



Emmen 5. Mai 2017

Entwicklung der PKW-Lärm-Emissionen bei der Zulassung

Analyse der Stand- und Vorbeifahrtmessung der Jahre 2005 bis 2015

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Auftraggeber**Bundesamt für Umwelt BAFU**

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 93 11 · Fax. +41 58 462 99 81 · info@bafu.admin.ch · www.bafu.admin.ch

Auftragnehmer**Touring Club Schweiz**

Postadresse: Buholzstrasse 40, CH-6032 Emmen

Tel. +41 58 827 36 24 · Fax. +41 58 827 69 00 · experte.mobe@tcs.ch · www.tcs.ch

Autor

Sascha Grunder · Leiter Umwelt und Energie · TCS Mobilitätsberatung

„Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.“

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1.1. Einleitung	5
2. Methoden	6
2.1. MOFIS	6
2.2. TARGADATA	6
2.3. Rahmenbedingungen	6
2.4. Messprotokoll für Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs	6
2.4.1. Anordnung des Mikrofons	6
2.4.2. Betriebsbedingungen des Motors Solldrehzahl	7
2.4.3. Das Prüfverfahren	8
2.4.4. Validierung der Prüfung	8
2.4.5. Ergebnisse	8
2.5. Auswahl der Datensätze aus MOFIS	8
2.6. Messprotokoll für Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt	8
2.6.1. Messanordnung	8
2.6.2. Messgelände	9
2.6.3. Störgeräusche und Windeinfluss	10
2.6.4. Messbedingungen	10
2.6.5. Messmethode und Betriebszustand der Fahrzeuge	10
2.6.6. Anzahl der Messungen und Auswertung	10
2.6.7. Grenzwert für Personenwagen nach VTS	10
2.6.8. Grenzwerte nach ECE Regelung Nr. 51	11
2.7. Aufbereitung der TARGADATA	12
2.7.1. Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs	12
2.7.2. Geräuschmessung mittels Vorbeifahrtmessung	12
3. Resultate	14
3.1. Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs	14
3.1.1. Allgemeine Betrachtung der Resultate über die Jahre 2005 bis 2015	14
3.1.2. Aufstellung der Resultate nach Jahr	17
3.2. Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt	20
3.2.1. Allgemeine Betrachtung der Resultate über die Jahre 2005 bis 2015	20
3.2.2. Aufstellung der Resultate nach Jahr	23
4. Diskussion	26
4.1. Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs	26
4.2. Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt	28
4.2.1. Entwicklung Reifenbreiten und -dimensionen	29
4.3. Fahrzeugentwicklung	31
4.3.1. Dieselbetriebene Fahrzeuge	31
4.4. Benzinbetriebene Fahrzeuge	32
4.4.1. Entwicklung des Fahrzeuggewichts	32
4.5. Fazit	33
5. Verzeichnisse	34
5.1. Abbildungen	34
5.2. Tabellen	34
6. Anhang	35

Zusammenfassung

Die vorliegende Analyse soll aufzeigen, ob und in welchem Ausmass sich die Lärmemissionen von Personenwagen in der Schweiz innerhalb der letzten Dekade (2005 bis 2015) verändert haben. Im Fokus der Betrachtungen standen nicht die Gesamtemissionen, sondern die Auswirkungen der Motorentwicklungen und insbesondere der Abgasnachbehandlungen auf den emittierten Schallpegel. Grundlage für die Bewertung der Lärmemissionen bilden einerseits die Messwerte der Standmessung im Nahfeld, andererseits die Werte aus der Vorbeifahrtmessung. Diese Messwerte werden in der Schweiz analog dem ECE-Reglement Nr. 51 erhoben und sind in der Schweizerischen Fahrzeug-Typengenehmigung zu finden.

In der vorliegenden Studie wurden nur serienmässig hergestellte neue Personenwagen bis 3'500 kg Gesamtgewicht mit höchstens neun Sitzplätzen (M1) betrachtet.

Für die Jahre 2005 bis 2015 konnten für die Messungen im Nahfeld des Auspuffs jeweils zwischen 95.7 und 99.7 Prozent, für die Vorbeifahrtmessungen 99.2 und 99.8 Prozent aller neu immatrikulierten Fahrzeuge aus MOFIS den korrespondierenden Werten aus TARGA zugeordnet werden. Dies ermöglicht sehr präzise Aussagen über die Entwicklung der emittierten Schallpegel.

Die Analyse zeigt, dass die Schallpegel, welche mittels der Standmessung im Nahfeld gemessen wurden, in den Jahren 2005 bis 2015 kontinuierlich abgenommen haben. Bei der Betrachtung der gemittelten Messwerte für das Jahr 2005 fällt ein Schallpegel von 81.17 dB(A) auf. Das ist der höchste Wert aller untersuchten Jahrgänge. Vergleicht man die gemittelten Messwerte der Jahre 2005 bis 2015 lässt sich ein kontinuierlicher Rückgang feststellen. 2015 resultierte mit 75.86 dB(A) der tiefste Wert der analysierten Jahre. Somit ging der gemittelte Messwert in den vergangenen 10 Jahren um 5.3 dB(A) zurück. Als weitere Erkenntnis lässt sich festhalten, dass der Prozentsatz von Fahrzeugen mit Schallpegeln unter 76 dB(A) über die Jahre enorm angestiegen ist. 2005 emittierten nur 3.4% aller immatrikulierten Fahrzeuge Schallpegel unter 76 dB(A). Bis 2015 kletterte dieser Anteil auf 45.8%. Im Gegenzug nahm in dieser Periode der Anteil der Fahrzeuge mit Schallpegeln über 86 dB(A) von 10.7 auf 5.8 % ab. Es existieren immer noch sehr laute Fahrzeuge mit Schallpegeln über 105 dB(A). Die absolute Anzahl solcher Fahrzeuge ist aber vernachlässigbar klein.

Zudem konnte zudem aufgezeigt werden, dass sowohl benzin- als auch dieselbetriebene Fahrzeuge über die Jahre bei der Standmessung im Nahfeld weniger Schallemissionen emittieren. Technisch gesehen ist dies eine erfreuliche Entwicklung und auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden kann.

Bei Dieselfahrzeugen lassen sich die tieferen Schallpegel unter anderem auf die seit 2005 immer häufiger im Abgaskanal in Serie geschalteten Bauteile wie zum Beispiel den Partikelfilter, zurückführen. Zudem wird von den Fahrzeugingenieuren eine „weichere“ Verbrennung angestrebt. Mehrfach-Einspritzungen bei modernen Common-Rail-Systemen und schneller arbeitende Piezo-Einspritzinjektoren führen zu deutlich leiseren Verbrennungsprozessen. Dies erhöht den Komfort und hat einen positiven Einfluss auf den Schallpegel.

Zur Steigerung der Energieeffizienz geht der Trend bei benzinbetriebenen Fahrzeugen in Richtung Downsizing. Dies hat in vielen Fällen positive Auswirkungen auf den Schallpegel. Allein die Tatsache, dass Motoren mit kleinem Hubraum und Turbolader verbaut werden, kann zu einer Reduzierung der gemessenen Schallpegel führen.

Betrachtet man die Analyse für die Vorbeifahrtmessungen zeigt sich ein analoges Bild. Auch hier haben die durchschnittlichen Lärmemissionen über die Jahre abgenommen. Der gemittelte Messwert für das Jahr 2005 zeigt einen Schallpegel von 72.72 dB(A). 2015 resultiert mit 70.69 dB(A) der tiefste Wert der analysierten Jahre. Somit hat der gemittelte Messwert bei der Vorbeifahrtmessung in den letzten 11 Jahren um 1.6 dB(A) abgenommen.

Interessant ist der Umstand, dass in der gleichen Periode nicht nur die Felgengrösse, sondern auch die Reifenbreite bei den Erst-Ausrüstern zugenommen hat. Wurde im 2005 noch mehrheitlich mit der Dimension 195/R15 ausgerüstet, kommt im 2015 im Durchschnitt 215/R16 zum Zuge.

1.1. Einleitung

Grosse Teile der Schweizer Bevölkerung sind erhöhten Lärmbelastungen ausgesetzt. Tagsüber leiden rund 1.75 Millionen Menschen unter lästigem oder gar schädlichem Verkehrslärm. Dabei macht der Strassenverkehrslärm mit nahezu 92% den grössten Anteil aus. Tagsüber ist jeder 6. und während der Nacht jeder 5. an seinem Wohnort Verkehrslärmbelastungen ausgesetzt, die über den Immissions-grenzwerten der Lärmschutzverordnung liegen. Grund für die momentane Situation ist die signifikante Zunahme des Verkehrs während den letzten Dekaden. Der motorisierte Personenverkehr hat sich seit den 70er Jahren verdoppelt. Vergleicht man die Fahrleistung¹ der Personenwagen zwischen 1970 und 2011 – 23'387 Mio. km gegenüber 54'148 Mio. km – spiegelt sich diese Verdoppelung in Zahlen wieder.

Laut ARE betragen die gesamten Lärmkosten infolge des Verkehrs für das Jahr 2013 CHF 1.9 Mia. Der Strassenverkehr ist mit CHF 1.6 Mia. für den Grossteil der Kosten verantwortlich (82%), während auf den Schienenverkehr CHF 0.3 Mia. (15%) und auf den Luftverkehr CHF 0.05 Mia. (3%) entfallen.

Der Bund definiert mit dem Umweltschutzgesetz und der Lärmschutzverordnung die Rahmenbedingungen für die Lärmbekämpfung. Prioritär zielt die Gesetzgebung darauf ab, die Lärmemissionen an der Quelle zu reduzieren. Im Strassenverkehr dominiert das Abrollgeräusch der Reifen ab ca. 30 km/h die Lärmemissionen der Personenwagen. Um das Abrollgeräusch zu reduzieren kommen neben leisen Reifen optimierte Strassenbeläge zum Einsatz. Da in der Schweiz die Bevölkerung zunimmt und damit der Verkehr wächst, werden die Massnahmen an der Quelle immer wichtiger. In den Städten, wo die Geschwindigkeiten eher gering sind, ist auch das Motorengeräusch ein Thema.

Aus diesen Gründen hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) den Touring Club Schweiz (TCS) mit einer Studie beauftragt, die aufzeigen soll, wie sich die Lärmemissionen des Standgeräusches der Personenwagen in der Schweiz über die letzte Dekade verändert haben.

¹ BFS, Leistungen des motorisierten privateren Personenverkehrs auf der Strasse USV.T.05

2. Methoden

2.1. MOFIS

Bereits 1945 wurde eine zentrale Kontrolle über Motorfahrzeuge und Anhänger eingeführt. Die Grundlage dafür war im Artikel 77 des damaligen Motorfahrzeuggesetzes zu finden. Ausführende Instanz bildete die damals gegründete Eidgenössische Fahrzeugkontrolle (EFKO). In den 80er-Jahren wurde die Informatiklösung MOFIS in Betrieb genommen. Ab diesem Zeitpunkt standen die Angaben zum gesamten Schweizer Fahrzeugbestand digital aufbereitet zur Verfügung. In MOFIS sind gegenwärtig rund 13,5 Millionen Fahrzeuge abgelegt. Davon sind rund 4.2 Mio. Personenwagen eingelöst. Seit Oktober 2003 wird parallel zur alten MOFIS-Datenbank ein neues System betrieben. Einerseits bilden nun drei einzelne Datenbanken (Halter-, Schilder- und Fahrzeuge) die Grundlage für die Halter- und Fahrzeugdaten, andererseits wurden verschiedene Schnittstellen geschaffen:

- Strassenverkehrsamt (StVA)
- Recherches informatisées de police (RIPOL)
- Leistungsabhängige Strassenverkehrsabgabe (LSVA)
- TARGA
- Clearingstelle und elektronischer Versicherungsnachweis (CLS, eVn)
- Nationales Versicherungsbüro (NVB)
- Armee (VBS)
- Bundesamt für Statistik (BFS)

2.2. TARGADATA

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) führt ein Informationssystem (www.targadata.ch), das für serienmässig hergestellte Motorfahrzeuge und Motorfahrzeuganhänger die Daten für die Zulassung und Überprüfung enthält. Das ASTRA stellt fest, ob die schweizerischen Vorschriften der Typengenehmigung gemäss Art. 12 Abs. 1 des Strassenverkehrsgesetzes (SVG) vom 19. Dezember 1958 eingehalten werden. Mit der Ausstellung einer schweizerischen Typengenehmigung bzw. einem schweizerischen Datenblatt wird dies bestätigt; die korrespondierenden Daten werden in der TARGA-DATA hinterlegt. Diese werden auf Anfrage grundsätzlich bekannt gegeben.

2.3. Rahmenbedingungen

Die Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS 741.41) regelt die Geräuschmessung und die damit verbundenen Anforderungen an Motorfahrzeuge, die typengenehmigt werden. Neben der Vorbeifahrtsmessung muss eine Standmessung im Nahfeld des Auspuffs durchgeführt werden.

Grundlage für die Lärmabschätzung neu immatrikulierter Personenwagen bilden einerseits die Messwerte der Standmessung im Nahfeld des Auspuffs. Andererseits dürfen Fahrzeuge die korrespondierenden Grenzwerte bei der Lärmmessung bei der Vorbeifahrt nicht überschreiten. Diese Messwerte werden analog dem ECE-Reglement Nr. 51 erhoben und sind im Datenblatt der Schweizerischen Fahrzeug-Typengenehmigung (TARGA-DATA²) zu finden. In der vorliegenden Studie wurden nur serienmässig hergestellte, neue Personenwagen bis 3'500 kg Gesamtgewicht mit höchstens neun Sitzplätzen (M1) betrachtet; also nur TG-Nummern der Gruppe 1 (z.B. 1PF3 67 – Porsche 911 GT3). Andererseits wurden die jeweils pro Jahr im Zeitraum zwischen 2004 bis 2014 neu in Verkehr gesetzten Fahrzeuge untersucht. Die Grundlage dafür bildet das Motorfahrzeug-Informationssystem MOFIS der Eidgenössischen Fahrzeugkontrolle (EFKO).

2.4. Messprotokoll für Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs

Im Folgenden wird das Messprotokoll für die Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs (siehe Abbildung 1) nach ECE-Regelung 51 – 3.2.5.3 kurz beschrieben.

