erstreckt sich beidseits der Autobahn über eine Länge von ca. 1,8 km und bis zu einem Abstand von rd. 1 km zur Autobahn.
Aufgrund einer Überfahrt befindet sich die Autobahn in einer leichten Dammlage, welche an beiden Enden ausläuft. Das Gelände beidseits der Autobahn ist als weitgehend eben zu betrachten.
Die Autobahn weist drei Spuren je Richtungsfahrbahn auf. Die Höhe der Lärmschutzwände beidseits beträgt im Untersuchungsbereich 4 bis 5,5 m.
In der gegenständlichen Untersuchung wurden insgesamt 74 Immissionspunkte betrachtet, welche an unterschiedlichen Objekten (z. T. auch an einem Objekt in mehreren Stockwerken) beidseitig der Autobahn situiert sind.
Die erlaubten Geschwindigkeiten betragen 100 km/h für PKW und 80 km/h am Tag / Abend bzw. 60 km/h in der Nacht für LKW.
Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) beträgt rd. 110.000 Kfz / 24 h. Der im Projekt berücksichtigte Nachtverkehr beträgt rd. 11.400 Kfz / 8 h mit einem Schwerverkehrsanteil von 30 %. Der Schwerverkehr teilt sich in 33 % leichte und 67 % schwere Lkw auf.

Aus den vorgeschlagenen Basis- bzw. Kennwerten aus Tabelle 7.1 für die geschwindigkeitsabhängige Emission der einzelnen Fahrzeugkategorien ergibt sich für den entsprechenden Fahrbahnbelag eine Pegelreduktion gegenüber RVS 04.02.11 bei dem entsprechenden Verkehrsmix der gegebenen Situation, wie in Tabelle 7.11 dargestellt.

Tabelle 7.11: Pegelreduktionen unterschiedlicher Fahrbahndecken gegenüber RVS 04.02.11 für entsprechenden Verkehrsmix

Fahrbahnbelag	Pegelreduktion
lärmmindernder Waschbeton Größtkorn 8 (LWB GK 8)	1,1 dB

In der gegebenen Situation wurden mögliche Reduktionen der gegebenen Lärmschutz-Maßnahme (Lärmschutzwand mit einer Höhe von 4 bis 5,5 m) für lärmmindernden Waschbeton Größtkorn 8 betrachtet und mit der Pegelreduktion gemäß Tabelle 7.11 verglichen.

Die Pegelreduktion gemäß Tabelle 7.11 beinhaltet ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen. Nachfolgend werden mögliche Einsparungspotentiale an Lärmschutz-Maßnahmen (Verringerung der Lärmschutzwand-Höhe) für reale Situationen untersucht. Die Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe wird schrittweise in 25 cm-Schritten vorgenommen und die Auswirkung im umliegenden Anrainerbereich bei unterschiedlichen Objekten (Häuserfassaden) untersucht. Die schalltechnischen Veränderungen werden mit dem Potential durch die neuen Werte für lärmarme Reifen gemäß Tabelle 7.11 verglichen.

Aus dem Vergleich mit Immissionsorten, an welchen die Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme im Verhältnis zu den anderen betrachteten Immissionsorten am ungünstigsten ausfällt (maximale schalltechnische Veränderung), kann ein minimales Restpotential berechnet werden, welches bei Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 im Verhältnis zur bisherigen Situation auch bei Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme noch vorhanden bleibt. Dieses minimale Restpotential, welches auf die ungünstigsten Fälle bezogen ist, ist in Tabelle 7.12 bis

Tabelle 7.16 dargestellt. Weiters ist auch noch der Anteil der betrachteten Immissionsorte in Prozent dargestellt, bei welchen die Reduzierung der Lärmschutz-Maßnahme durch das Verbesserungspotential gemäß Tabelle 7.11 jedenfalls kompensiert wird.

Tabelle 7.12: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 25 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 25 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	0,7 dB	100 %

Tabelle 7.13: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 50 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 50 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	0,1 dB	100 %

Tabelle 7.14: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 75 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 75 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	-0,4 dB	86 %

Tabelle 7.15: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 100 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 100 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	-0,8 dB	48 %

Tabelle 7.16: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 125 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 125 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 8	-1,1 dB	18 %

In nachfolgender Tabelle 7.17 ist das Einsparungspotential bei einer Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme in Form der LSW-Fläche als auch der Kosten in Euro (bei einem Einheitspreis von 200 € / m²) dargestellt.

Tabelle 7.17: Einsparungspotential bei Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme

Variante	LSW Fläche (m²)	Δ LSW (m²)	Einsparung (EUR)	Einsparung (%)
Ausgangssituation	30.945	-	-	-
LSW-0,25 m	29.483	-1.461	292.332	4,7
LSW-0,50 m	28.022	-2.923	584.670	9,4
LSW-0,75 m	26.560	-4.385	877.004	14,2
LSW-1,00 m	25.098	-5.846	1.169.342	18,9
LSW-1,25 m	23.637	-7.308	1.461.670	23,6

Wie vorstehende Rechenergebnisse zeigen, ist im Falle der Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 durchaus ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen möglich. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass eine Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe von bis zu 50 cm für alle betrachteten Immissionsorte kompensiert werden kann. Bei stärkeren Reduktionen nimmt der Anteil an Immissionsorten, an welchen Kompensationen möglich sind ab. Für Reduktionen um 1 m ist bei weniger als der Hälfte der betrachteten Immissionsorte eine Kompensation gegeben.

Legt man die Auswirkungen möglicher Änderungen von Emissionswerten der RVS 04.02.11 aufgrund der Einführung schärferer Grenzwerte für das Abrollgeräusch der Reifen auf das Verkehrsaufkommen bei unveränderten Lärmschutzmaßnahmen um, so kann im gegenständlichen Beispiel bei gleichbleibender Verkehrszusammensetzung und gleichbleibenden Geschwindigkeitsverhältnissen folgende Verkehrszunahme kompensiert werden.
Ein Pegelminderungspotential von

- 1,1 dB (LWB GK 8) entspricht der Kompensation einer Verkehrserhöhung von rd. 30 %

7.3. Beispielprojekt 3

Der Untersuchungsraum erstreckt sich beidseits der Autobahn über eine Länge von ca. 1,1 km und bis zu einem Abstand von rd. 250 m zur Autobahn.
Die Autobahn weist im unmittelbaren Untersuchungsraum auf der Richtung Süden führenden Richtungsfahrbahn zwei Fahrstreifen und auf der Richtung Norden führenden Richtungsfahrbahn drei Fahrstreifen auf.
Die Höhe der Lärmschutzwände beidseits beträgt im Untersuchungsbereich 5,5 m.

Zu den topographischen Gegebenheiten der Autobahn in Bezug auf die Objekte ist anzumerken, dass hier sehr unterschiedliche - von geringfügig unter Niveau bis deutlich über Niveau der Autobahn - Gegebenheiten vorzufinden sind.

In der gegenständlichen Untersuchung wurden insgesamt 22 Immissionspunkte betrachtet, welche an unterschiedlichen Objekten (z. T. auch an einem Objekt in mehreren Stockwerken) beidseitig der Autobahn situiert sind.

Die erlaubten Geschwindigkeiten betragen 100 km/h für PKW und 80 km/h am Tag / Abend bzw. 60 km/h in der Nacht für LKW.

Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) beträgt rd. 33.300 Kfz / 24 h. Der im Projekt berücksichtigte Nachtverkehr beträgt rd. 5.600 Kfz / 8 h mit einem Schwerverkehrsanteil von 27 %. Der Schwerverkehr teilt sich in 21 % leichte und 79 % schwere Lkw auf.