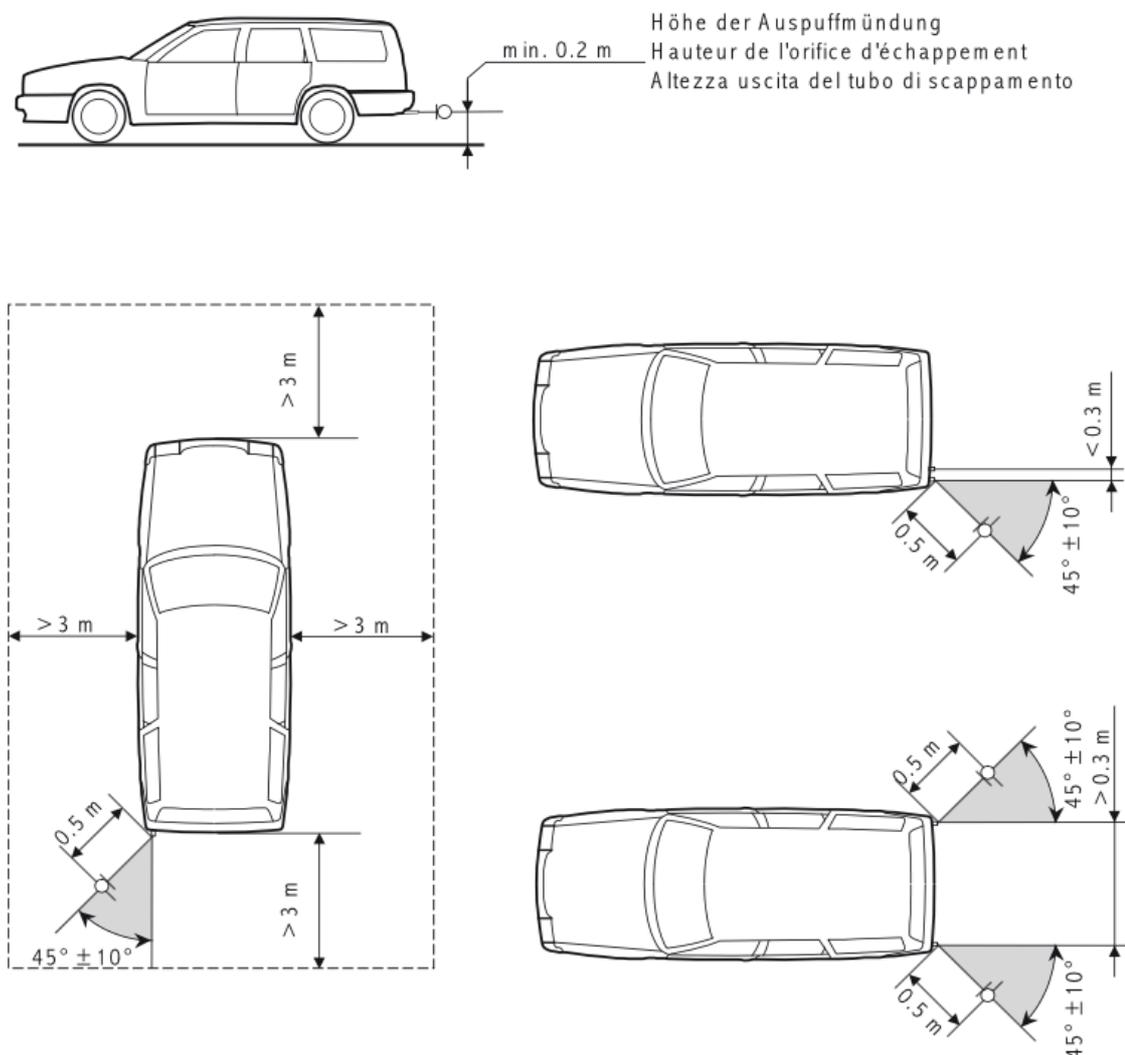
2.4.1. Anordnung des Mikrofons

Das Mikrophon ist in einem Abstand von $0,5\text{ m} \pm 0,01\text{ m}$ von dem in Abbildung 1 dargestellten Bezugspunkt des Auspuffrohres und in einem Winkel von $45^\circ \pm 10^\circ$ zur Achse des Auspuffendrohrs und in Höhe des Bezugspunktes, mindestens jedoch $0,2\text{ m}$ über dem Boden aufzustellen. Die Bezugsachse des Mikrofons muss parallel zum Boden verlaufen und auf den Bezugspunkt an der Auspuffmündung

² TARGA bedeutet technische Angaben, Rauch, Geräusch und Abgas - DATA bedeutet Informationen beziehungsweise Links zu allen motorisierten und nicht motorisierten Strassenfahrzeugen

ausgerichtet sein. Sind zwei Mikrofonstellungen möglich, so ist diejenige mit dem grösseren seitlichen Abstand von der Längsmittlebene des Fahrzeugs zu wählen. Bildet die Achse des Auspuffendrohrs einen rechten Winkel mit der Längsmittlebene des Fahrzeugs, so ist das Mikrofon an dem Punkt aufzustellen, der am weitesten vom Motor entfernt ist.

Abbildung 1 Messanordnung – Standmessung im Nahfeld des Auspuffs



Bei Auspuffanlagen mit mehreren Mündungen, deren Abstand grösser als 0,3 m ist, ist für jede Mündung eine Messung vorzunehmen. Der grösste gemessene Wert ist festzuhalten.

Bei Auspuffanlagen mit mehreren Mündungen, deren Abstand nicht grösser als 0,3 m ist und die mit demselben Schalldämpfer verbunden sind, ist nur eine Messung vorzunehmen, wobei das Mikrofon auf die Mündung auszurichten ist, die der Fahrzeugaussenseite am nächsten liegt oder, falls dies nicht zutrifft, auf die Mündung, die am höchsten über dem Boden liegt.

Bei Fahrzeugen mit senkrechtem Auspuffendrohr (z.B. bei Nutzfahrzeugen) ist das Mikrofon in Höhe der Auspuffmündung anzuordnen. Die Mikrofonachse ist senkrecht und nach oben zu richten. Das Mikrofon muss sich in einem Abstand von $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ vom Bezugspunkt des Auspuffrohrs, jedoch mindestens 0,2 m von der der Auspuffmündung am nächsten liegenden Fahrzeugseite befinden.

Liegt die Auspuffmündung unter dem Boden des Fahrzeugs, so ist das Mikrofon mindestens 0,2 m vom nächstgelegenen Teil des Fahrzeugs entfernt, so nahe wie möglich am Bezugspunkt des Auspuffs, jedoch mindestens 0,5 m von ihm entfernt und in einer Höhe von 0,2 m über dem Boden und so zu platzieren, dass es nicht vom Abgasstrom erfasst wird. Es kann in einigen Fällen unmöglich sein, den Winkel von $45^\circ \pm 10^\circ$ von einzuhalten.

2.4.2. Betriebsbedingungen des Motors Solldrehzahl

Die Solldrehzahl beträgt:

- 75 % der Drehzahl S bei einer Nenndrehzahl $\leq 5\,000 \text{ min}^{-1}$
- $3\,750 \text{ min}^{-1}$ bei einer Nenndrehzahl über $5\,000 \text{ min}^{-1}$ und unter $7\,500 \text{ min}^{-1}$
- 50 % der Drehzahl S bei einer Nenndrehzahl $\geq 7\,500 \text{ min}^{-1}$

Lässt sich die erforderliche Drehzahl nicht erreichen, so gilt als Sollwert die Messung des Standgeräuschs die höchste mögliche Motordrehzahl, vermindert um fünf Prozent.

2.4.3. Das Prüfverfahren

Die Motordrehzahl ist allmählich von der Leerlaufdrehzahl bis zum Sollwert zu steigern und mit einer Toleranz von $\pm 3\%$ auf dem Sollwert zu halten. Dann ist die Drosseleinrichtung schlagartig in Leerlaufstellung zu bringen und die Motordrehzahl auf Leerlaufdrehzahl zurückfallen zu lassen. Der Schallpegel ist während eines Betriebsablaufes zu messen, der ein Halten auf Sollwert während einer Sekunde und die gesamte Dauer des Drehzahlabfalls umfasst. Als Prüfergebnis gilt der höchste Anzeigewert des Messgerätes, mathematisch gerundet auf die erste Dezimalstelle.

2.4.4. Validierung der Prüfung

Die Messung ist gültig, wenn die Motordrehzahl während mindestens einer Sekunde um nicht mehr als $\pm 3\%$ vom Sollwert abweicht.

2.4.5. Ergebnisse

An jedem Messpunkt sind mindestens drei Messungen vorzunehmen. Der bei jeder der drei Messungen abgelesene höchste A-bewertete Schalldruckpegel ist festzuhalten. Zur Ermittlung des Ergebnisses für den jeweiligen Messpunkt werden die ersten drei aufeinander folgenden gültigen Messwerte (Voraussetzungen für die Gültigkeit: siehe die nicht die Beschaffenheit des Prüfgeländes betreffenden Bestimmungen des Absatzes 2.1) herangezogen, die sich nach Streichung der ungültigen Werte ergeben und die in einem Bereich von nicht mehr als 2 dB(A) streuen. Als Endergebnis gilt der höchste Geräuschpegel aller Messungen in allen Messpunkten.

2.5. Auswahl der Datensätze aus MOFIS

Es wurden nur Fahrzeuge der Fahrzeuggruppe³ «001» selektiert. Datensätze die keine TG⁴ der Form «1AA130» aufweisen, wurden nicht in die Betrachtung einbezogen. Bei Datensätzen, die ein «X» als Markencode aufweisen handelt es sich um einen Direktimport. Diese wurden nicht berücksichtigt. Des Weiteren wurden pro Jahrgang nur diese Datensätze verwendet, die im korrespondierenden Jahr erstmals in Verkehr gesetzt wurden (z.B. für die MOFIS Fahrzeugflotte von 2005 werden nur diejenigen Datensätze verwendet, die auch im 2005 erstmals in Verkehr gesetzt wurden), auch wenn es sich um ältere Fahrzeuge handelt, die in der Schweiz zum ersten Mal in Verkehr gesetzt wurden.

2.6. Messprotokoll für Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt

2.6.1. Messanordnung

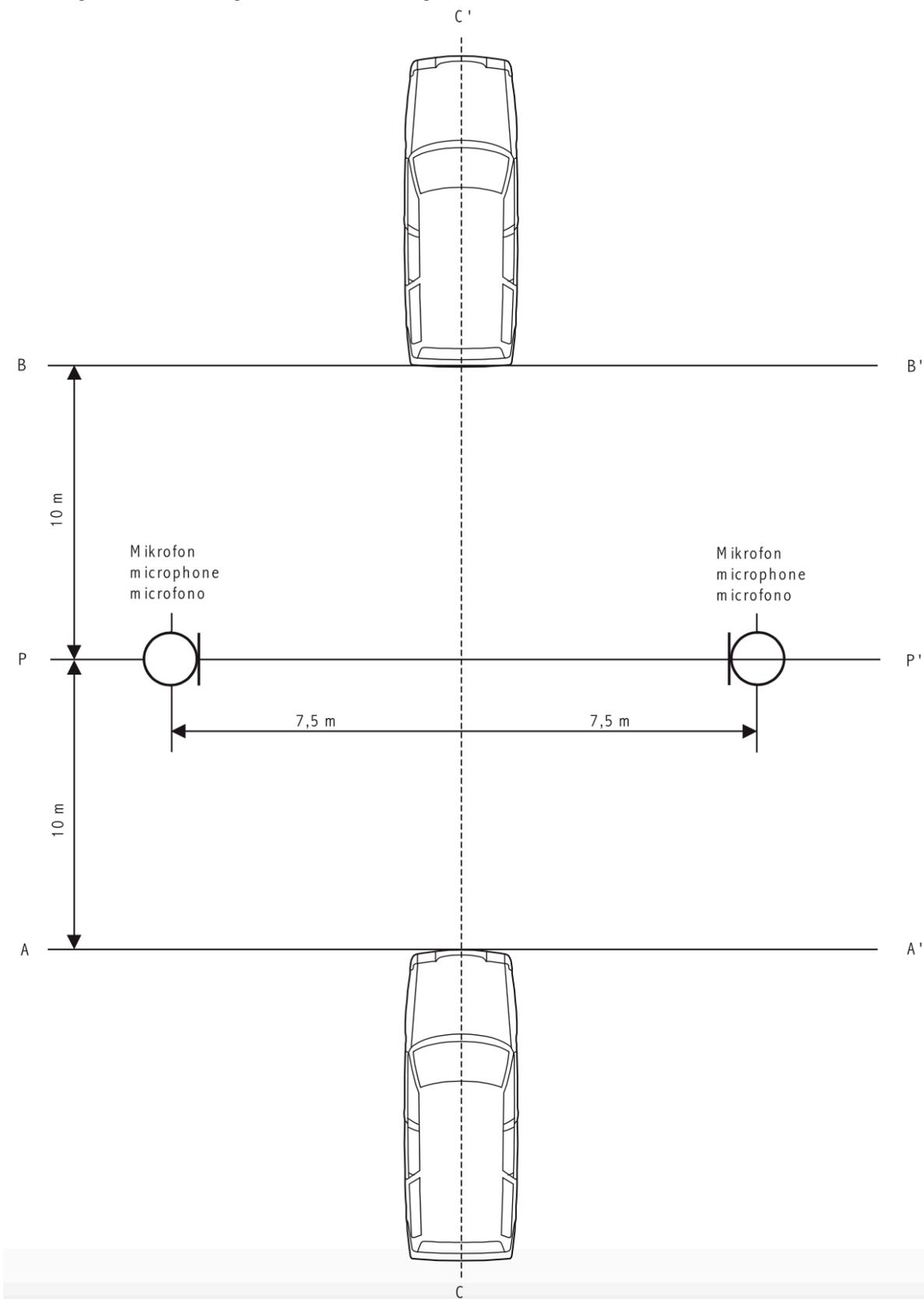
Das Mikrofon ist 1,20 m \pm 0,10 m über dem Boden und in 7,50 m \pm 0,20 m Abstand von der Mitte der Fahrspur CC' anzuordnen. Die Achse seiner höchsten Empfindlichkeit ist waagrecht anzuordnen; sie muss senkrecht zur Bahn des Fahrzeugs verlaufen (Linie CC').

Auf der Prüfstrecke sind zwei Linien AA' und BB' zu markieren, die parallel zur Linie PP' verlaufen und 10 m vor bzw. hinter dieser Linie liegen. Das Fahrzeug muss sich der Linie AA' mit gleichförmiger Geschwindigkeit entsprechend den Bedingungen nach Ziffer 35 nähern. Bei Erreichen der Linie AA' ist das Fahrzeug maximal zu beschleunigen (bei Fahrzeugen mit automatischem Getriebe ohne Betätigung der «Kickdown-Vorrichtung»), bis das Fahrzeugheck die Linie BB' überquert; in diesem Augenblick ist das Gaspedal bzw. der Gasdrehgriff loszulassen. Als Messergebnis gilt der höchste festgestellte Schallpegel.