Aus den vorgeschlagenen Basis- bzw. Kennwerten aus Tabelle 7.1 für die geschwindigkeitsabhängige Emission der einzelnen Fahrzeugkategorien ergibt sich für den entsprechenden Fahrbahnbelag eine Pegelreduktion gegenüber der gültigen RVS 04.02.11 bei dem entsprechenden Verkehrsmix der gegebenen Situation, wie in Tabelle 7.18 dargestellt.

Tabelle 7.18: Pegelreduktionen unterschiedlicher Fahrbahndecken gegenüber RVS 04.02.11 für entsprechenden Verkehrsmix

Fahrbahnbelag	Pegelreduktion
Splitt Mastix Asphalt (SMA)	1,8 dB

In der gegebenen Situation wurden mögliche Reduktionen der gegebenen Lärmschutz-Maßnahme (Lärmschutzwand mit einer Höhe von 5,5 m) für Splitt Mastix Asphalt betrachtet und mit der Pegelreduktion gemäß Tabelle 7.18 verglichen.

Die Pegelreduktion gemäß Tabelle 7.18 beinhaltet ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen. Nachfolgend werden mögliche Einsparungspotentiale an Lärmschutz-Maßnahmen (Verringerung der Lärmschutzwand-Höhe) für reale Situationen untersucht. Die Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe wird schrittweise in 25 cm-Schritten vorgenommen und die Auswirkung im umliegenden Anrainerbereich bei unterschiedlichen Objekten (Häuserfassaden) untersucht. Die schalltechnischen Veränderungen werden mit dem Potential durch die neuen Werte für lärmarme Reifen gemäß Tabelle 7.18 verglichen.

Aus dem Vergleich mit Immissionsorten, an welchen die Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme im Verhältnis zu den anderen betrachteten Immissionsorten am ungünstigsten ausfällt (maximale schalltechnische Veränderung), kann ein minimales Restpotential berechnet werden, welches bei Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 im Verhältnis zur

bisherigen Situation auch bei Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme noch vorhanden bleibt. Dieses minimale Restpotential, welches auf die ungünstigsten Fälle bezogen ist, ist in den Tabelle 7.19 bis
Tabelle 7.23 dargestellt. Weiters ist auch noch der Anteil der betrachteten Immissionsorte in Prozent dargestellt, bei welchen die Reduzierung der Lärmschutz-Maßnahme durch das Verbesserungspotential gemäß Tabelle 7.18 jedenfalls kompensiert wird.

Tabelle 7.19: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 25 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 25 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
SMA	1,1 dB	100 %

Tabelle 7.20: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 50 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 50 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
SMA	0,3 dB	100 %

Tabelle 7.21: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 75 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 75 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
SMA	-0,2 dB	95 %

Tabelle 7.22: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 100 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 100 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
SMA	-0,6 dB	68 %

Tabelle 7.23: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 125 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 125 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
SMA	-1,3 dB	50 %

In nachfolgender Tabelle 7.24 ist das Einsparungspotential bei einer Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme in Form der LSW-Fläche als auch der Kosten in Euro (bei einem Einheitspreis von 200 € / m²) dargestellt.

Tabelle 7.24: Einsparungspotential bei Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme

Variante	LSW Fläche (m²)	Δ LSW (m²)	Einsparung (EUR)	Einsparung (%)
Ausgangssituation	9.168	-	-	-
LSW-0,25 m	8.751	-416	83.350	4,5
LSW-0,50 m	8.335	-833	166.700	9,1
LSW-0,75 m	7.918	-1.250	250.051	13,6
LSW-1,00 m	7.501	-1.667	333.401	18,2
LSW-1,25 m	7.084	-2.083	416.751	22,7

Wie vorstehende Rechenergebnisse zeigen, ist im Falle der Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 durchaus ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen möglich. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass eine Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe von bis zu 50 cm für alle betrachteten Immissionsorte kompensiert werden kann. Bei stärkeren Reduktionen nimmt der Anteil an Immissionspunkten, an welchen Kompensationen möglich sind, ab. Bei einer Reduktion um 75 cm kann hier immer noch in 95% der betrachteten Fälle eine Kompensation erreicht werden. Erst bei Reduktionen von 1 m oder mehr sinkt der Anteil betrachteter Fälle, für welche eine Kompensation erreicht werden kann.