³ Bei der Kategorie 001 handelt es sich um Personenwagen aus Serienproduktion unter 3'500 kg Gesamtgewicht und mit max. neun Sitzplätzen (M).

⁴ 1-AA-130: 1: Fahrzeuggruppe – AA: Markencode – 370: Modellindex

Abbildung 2 Messanordnung – Vorbeifahrtmessung



2.6.2. Messgelände

Geräuschmessungen sind auf einem freien, möglichst ebenen Platz durchzuführen. Der Platz (mindestens zwischen den Linien AA' und BB') muss einen Strassenbelag aus Beton oder Asphalt aufweisen. Er darf nicht mit Schnee bedeckt sein und kein übermässiges Reifengeräusch verursachen. Auf beiden Seiten der Fahrspur CC' muss mindestens 10 m Strassenbelag sein. Im Umkreis von 20 m um das Mikrofon dürfen keine schallreflektierenden Gegenstände vorhanden sein. Grössere Hindernisse müssen mindestens 50 m entfernt sein.

2.6.3. Störgeräusche und Windeinfluss

Die Messungen müssen bei gutem, möglichst windstillem Wetter stattfinden. Am Mikrofon ist ein Windschutz anzubringen. Der Umgebungsschallpegel und andere Geräusche, die nicht vom Fahrzeug stammen, sowie allfällige Windeinwirkungen müssen mindestens 10 dB(A) niedriger liegen als das Fahrgeräusch. Zwischen dem Fahrzeug und den Mikrofonen und unmittelbar hinter diesen dürfen sich während der Messung keine Personen aufhalten.

2.6.4. Messbedingungen

Die Messungen sind am leeren, nur mit dem Fahrzeugführer oder mit der -führerin besetzten Fahrzeug und ohne Anhänger oder Sattelanhänger durchzuführen.

Vor Beginn der Messungen muss der Motor auf seine normalen Betriebsbedingungen gebracht werden, namentlich in Bezug auf Temperaturen, Einstellungen, Zündkerzen, Vergaser und andere Teile. Bei automatisch gesteuerten Lüftern darf anlässlich der Geräuschemessung nicht in die Schaltautomatik eingegriffen werden. Bei Fahrzeugen mit mehr als zwei angetriebenen Rädern ist nur die für normalen Strassenbetrieb vorgesehene Kraftübertragung einzuschalten. Die Reifen müssen von einem Typ sein, der vom Hersteller oder von der Herstellerin üblicherweise auf diesem Fahrzeug montiert wird; der Reifendruck bzw. die Reifendrucke müssen den Anforderungen an ein nicht beladenes Fahrzeug entsprechen.

2.6.5. Messmethode und Betriebszustand der Fahrzeuge

Ist der Personenwagen mit einem Schaltgetriebe ausgerüstet und hat nicht mehr als vier Gänge wird im zweiten Gang geprüft. Besitzt er hingegen mehr als vier Gänge, wird er nacheinander im zweiten und im dritten Gang geprüft. Aus den beiden ermittelten Schallpegeln wird das arithmetische Mittel gebildet. Das Fahrzeug muss mit einer konstanten Geschwindigkeit von 50 km/h mit einer Toleranz von ± 1 km/h der Linie AA' nähern. Eine konstante Annäherungsgeschwindigkeit ≤ 50 km/h darf resultieren, wenn die konstante Motordrehzahl mit einer Toleranz von ± 2 % oder ± 50 min⁻¹ (je nachdem oder mit einer, welcher Wert größer ist) bei der Annäherung dreiviertel der bauartbedingten Höchstdrehzahl überschreitet.

Bei Personenwagen mit automatischen Getrieben, die mehrere Vorwärts- Vorwählstufen aufweisen, muss die gleichförmige Annäherungsgeschwindigkeit in der entsprechenden Vorwählstufe der niedrigeren der beiden folgenden Geschwindigkeiten entsprechen:

- Dreiviertel der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit (gemessen bei der höchsten Motordrehzahl der grössten Motornutzleistung)
- 50 km/h

Bei Personenwagen mit automatischem Getriebe und mehr als zwei getrennten Übersetzungen zu einem Zurückschalten in die kleinste Abstufung, so kann der Hersteller oder die Herstellerin sich für eines der beiden folgenden Prüfverfahren entscheiden:

- entweder wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf höchstens 60 km/h erhöht, um dieses Zurückschalten zu verhindern;
- oder die Geschwindigkeit von 50 km/h wird beibehalten, die Treibstoffzufuhr zum Motor jedoch auf höchstens 95 Prozent der für die Vollast erforderlichen Menge begrenzt; diese Bedingung gilt als erfüllt: bei Motoren mit Fremdzündung, wenn der Öffnungswinkel der Drosselklappe 90 Prozent beträgt oder bei Motoren mit Selbstzündung, wenn die Bewegung der Regelstange der Einspritzpumpe auf 90 Prozent ihres Hubes begrenzt wird.

2.6.6. Anzahl der Messungen und Auswertung

Auf jeder Seite des Fahrzeugs ist mindestens je eine Messreihe mit zwei Messungen vorzunehmen. Um der Ungenauigkeit der Messgeräte Rechnung zu tragen, sind die während der Messung von den Geräten abgelesenen Werte um 1 dB(A) zu verringern. Die Messungen sind nur gültig, wenn der Unterschied zwischen den zwei aufeinanderfolgenden Messungen auf derselben Seite des Fahrzeugs nicht mehr als 2 dB(A) beträgt. Massgebend für die Beurteilung des Geräusches ist der höchste gemessene Schallpegel. Falls dieser Wert den für das zu prüfende Fahrzeug geltenden Grenzwert um nicht mehr als 1 dB(A) überschreitet, ist eine zweite Messreihe mit je zwei Messungen durchzuführen. Pro Fahrzeugseite müssen von den zwei Messreihen drei der vier erhaltenen Messergebnisse innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen liegen.

2.6.7. Grenzwert für Personenwagen nach VTS

Für leichte Motorwagen, mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von höchstens 25 km/h beträgt der Grenzwert in der Schweiz generell 77 dB(A).

2.6.8. Grenzwerte nach ECE Regelung Nr. 51

Fahrzeugtyp	Grenzwert
Fahrzeuge zur Personenbeförderung mit mehr als neun Sitzen, einschließlich des Fahrersitzes und mit einer höchstzulässigen Masse von nicht mehr als zwei Tonnen	76
Fahrzeuge zur Personenbeförderung mit mehr als neun Sitzen, einschließlich des Fahrersitzes und mit einer höchstzulässigen Masse von mehr als zwei Tonnen aber weniger als 3.5	77

- Bei Personenwagen mit Selbstzündungsmotor mit Direkteinspritzung sind Grenzwerte um ein dB(A) zu erhöhen
- Bei Geländefahrzeugen deren höchstzulässige Masse mehr als zwei Tonnen beträgt, sind die Grenzwerte bei einer Motorenleistung kleiner 150 kW um ein dB(A) und bei einer Motorenleistung ab 150 kW um zwei dB(A) zu erhöhen.
- Bei Fahrzeugtypen, die mit einem Getriebe mit mehr als vier Vorwärtsgängen und mit einem Motor mit einer Höchstleistung von mehr als 140 kW ausgerüstet sind und deren Verhältnis von Höchstleistung zu Höchstmasse mehr als 75 kW/t beträgt, sind die Grenzwerte um ein dB(A) zu erhöhen, wenn die Geschwindigkeit, mit der die hintere Fahrzeugbegrenzung die Linie BB' im dritten Gang passiert, mehr als 61 km/h beträgt.

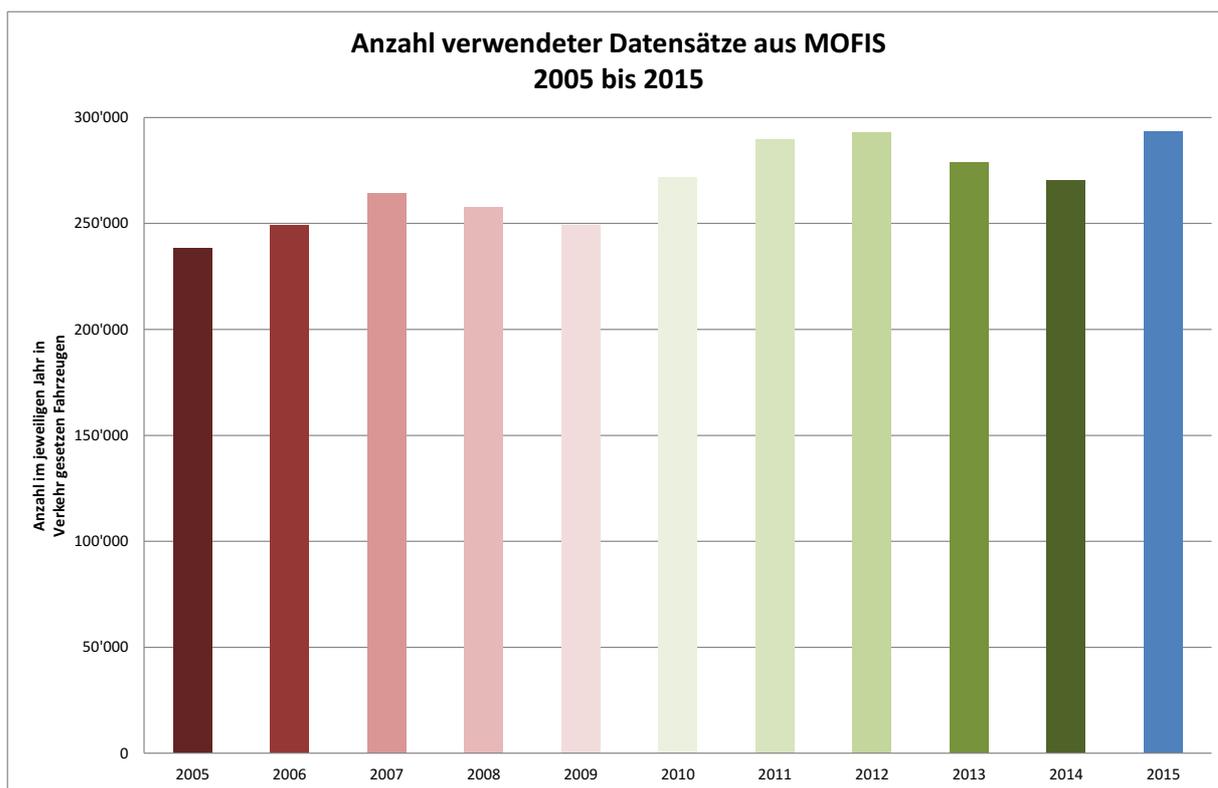
2.7. Aufbereitung der TARGADATA

2.7.1. Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs

Um eine optimale Zuordnung der TARGADATA zu den MOFIS-Daten zu garantieren, mussten die Lärmwerte (Standmessung im Nahfeld - Position 72) aus TARGA-DATA soweit reduziert werden, dass pro TG genau ein Messwert zur Verfügung stand. Existieren pro TG mehr als ein Messwert⁵ wurde aus diesen ihr Mittelwert gebildet. Diese linear approximierten Werte wurden in der Folge weiterverwendet. Die aufbereiteten Lärmwerte aus TARGA-DATA wurden in der Folge den Datensätzen aus MOFIS zugeordnet. Die resultierenden Daten bilden die Grundlage für die Studie.

Tabelle 1: Datengrundlage - Standmessung im Nahfeld

Jahr	Anzahl Fahrzeuge ⁶	[%] ⁷	Jahr	Anzahl Fahrzeuge ⁶	[%] ⁵
2005	238'475	95.7	2010	271'989	99.4
2006	249'157	96.3	2011	289'764	99.4
2007	264'225	97.5	2012	293'195	99.7
2008	257'631	98.3	2013	279'055	99.7
2009	249'473	98.9	2014	270'448	99.7
			2015	293'735	99.4



2.7.2. Geräuschmessung mittels Vorbeifahrtmessung

Analog zu den Lärmwerten aus der Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs wurden die Messwerte (Vorbeifahrtmessung) aus TARGA-DATA soweit reduziert, dass pro TG genau ein Messwert zur

⁵ In TARGA-DATA können mehrere Einträge pro TG existieren. Insbesondere, wenn z.B. unterschiedliche Varianten des Fahrzeuges unterschiedliche CO₂-Emissionen aufweisen. In der Regel hat dies aber nur selten Auswirkungen auf die Stillstand-Lärmmessung. Aus diesem Grund haben wir die Lärmwerte über die Bildung des Mittelwertes approximiert.

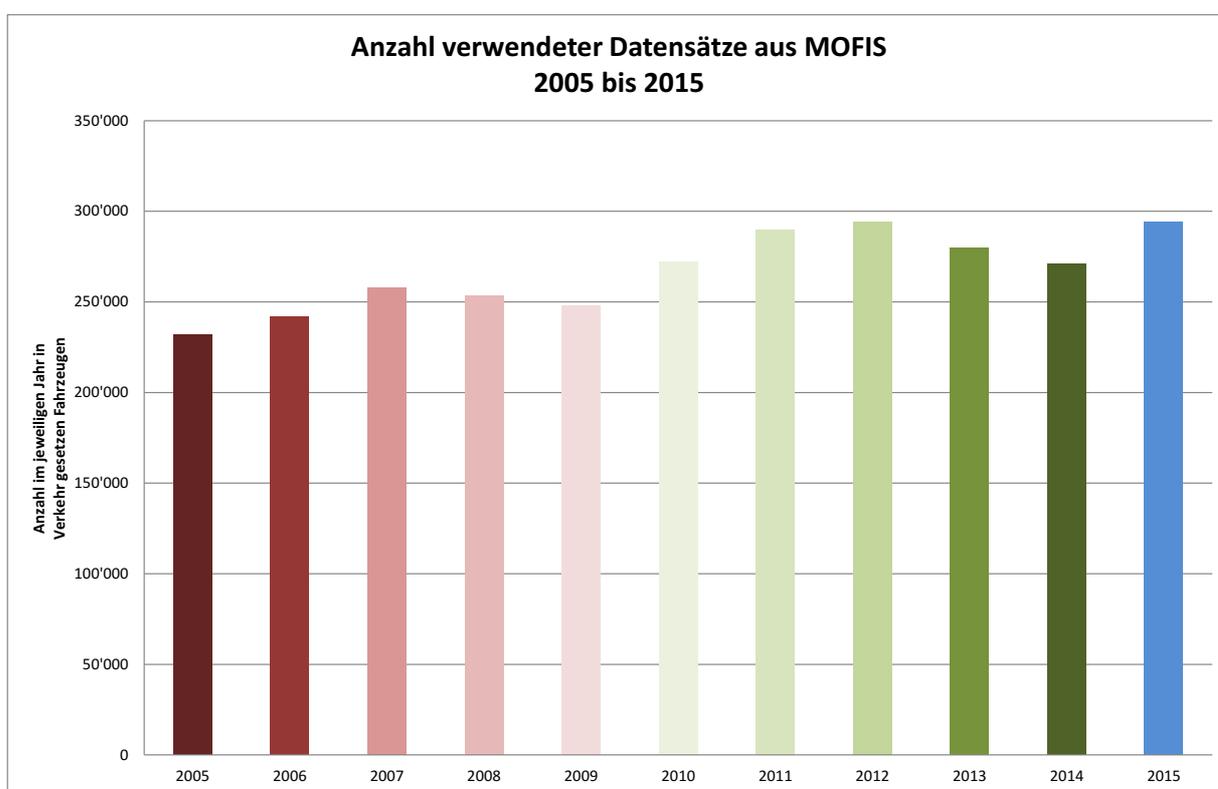
⁶ Es flossen neu immatrikulierter Fahrzeuge, welche eine TG in MOFIS aufwiesen (TG mit dem Wert «X» wurden nicht berücksichtigt) in die Statistik. Bei Elektrofahrzeugen wird laut ECE Regelung 51 auf eine Messung im Nahfeld verzichtet. Die Fahrzeuge weisen den Messwert 0 auf.

⁷ Prozentsatz der Fahrzeuge für welche eine Zuordnung MOFIS zu TARGADATA möglich war.

Verfügung stand. Existieren pro TG mehr als ein Messwert⁸ wurde aus diesen ihr Mittelwert gebildet. Diese linear approximierten Werte wurden in der Folge weiterverwendet.

Tabelle 2: Datengrundlage - Vorbeifahrtmessung

Jahr	Anzahl Fahrzeuge ⁹	[%] ¹⁰	Jahr	Anzahl Fahrzeuge ⁶	[%] ⁵
2005	232'324	95.4	2010	272'022	99.4
2006	241'719	96.3	2011	289'941	99.5
2007	258'145	97.5	2012	294'180	99.7
2008	253'259	98.3	2013	280'016	99.7
2009	248'128	99.0	2014	270'779	99.7
			2015	294'356	99.4



⁸ In TARGA-DATA können mehrere Einträge pro TG existieren. Insbesondere, wenn z.B. unterschiedliche Varianten des Fahrzeuges unterschiedliche CO₂-Emissionen aufweisen. In der Regel hat dies aber nur selten Auswirkungen auf die Stillstand-Lärmmessung. Aus diesem Grund haben wir die Lärmwerte über die Bildung des Mittelwertes approximiert.

⁹ Es flossen nur Datensätze, welche eine TG in MOFIS aufwiesen (TG mit dem Wert «X» wurden nicht berücksichtigt). Bei Elektrofahrzeugen wird laut ECE Regelung 51 auf eine Messung im Nahfeld verzichtet. Die Fahrzeuge weisen den Messwert 0 auf.

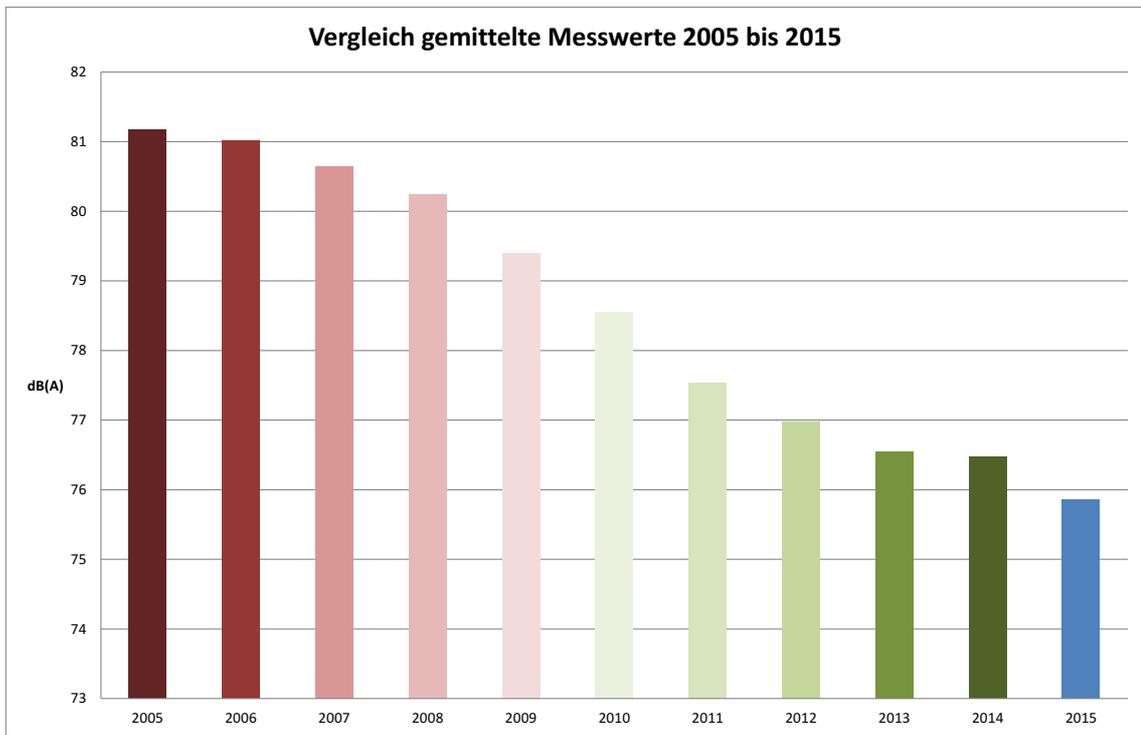
¹⁰ Prozentsatz der Fahrzeuge für welche eine Zuordnung MOFIS zu TARGADATA möglich war.

3. Resultate

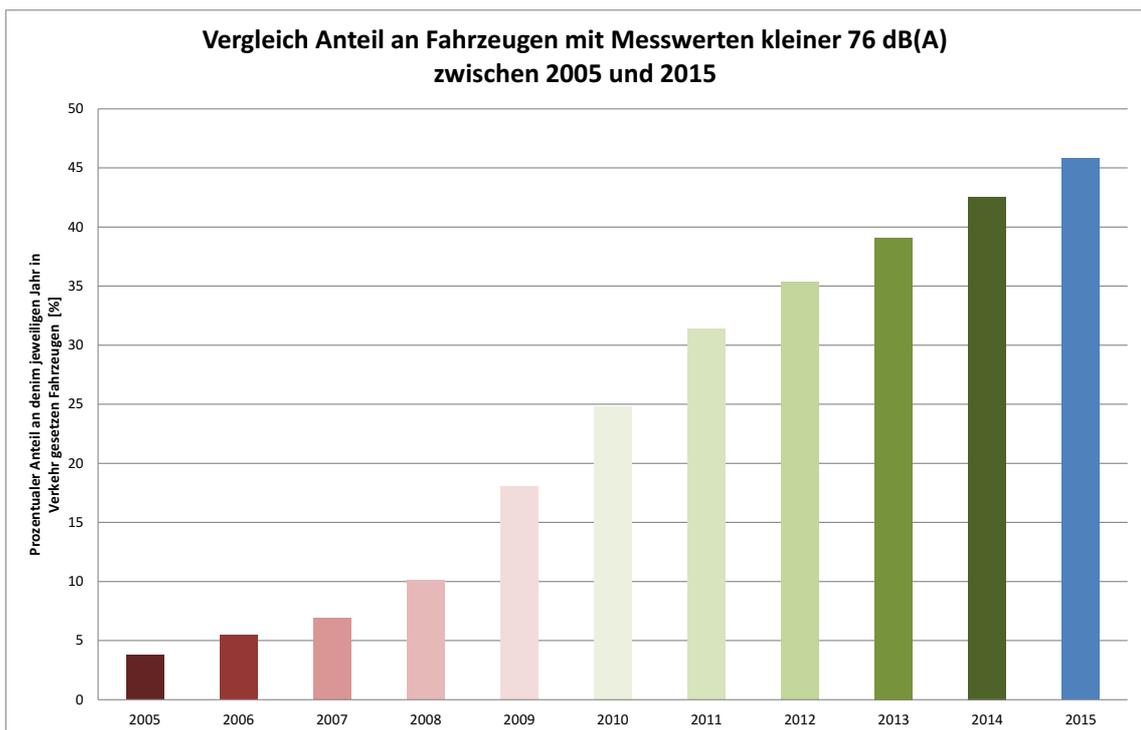
3.1. Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs

3.1.1. Allgemeine Betrachtung der Resultate über die Jahre 2005 bis 2015

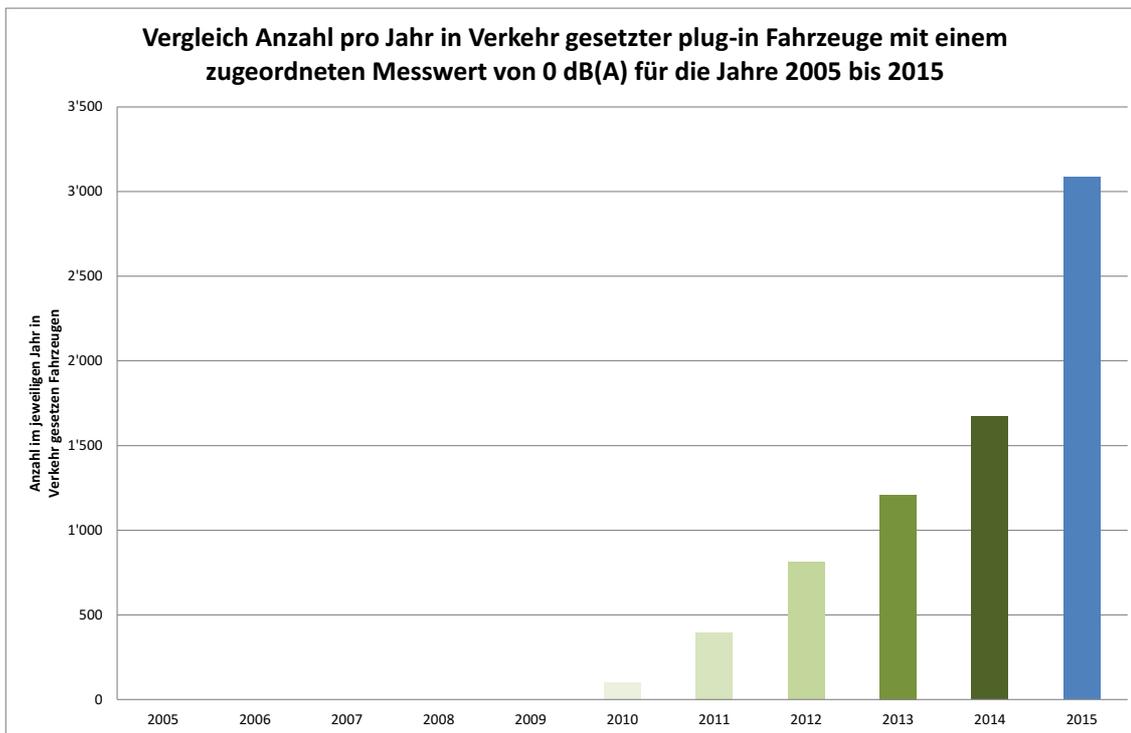
Die Analyse der Daten für das Jahr 2005 zeigt, dass aus den mittels Standmessung im Nahfeld erhobenen Messwerten ein arithmetisches Mittel von 81.17 dB(A) resultiert. Es ist der höchste Wert aller untersuchten Jahrgänge. Betrachtet man die gemittelten Messwerte der Jahre 2005 bis 2015 lässt sich eine kontinuierliche Abnahme der Schallpegel feststellen. 2015 resultiert mit 75.86 dB(A) der tiefste Wert der analysierten Jahre. Somit hat der gemittelte Messwert in den letzten 11 Jahren um 5.3 dB(A) abgenommen.



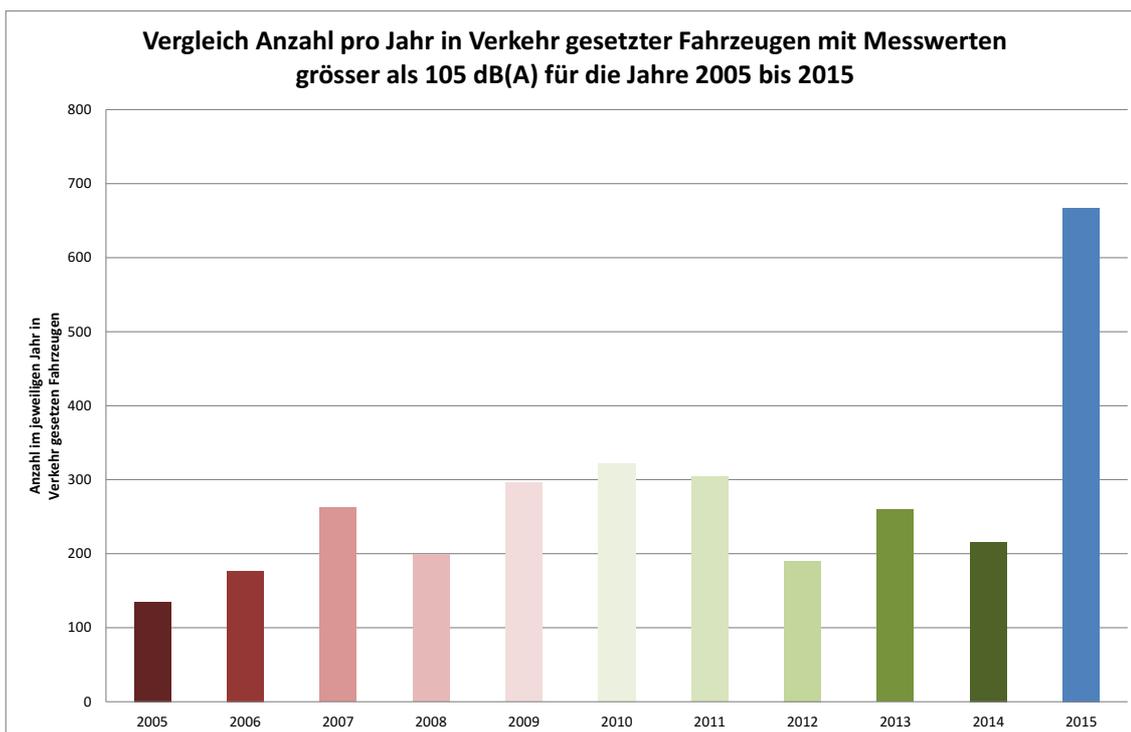
Der Anteil der neu immatrikulierten Fahrzeuge, die bei der Standmessung im Nahfeld einen Schallpegel von 75 dB(A) oder weniger emittierten, kletterte zwischen 2005 und 2015 von 3.8 auf 45.8 %.