Legt man die Auswirkungen möglicher Änderungen von Emissionswerten der RVS 04.02.11 aufgrund der Einführung schärferer Grenzwerte für das Abrollgeräusch der Reifen auf das Verkehrsaufkommen bei unveränderten Lärmschutzmaßnahmen um, so kann im gegenständlichen Beispiel bei gleichbleibender Verkehrszusammensetzung und gleichbleibenden Geschwindigkeitsverhältnissen folgende Verkehrszunahme kompensiert werden.
Ein Pegelminderungspotential von

- 1,8 dB (SMA) entspricht der Kompensation einer Verkehrserhöhung von rd. 50 %

7.4. Beispielprojekt 4

Der Untersuchungsraum erstreckt sich beidseits der Autobahn über eine Länge von ca. 6 km und bis zu einem Abstand von rd. 1 km zur Autobahn.
Die Autobahn weist im Untersuchungsraum je Richtungsfahrbahn zwei Fahrstreifen auf. Die Autobahn liegt auf Geländeniveau. Das angrenzende Gelände ist weitgehend eben.

Die Höhe der Lärmschutzwände beidseits beträgt im Untersuchungsbereich 2 bis 5 m.
In der gegenständlichen Untersuchung wurden insgesamt 108 Immissionspunkte betrachtet, welche an unterschiedlichen Objekten (z. T. auch an einem Objekt in mehreren Stockwerken) beidseitig der Autobahn situiert sind.
Die erlaubten Geschwindigkeiten betragen 130 km/h für PKW und 80 km/h am Tag / Abend bzw. 60 km/h in der Nacht für LKW.
Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) beträgt 64.300 Kfz / 24 h. Der im Projekt berücksichtigte Nachtverkehr beträgt rd. 6.700 Kfz / 8 h mit einem Schwerverkehrsanteil von 25 %. Der Schwerverkehr teilt sich in 35 % leichte und 65 % schwere Lkw auf.
Aus den vorgeschlagenen Basis- bzw. Kennwerten aus Tabelle 7.1 für die geschwindigkeitsabhängige Emission der einzelnen Fahrzeugkategorien ergibt sich für den entsprechenden Fahrbahnbelag eine Pegelreduktion gegenüber RVS 04.02.11 bei dem entsprechenden Verkehrsmix der gegebenen Situation, wie in Tabelle 7.25 dargestellt.

Tabelle 7.25: Pegelreduktionen unterschiedlicher Fahrbahndecken gegenüber RVS 04.02.11 für entsprechenden Verkehrsmix

Fahrbahnbelag	Pegelreduktion
lärmmindernder Waschbeton Größtkorn 11 (LWB GK 11)	1,6 dB

In der gegebenen Situation wurden mögliche Reduktionen der gegebenen Lärmschutz-Maßnahme (Lärmschutzwand mit einer Höhe von 2 bis 5 m) für lärmmindernden Waschbeton Größtkorn 11 betrachtet und mit der Pegelreduktion gemäß Tabelle 7.25 verglichen.
Die Pegelreduktion gemäß Tabelle 7.25 beinhaltet ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen. Nachfolgend werden mögliche Einsparungspotentiale an Lärmschutz-Maßnahmen (Verringerung der Lärmschutzwand-Höhe) für reale Situationen untersucht. Die Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe wird schrittweise in 25 cm-Schritten vorgenommen und die Auswirkung im umliegenden Anrainerbereich bei unterschiedlichen Objekten (Häuserfassaden) untersucht. Die schalltechnischen Veränderungen werden mit dem Potential durch die neuen Werte für lärmarme Reifen gemäß Tabelle 7.25 verglichen.
Aus dem Vergleich mit Immissionsorten, an welchen die Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme im Verhältnis zu den anderen betrachteten Immissionsorten am ungünstigsten ausfällt (maximale schalltechnische Veränderung), kann ein minimales Restpotential berechnet werden, welches bei Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 im Verhältnis zur bisherigen Situation auch bei Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme noch vorhanden bleibt. Dieses minimale Restpotential, welches auf die ungünstigsten Fälle bezogen ist, ist in