Elektrofahrzeuge mit einem zugeordneten Wert von 0 dB(A) erscheinen erst ab 2010. Im ersten Jahr handelte es sich vor allem um die Modelle Think City und Smart edition. Ab 2011 kommen die Range Extender Fahrzeuge Chevrolet Volt und Opel Ampera sowie die Elektrofahrzeuge Citroen C-Zero, Peugeot iON, Mitsubishi i-MIEV und Nissan Leaf hinzu. Ab 2014 dominieren die verschiedenen Versionen des TESLA und des BMW i3, der Renault Zoe, der Smart for two ed electric drive und die beiden VW-Modelle e Golf und e Up die Statistik der Plug-In Fahrzeuge.



Der Anteil der verhältnismässig lauten Fahrzeuge (lauter als 85 dB(A)) hat sich zwischen 2005 (10.7%) und 2014 (6%) nahezu halbiert. Anzumerken bleibt jedoch, dass die höchsten Messwerte über die Jahre zugenommen haben. 2005 lag der höchste gemessene Wert noch bei 106 dB(A) (Ferrari F430). 2014 wurde ein Maximum von 120 dB(A) (La Ferrari) gemessen. 2015 wurden fast 3 Mal so viele sehr laute Fahrzeuge (lauter als 105 dB(A)) wie in den Vorjahren verkauft. Der Grund für diese Zunahme wurde nicht näher untersucht. Im Vergleich zur Gesamtzahl der immatrikulierten Fahrzeuge werden solche Fahrzeuge sehr selten in Verkehr gesetzt.



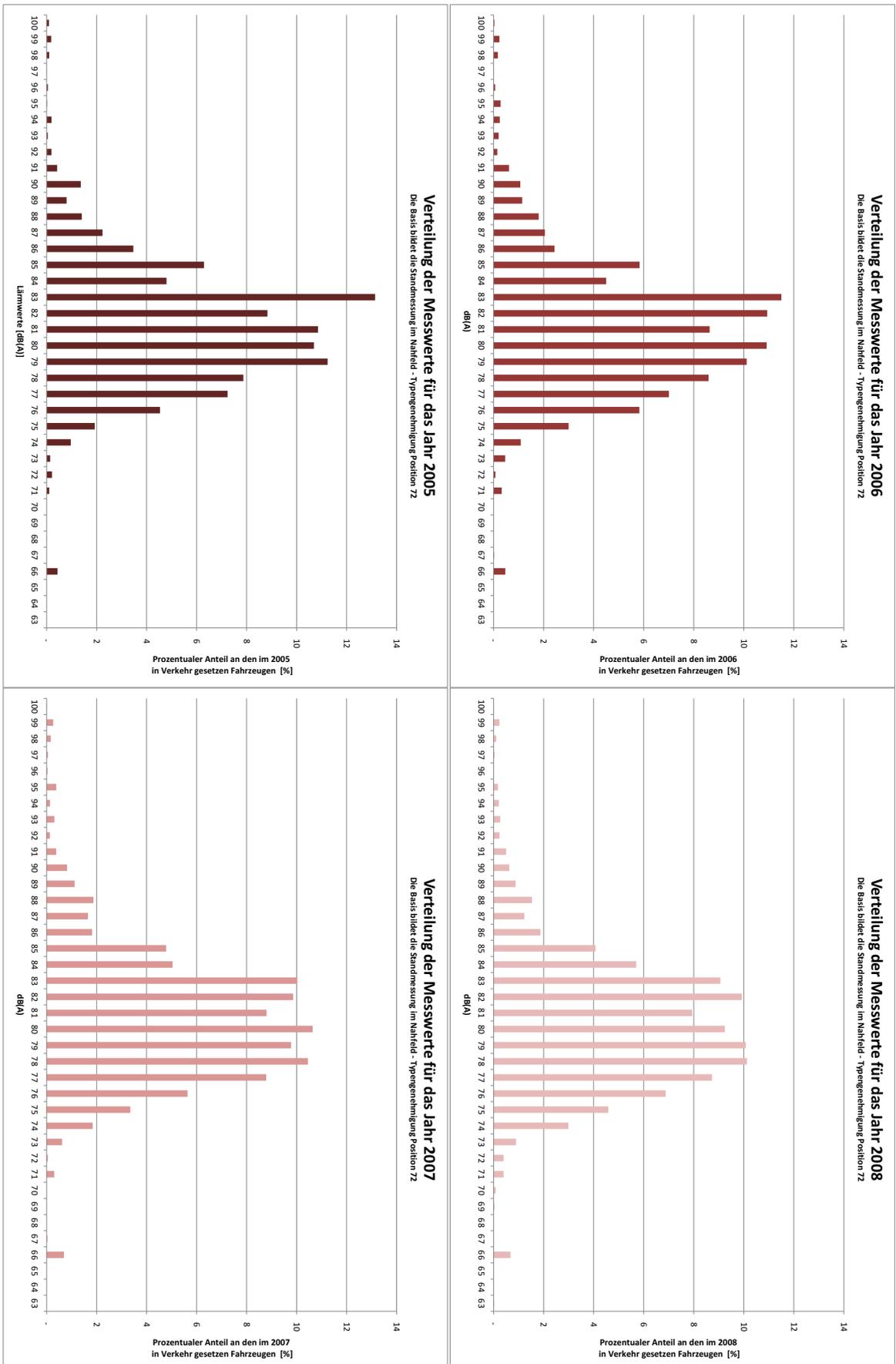
Die mit 63 dB(A) tiefsten Messwerte unter den Fahrzeugen mit klassischem Verbrennungsmotor wurden beim VW Passat CC 1.8 TSI, der in den Jahren 2008 bis 2010 erstmals in Verkehr gesetzt wurde gemessen.

Tabelle 3: Aufstellung der wichtigsten Eckwerte

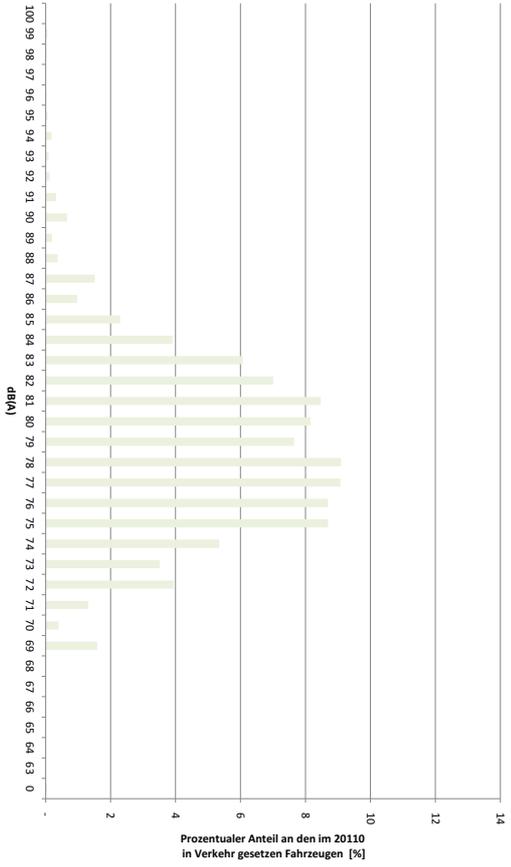
Jahr	Anzahl Fahrzeuge	Mittelwert in dB(A)	< 76 dB(A) in [%]	> 76 und < 85 dB(A) in [%]	> 86 dB(A) [in %]
2005	238'475	81.17	3.78	85.50	10.71
2006	249'157	81.02	5.44	83.87	10.69
2007	264'225	80.65	6.88	83.80	9.32
2008	257'631	80.24	10.12	81.76	8.12
2009	249'473	79.40	18.03	75.91	6.06
2010	271'989	78.55	24.85	70.40	4.74
2011	289'764	77.54	31.38	65.02	3.60
2012	293'195	76.98	35.35	61.48	3.16
2013	279'055	76.55	39.09	56.86	4.05
2014	270'448	76.47	42.56	51.46	5.98
2015	293'735	75.86	45.80	48.44	5.53

3.1.2. Aufstellung der Resultate nach Jahr

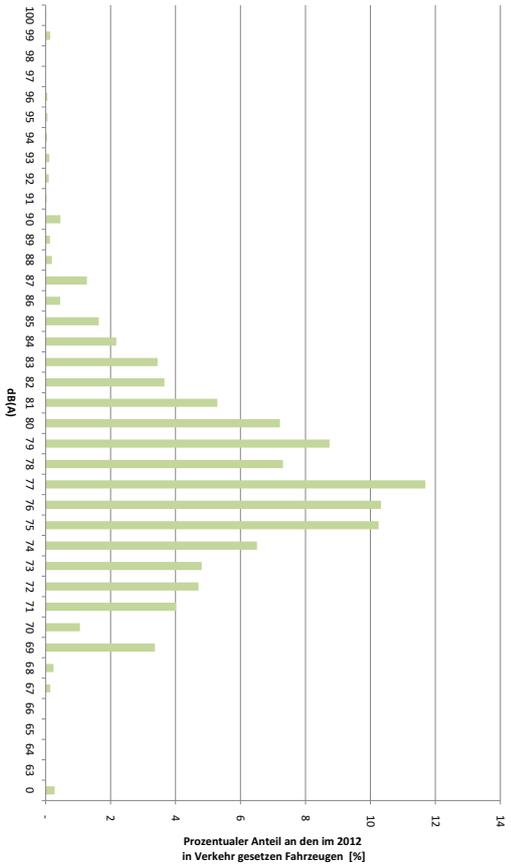
Die folgenden Abbildungen zeigen die Analyse der Messwerte im Detail. Tabelle 6 im Anhang auf Seite 35 listet die den Abbildungen die zu Grunde liegenden Zahlen auf.



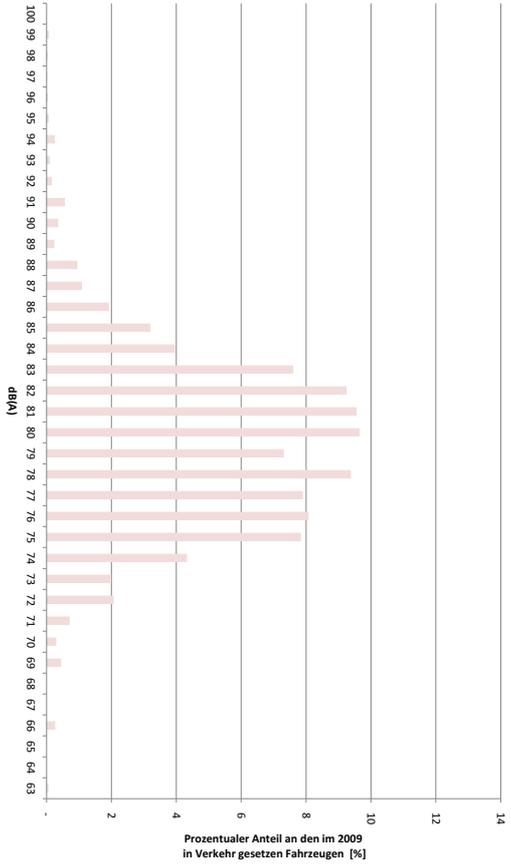
Verteilung der Messwerte für das Jahr 2010
Die Basis bildet die Standmessung im Nahfeld - Typengemittlung Position 72



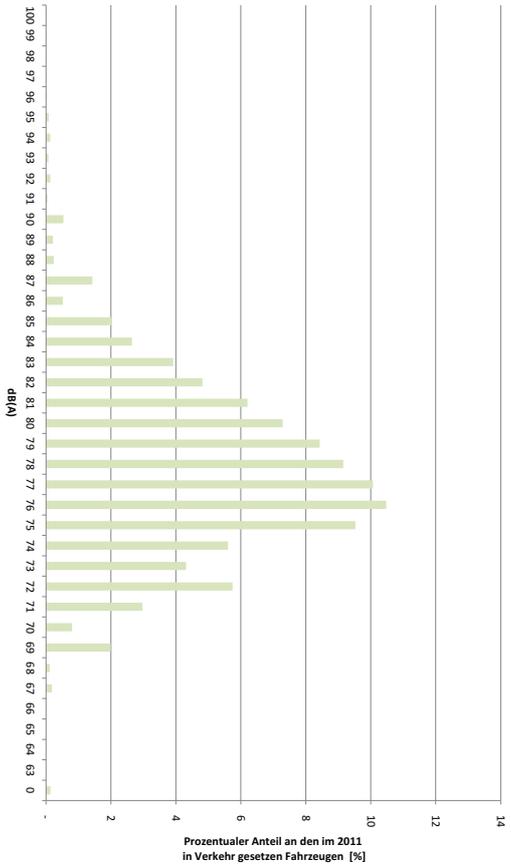
Verteilung der Messwerte für das Jahr 2012
Die Basis bildet die Standmessung im Nahfeld - Typengemittlung Position 72



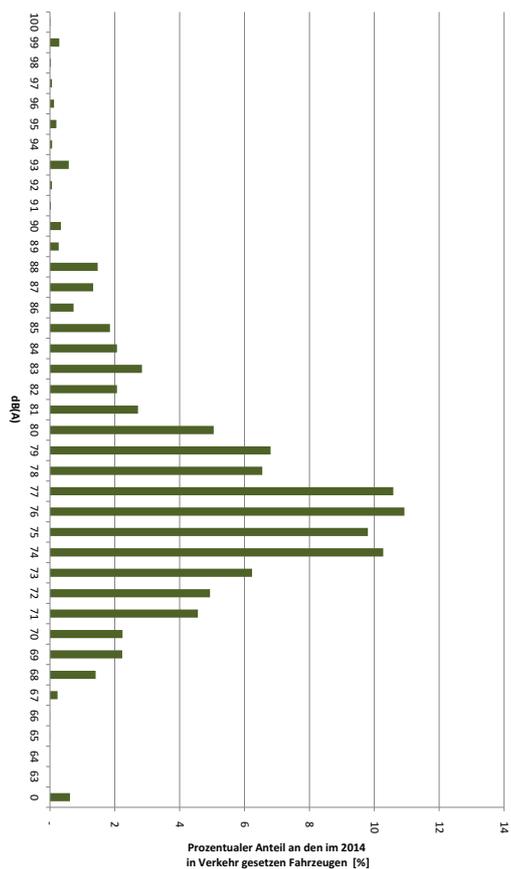
Verteilung der Messwerte für das Jahr 2009
Die Basis bildet die Standmessung im Nahfeld - Typengemittlung Position 72



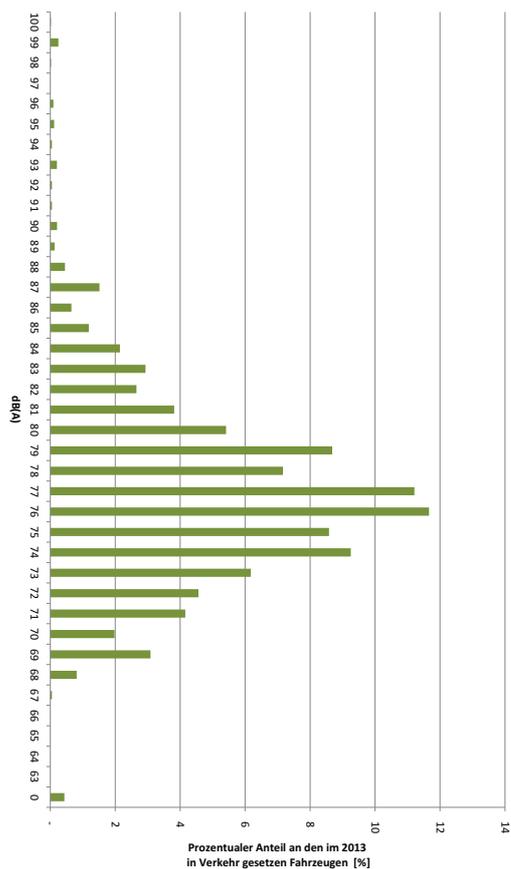
Verteilung der Messwerte für das Jahr 2011
Die Basis bildet die Standmessung im Nahfeld - Typengemittlung Position 72



Verteilung der Messwerte für das Jahr 2014
Die Basis bildet die Standmessung im Nahfeld - Typengenehmigung Position 72

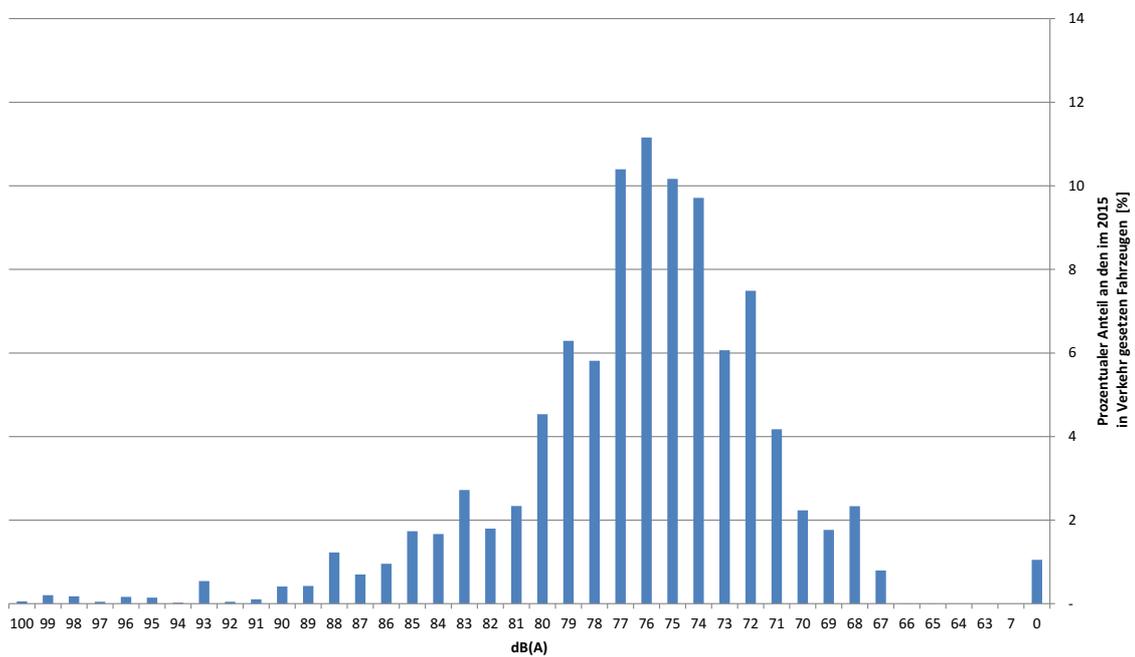


Verteilung der Messwerte für das Jahr 2013
Die Basis bildet die Standmessung im Nahfeld - Typengenehmigung Position 72



Verteilung der Messwerte für das Jahr 2015

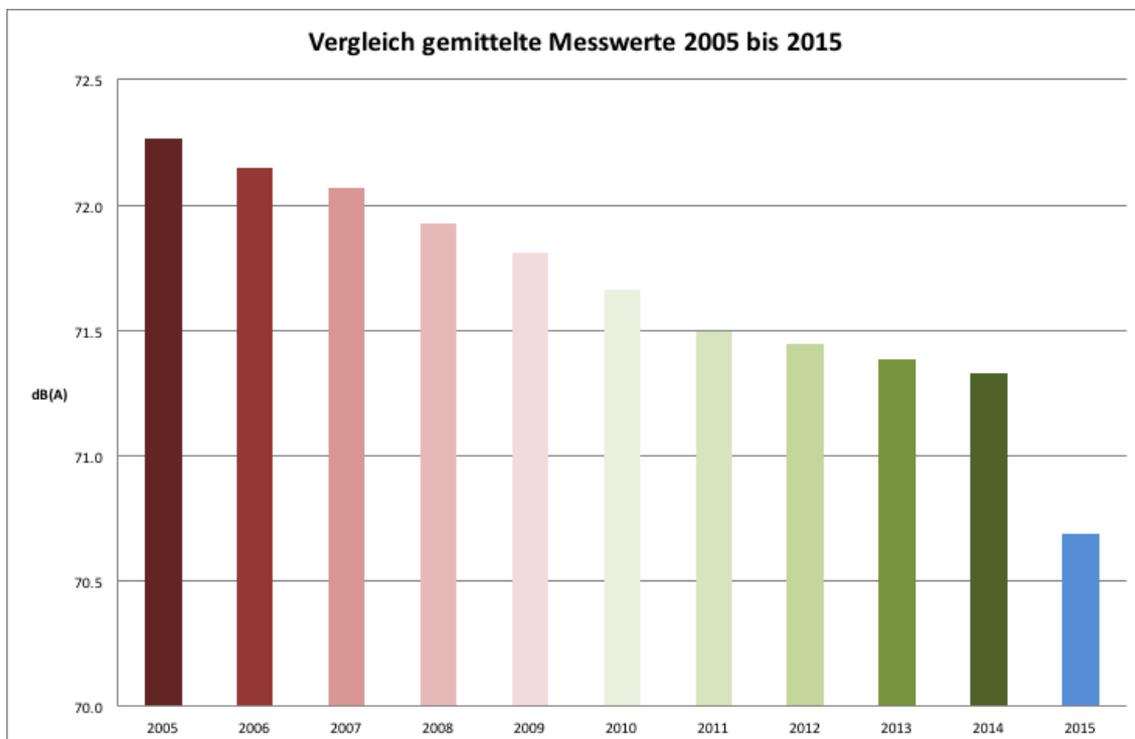
Die Basis bildet die Standmessung im Nahfeld - Typengenehmigung Position 72



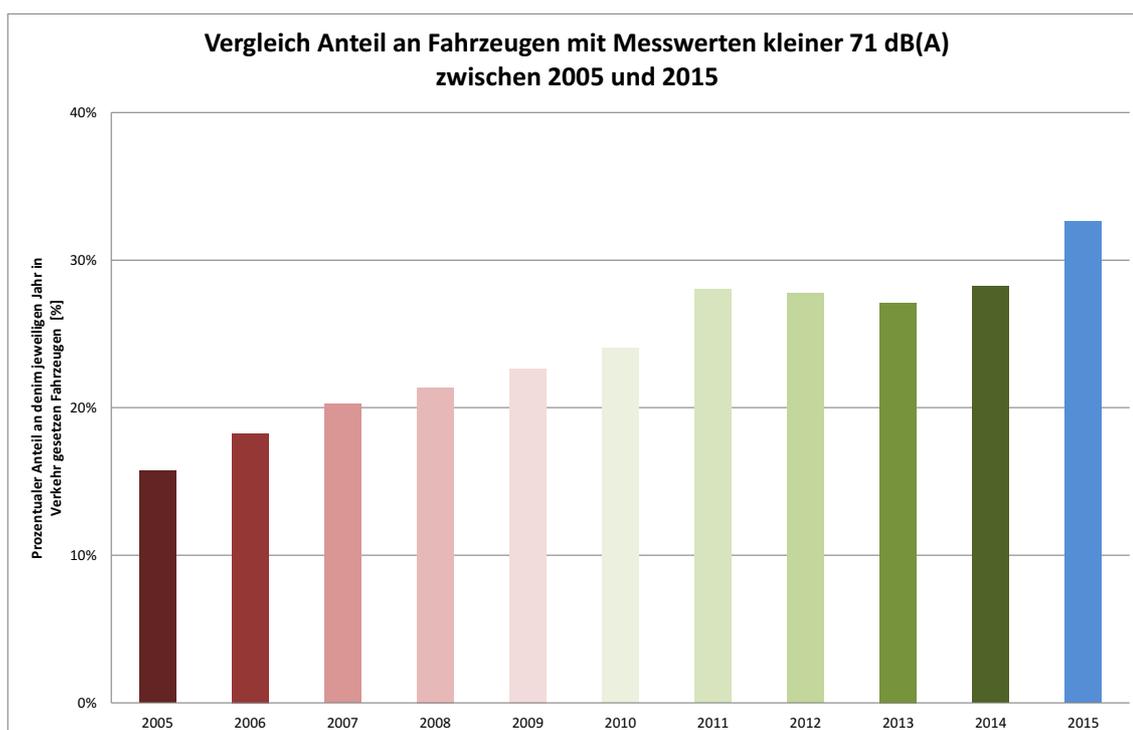
3.2. Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt

3.2.1. Allgemeine Betrachtung der Resultate über die Jahre 2005 bis 2015

Die Analyse der Daten für das Jahr 2005 zeigt, dass aus den mittels Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt ein arithmetisches Mittel von 72.72 dB(A) resultiert. Es ist der höchste Wert aller untersuchten Jahrgänge. Betrachtet man die gemittelten Messwerte der Jahre 2005 bis 2015 lässt sich eine kontinuierliche Abnahme der Schallpegel feststellen. 2015 resultiert mit 70.69 dB(A) der tiefste Wert der analysierten Jahre. Somit hat der gemittelte Messwert in den letzten 11 Jahren um 1.6 dB(A) abgenommen.

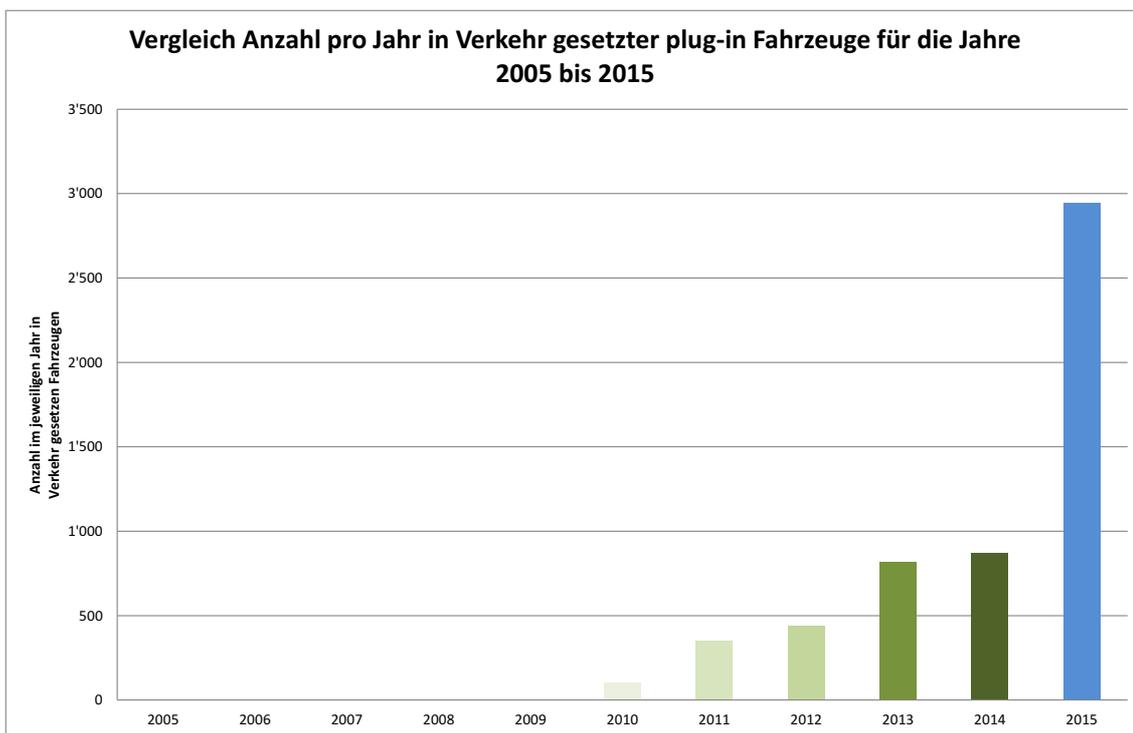


Der Anteil der neu immatrikulierten Fahrzeuge, die bei der Vorbeifahrtmessung weniger als 71 dB(A) emittierten, kletterte zwischen 2005 und 2015 von 15.7 auf 32.6 %.



Elektrofahrzeuge mit einem zugeordneten Wert von 0 dB(A) erscheinen erst ab 2010. Im ersten Jahr handelte es sich vor allem um die Modelle Think City und Smart fort wo ed electric drive Ab 2011

kommen die Range Extender Fahrzeuge Chevrolet Volt und Opel Ampera sowie die Elektrofahrzeuge Citroen C-Zero, Peugeot iON, Mitsubishi i-MIEV und Nissan Leaf hinzu. Ab 2014 dominieren die verschiedenen Versionen des TESLA und des BMW i3, der Renault Zoe, der Smart fort wo ed electric drive und die beiden VW-Modelle e Golf und e Up die Statistik der Plug-In Fahrzeuge.



Der Anteil der verhältnismässig lauten Fahrzeuge (ab 75 dB(A)) hat sich zwischen 2005 (1.0%) und 2015 (0.1%) nahezu um einen Faktor 10 verkleinert.