den Tabelle 7.26 bis Tabelle 7.30 dargestellt. Weiters ist auch noch der Anteil der betrachteten Immissionsorte in Prozent dargestellt, bei welchen die Reduzierung der Lärmschutz-Maßnahme durch das Verbesserungspotential gemäß Tabelle 7.25 jedenfalls kompensiert wird.

Tabelle 7.26: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 25 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 25 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 11	0,7 dB	100 %

Tabelle 7.27: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 50 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 50 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 11	-0,3 dB	98 %

Tabelle 7.28: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 75 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 75 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 11	-1,4 dB	88 %

Tabelle 7.29: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 100 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 100 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 11	-2,0 dB	60 %

Tabelle 7.30: Verringerung der Lärmschutz-Maßnahme um 125 cm

Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe um 125 cm		
Fahrbahnbelag	**minimales Restpotential**	**Anteil betrachteter Immissionsorte bei denen die Ausgangssituation jedenfalls eingehalten ist**
LWB GK 11	-3,3 dB	39 %

In nachfolgender Tabelle 7.31 ist das Einsparungspotential bei einer Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme in Form der LSW-Fläche als auch der Kosten in Euro (bei einem Einheitspreis von 200 € / m²) dargestellt.

Tabelle 7.31: Einsparungspotential bei Reduktion der Lärmschutz-Maßnahme

Variante	LSW Fläche (m²)	Δ LSW (m²)	Einsparung (EUR)	Einsparung (%)
Ausgangssituation	28.208	-	-	-
LSW-0,25 m	26.593	-1.614	322.960	5,7
LSW-0,50 m	24.178	-4.029	805.960	14,3
LSW-0,75 m	21.963	-6.244	1.248.900	22,1
LSW-1,00 m	19.349	-8.859	1.771.860	31,4
LSW-1,25 m	16.934	-11.274	2.254.840	40,0

Wie vorstehende Rechenergebnisse zeigen, ist im Falle der Realisierung der Werte gemäß Tabelle 7.1 durchaus ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen möglich. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass eine Reduktion der Lärmschutzwand-Höhe von bis zu 25 cm für alle betrachteten Immissionsorte kompensiert werden kann. Bei einer Reduktion um 50 cm kann hier immer noch in 98% der betrachteten Fälle eine Kompensation erreicht werden. Bei stärkeren Reduktionen nimmt der Anteil an Immissionspunkten, an welchen Kompensationen möglich sind, ab.

Legt man die Auswirkungen möglicher Änderungen von Emissionswerten der RVS 04.02.11 aufgrund der Einführung schärferer Grenzwerte für das Abrollgeräusch der Reifen auf das Verkehrsaufkommen bei unveränderten Lärmschutzmaßnahmen um, so kann im gegenständlichen Beispiel bei gleichbleibender Verkehrszusammensetzung und gleichbleibenden Geschwindigkeitsverhältnissen folgende Verkehrszunahme kompensiert werden.
Ein Pegelminderungspotential von

- 1,6 dB (LWB GK 11) entspricht der Kompensation einer Verkehrserhöhung von rd. 45 %

8. ZUSAMMENFASSUNG

Um den Lärmschutz in Europa zu verbessern änderte die Europäische Kommission die Regeln für die Zulassung von neuen Reifen in der EU durch die Veröffentlichung der EU-Verordnungen 2009/661/EG und 2009/1222/EG, die neben der Nasshaftung und der Kraftstoffeffizienz ebenfalls Grenzwerte für das Abrollgeräusch der Reifen festlegen und Regelungen zur Kennzeichnung der Reifen im Hinblick auf das Abrollgeräusch enthalten. Eine Quantifizierung der Auswirkungen durch die Senkung der Schallemissionsgrenzwerte ist aber nur getrennt für jede einzelne Fahrbahndecke und Fahrzeugklasse möglich. Aus diesem Grund wurde im vorliegenden Projekt eine erste Studie zu dem Potential der Lärmreduktion durch lärmarme Reifen speziell für Österreich durchgeführt.