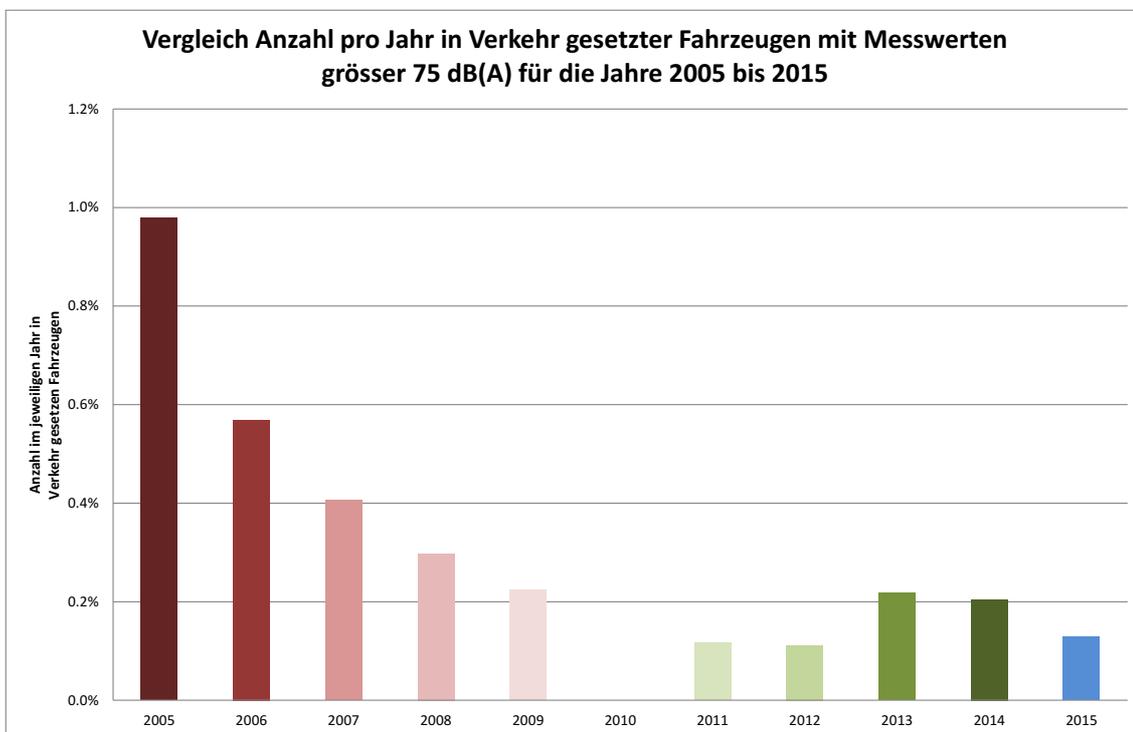
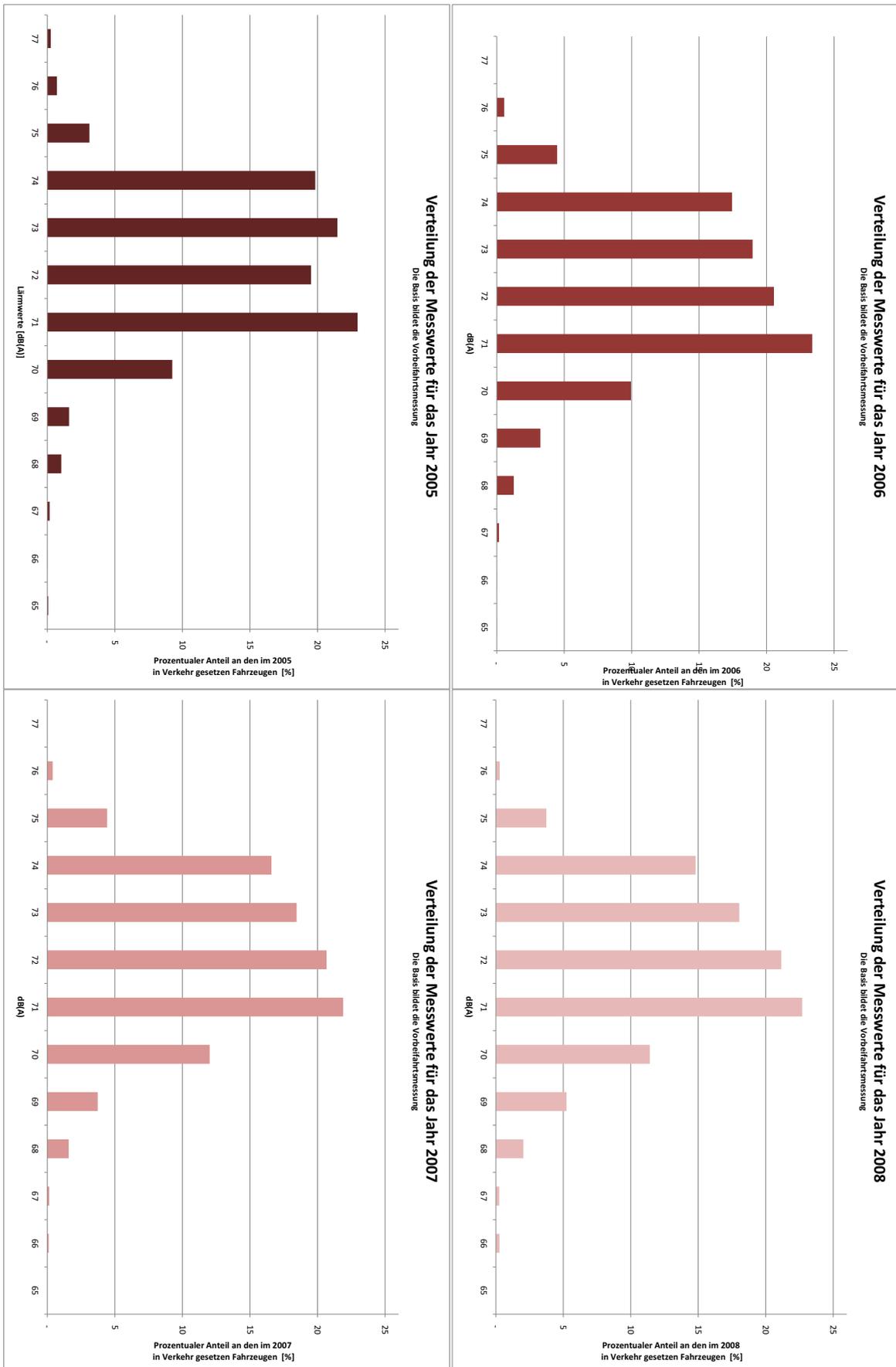


Tabelle 4: Aufstellung der wichtigsten Eckwerte

Jahr	Anzahl Fahrzeuge	Mittelwert in dB(A)	< 71 dB(A) in [%]	ab 71 und < 75 dB(A) in [%]	> 75 dB(A) [in %]
2005	232'324	72.3	15.73%	83.29%	0.98%
2006	241'719	72.2	18.26%	81.17%	0.57%
2007	258'145	72.1	20.23%	79.36%	0.41%
2008	253'259	71.9	21.36%	78.34%	0.30%
2009	248'128	71.8	22.65%	77.12%	0.22%
2010	272'023	71.7	24.03%	75.97%	-
2011	289'941	71.5	28.00%	71.88%	0.12%
2012	294'180	71.4	27.74%	72.15%	0.11%
2013	280'016	71.4	27.10%	72.68%	0.22%
2014	270'779	71.3	28.20%	71.59%	0.20%
2015	294'356	70.7	32.64%	67.23%	0.13%

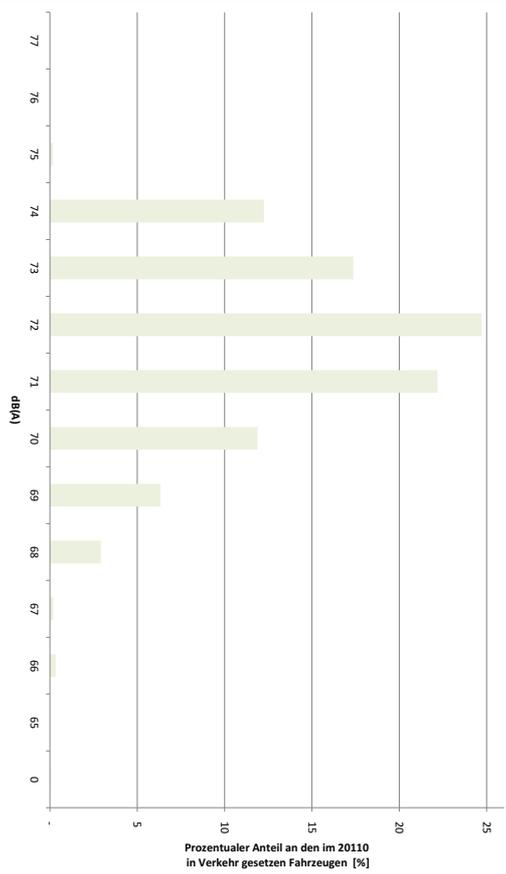
3.2.2. Aufstellung der Resultate nach Jahr

Die folgenden Abbildungen zeigen die Analyse der Messwerte im Detail. Tabelle 7 im Anhang auf Seite 35 listet die den Abbildungen die zu Grunde liegenden Zahlen auf.



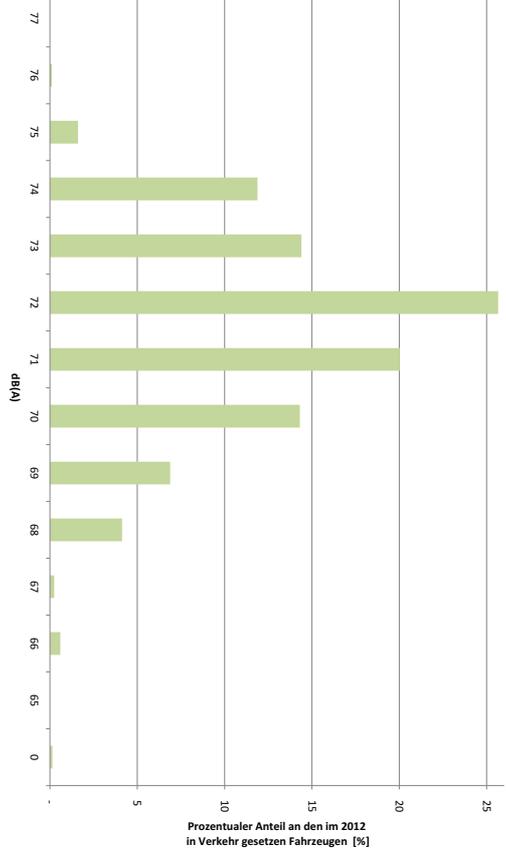
Verteilung der Messwerte für das Jahr 2010

Die Basis bildet die Vorbehaltsschmessung



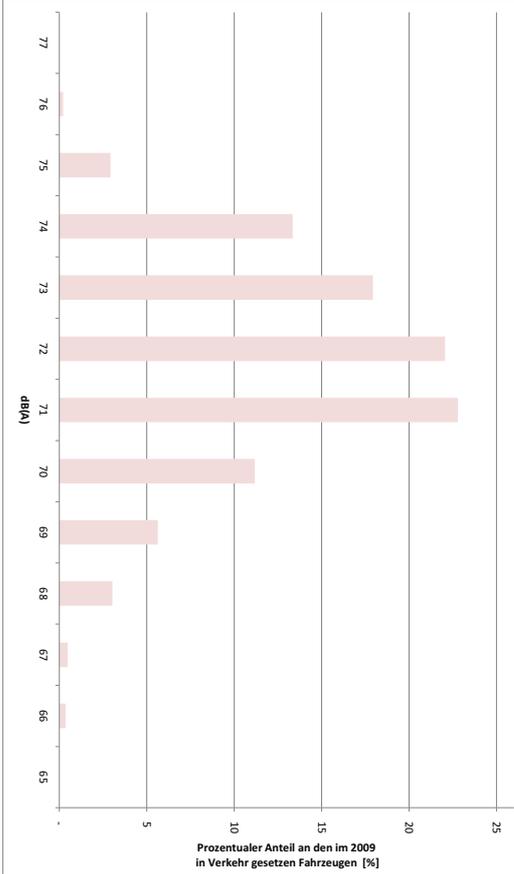
Verteilung der Messwerte für das Jahr 2012

Die Basis bildet die Vorbehaltsschmessung



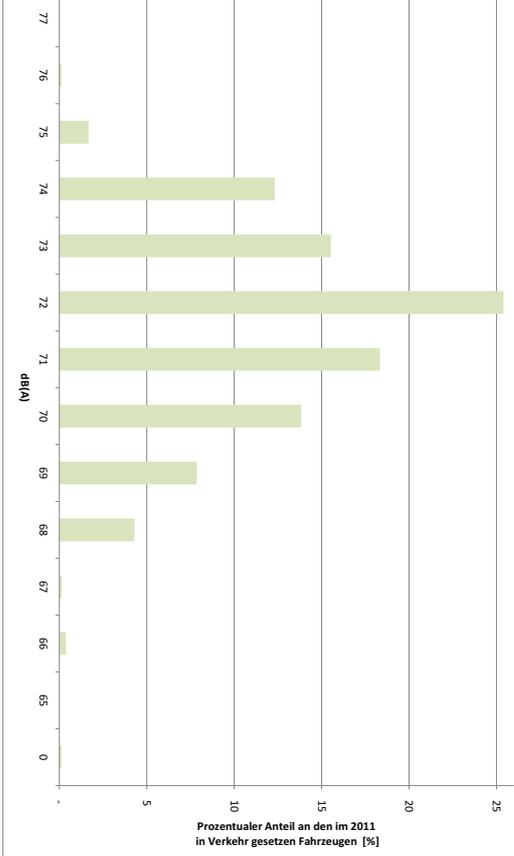
Verteilung der Messwerte für das Jahr 2009