Im ersten Schritt hat eine statistische Analyse des österreichischen Reifenmarktes ergeben, dass der Rollgeräuschkennwert nach 2009/1222/EG für die gängigsten Reifendimensionen näherungsweise normalverteilt ist. Die Spannweite der Werte ist mit 11 dB sehr hoch, der Großteil der am Markt erhältlichen Reifen (ca. 70%) erfüllt derzeit schon den vorgeschriebenen Grenzwert, allerdings weisen viele Reifen ein Rollgeräusch auf, das genau dem Grenzwert entspricht.

Aufgrund der von der Reifenindustrie nicht veröffentlichten Verkaufszahlen kann keine direkte Aussage zum „mittleren“ in Österreich verwendeten Reifen getroffen werden. Es ist aber anzunehmen, dass aufgrund der Häufung am Rollgeräuschgrenzwert sowie der durchschnittlich mehrere Jahre alten Reifen ein mittlerer Emissionswert am Grenzwert vorliegt. Die Frage, wie sich das Reifenkollektiv in Zukunft durch die verschärften Grenzwerte ändern wird, kann ebenfalls nicht mit absoluter Sicherheit beantwortet werden. Einerseits besteht die Möglichkeit, dass sich die in den Kennwerten der Reifen derzeit sichtbare Normalverteilung zu tieferen Emissionswerten verschiebt, andererseits kann der Fall eintreten, dass lediglich Reifen mit höheren Emissionswerten vom Markt verschwinden und sich so eine abgeschnittene Normalverteilung bis zum Grenzwert hin im österreichischen Reifenkollektiv ergibt.

In einer Korrelationsanalyse konnten keine Zusammenhänge zwischen den drei verschiedenen Reifenparametern Rollgeräusch, Kraftstoffeffizienz und Nasshaftung gefunden werden. Ebenfalls konnte keine Korrelation mit dem Verkaufspreis der Reifen

erkannt werden. Es kann daher angenommen werden, dass die Reifenkennzeichnung derzeit nicht als Verkaufsargument herangezogen wird.
Weiters wurden an vier Stellen im hochrangigen österreichischen Straßennetz mit unterschiedlicher Fahrbahndecke kontrollierte Vorbeifahrtsmessungen durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen dem Reifenkennwert und der realen Situation auf Österreichs Autobahnen und Schnellstraßen zu untersuchen. Es konnte dabei festgestellt werden, dass sich zwar die Reihung der verwendeten Reifen in Bezug auf ihr Rollgeräusch zwischen Reifenkennwert und den Messungen nicht änderte, sehr wohl aber die Differenzen zwischen den einzelnen Reifen auf den deutlichen Einfluss der Fahrbahndecke schließen lassen.

Generell zeigen die Messungen unter Berücksichtigung des derzeit und in den nächsten Jahren vorhandenen Reifenkollektivs **kein Potential zur Senkung der Basis- und Kennwerte in der RVS 04.02.11**. Dazu wäre eine Senkung der mittleren Reifenlärmemission im Ausmaße des bei den Messungen festgestellten Potentials von maximal ein bis zwei dB erforderlich. Ob diese Senkung durch die derzeit gültigen Verordnungen erreicht werden kann, ist aufgrund der vorliegenden Daten nicht abschätzbar. Ebenfalls kann nicht vorhergesagt werden, in welchem Ausmaß das Rollgeräusch neben den anderen Reifenparametern die Kaufentscheidung beeinflussen wird. Betrachtet man unter diesem Aspekt nochmals die Verteilung der Rollgeräuschkennwerte, so erkennt man, dass eine Verbesserung der mittleren Reifenlärmemission von maximal ein bis zwei dB zu erwarten ist. Eine merkliche Verbesserung der Lärmsituation durch lärmarme Reifen kann daher wahrscheinlich erst durch eine weitere Verschärfung der Grenzwerte erwartet werden.

Die Auswirkungen lärmarmer Reifen wurden auf Grundlage der in diesem Projekt gewonnenen Ergebnisse für den besten Fall der flächendeckenden Verbreitung von lärmarmen Reifen für unterschiedliche Fahrbahnbeläge (lärmmindernder Waschbeton GK 8 bzw. GK 11, sowie Splitt-Mastix-Asphalt) anhand von Beispiel-Projekten quantifiziert. Die in diesem Projekt ermittelten, auf einzelne Fahrzeugkategorien bezogenen Minderungspotentiale wurden mit Reduktionen an Lärmschutz-Maßnahmen, im speziellen mit Reduktionen der Lärmschutzwand-Höhe, gegenübergestellt. Hierbei hat sich gezeigt, dass mit den hier verwendeten Ergebnissen aus den Emissionsmessungen durchaus ein Einsparungspotential an Lärmschutz-Maßnahmen gegeben ist. Die hier betrachteten Fälle zeigen, dass das erhoffte Potential durch lärmarme Reifen eine Reduktion der vorliegenden Lärmschutzwand-Höhe um etwa 50 cm und mehr ermöglicht, ohne die Lärmsituation

merklich zu verschlechtern. In bestimmten Situationen können, bei Ausschöpfen des hier angenommenen Reduktionspotentials unter der Annahme der Verbreitung von lärmarmen Reifen Reduktionen der Lärmschutzwand-Höhe von bis zu 1 m möglich sein. Neben den lärmtechnischen Aspekten wurde auch noch eine monetäre Bewertung für die verschiedenen Situationen in den Beispielprojekten durchgeführt.

Legt man die Auswirkungen möglicher Änderungen von Emissionswerten der RVS 04.02.11 aufgrund der Einführung schärferer Grenzwerte für das Abrollgeräusch der Reifen auf das Verkehrsaufkommen bei unveränderten Lärmschutzmaßnahmen um, so können bei den gegenständlichen Beispielprojekten bei gleichbleibender Verkehrszusammensetzungen und gleichbleibenden Geschwindigkeitsverhältnissen Verkehrszunahmen im Ausmaß von rd. 30 % bis 60 % kompensiert werden.

9. LITERATUR

[1] Regulation (EC) No 1222/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the labelling of tyres with respect to fuel efficiency and other essential parameters (Brussels 2009)

[2] Regulation (EC) No 661/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning type-approval requirements for the general safety of motor vehicles, their trailers and systems, components and separate technical units intended therefor (Brussels 2009)

[3] Directive 2001/43/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 amending Council Directive 92/23/EEC relating to tyres for motor vehicles and their trailers and to their fitting (Brussels 2001)

[4] UNECE Regulation R117 – Uniform provisions concerning the approval of tyres with regard to rolling sound emissions and to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance (2011)

[5] ISO 10844 – Acoustics – Specification of test tracks for measuring noise emitted by road vehicles and their tyres

[6] RVS 04.02.11 – Lärmschutz – (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2009)

[7] Bauer, S. – Sommerreifen – Preise für die gängigsten Automodelle (AK Steiermark, Graz 2012)

[8] ISO 11819-1 – Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Statistical Pass-By method

[9] Dienstanweisung – Lärmschutz an bestehenden Bundesstraßen (Autobahnen und Schnellstraßen) (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2011)

[10] Milford, I. et. al. – Value for money in road traffic noise abatement (CEDR, 2013)