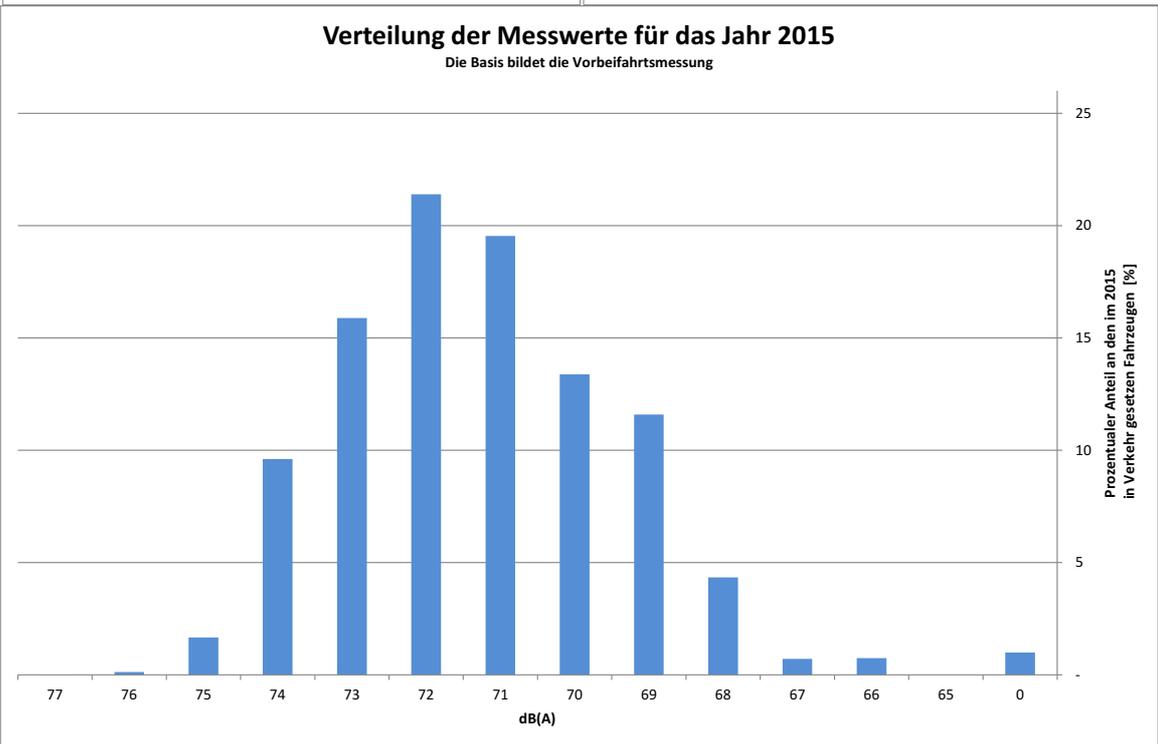
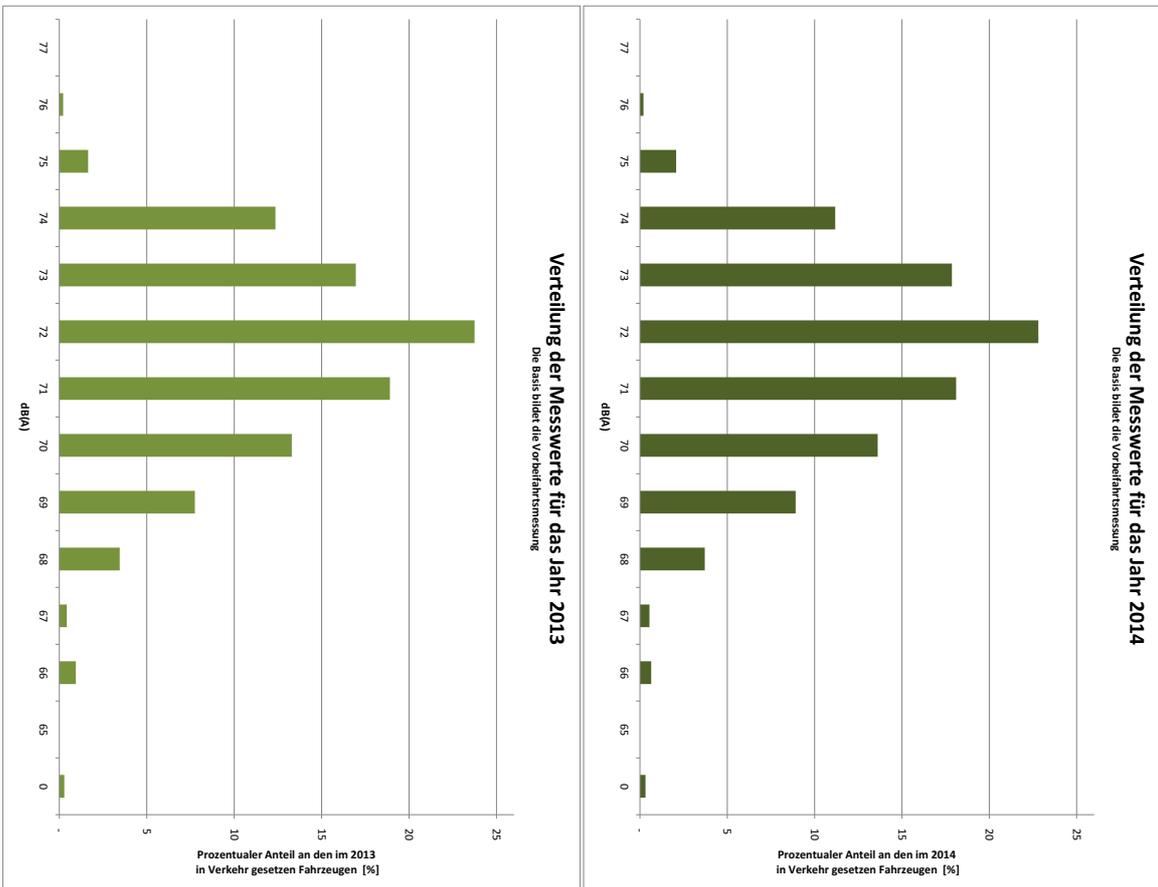
Die Basis bildet die Vorbehaltsschmessung



Verteilung der Messwerte für das Jahr 2011

Die Basis bildet die Vorbehaltsschmessung

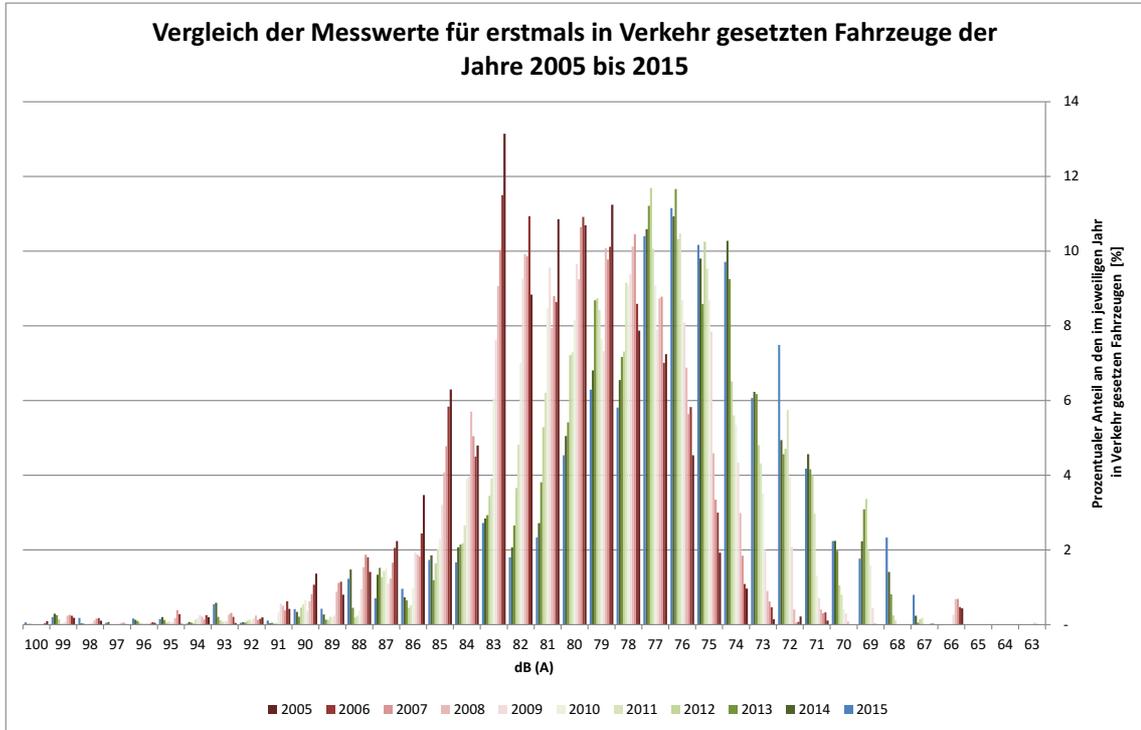




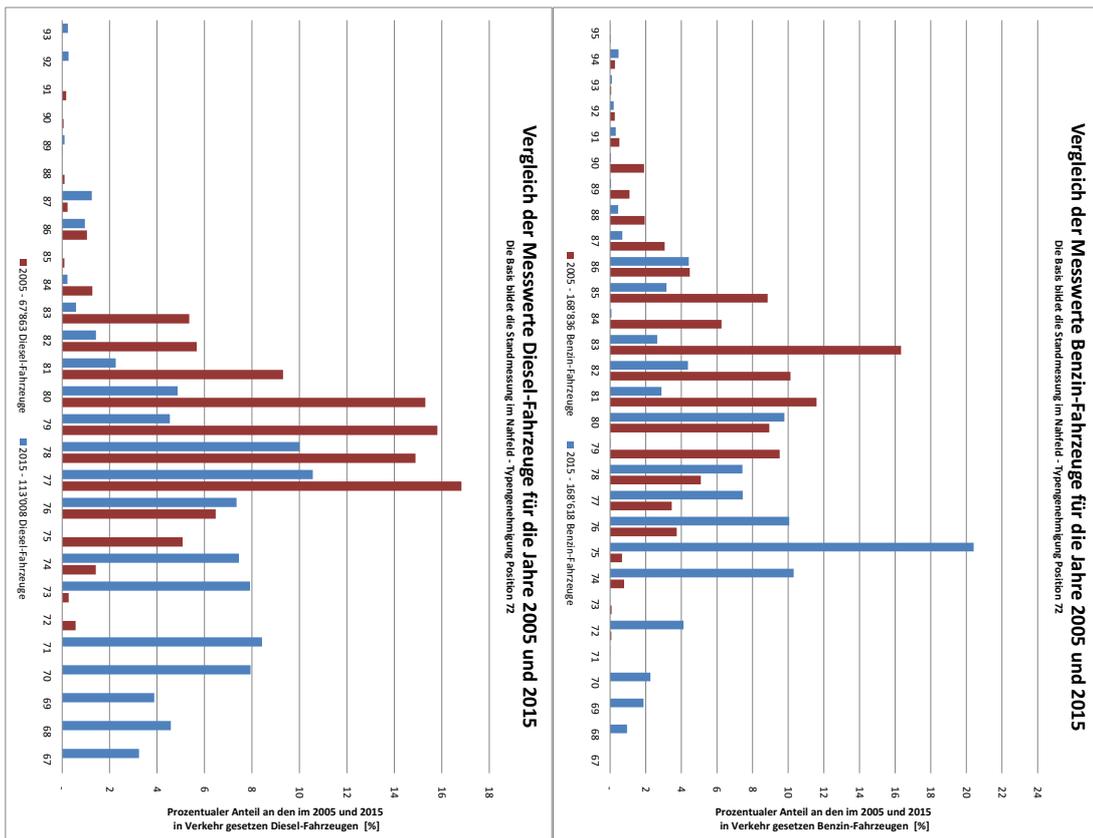
4. Diskussion

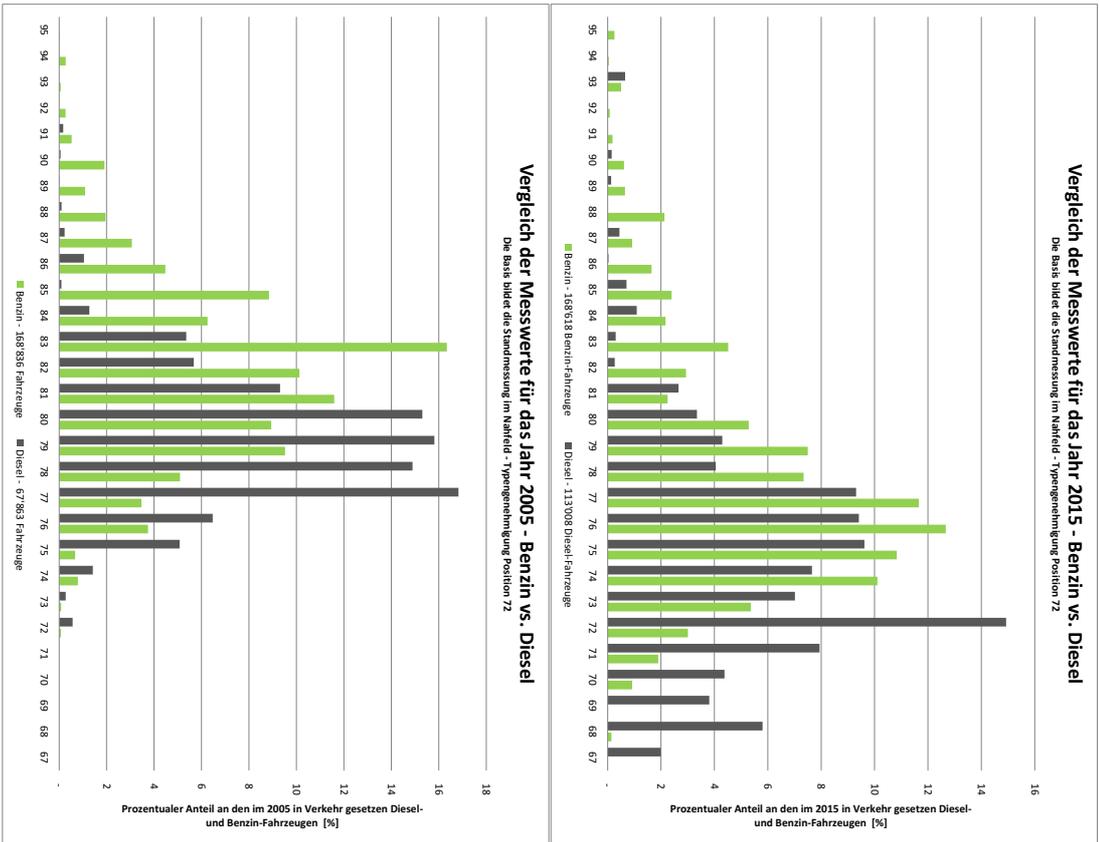
4.1. Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs

Die Analyse der Daten für die Jahre 2005 bis 2015 zeigt, dass die Mittelwerte der mittels Standmessung im Nahfeld erhobene Messwerte rückläufig sind. Neuere Fahrzeuge emittieren somit bei der verwendeten Messmethode weniger Lärm als ältere. Diese Tendenz ist sowohl bei diesel- als auch bei benzinbetriebenen Personenwagen feststellbar.



Auch die zugrundeliegenden Verteilungen der Messwerte haben sich in Richtung geringere Lärmemissionen verschoben. Die folgende Darstellung veranschaulicht diesen Trend sehr gut.

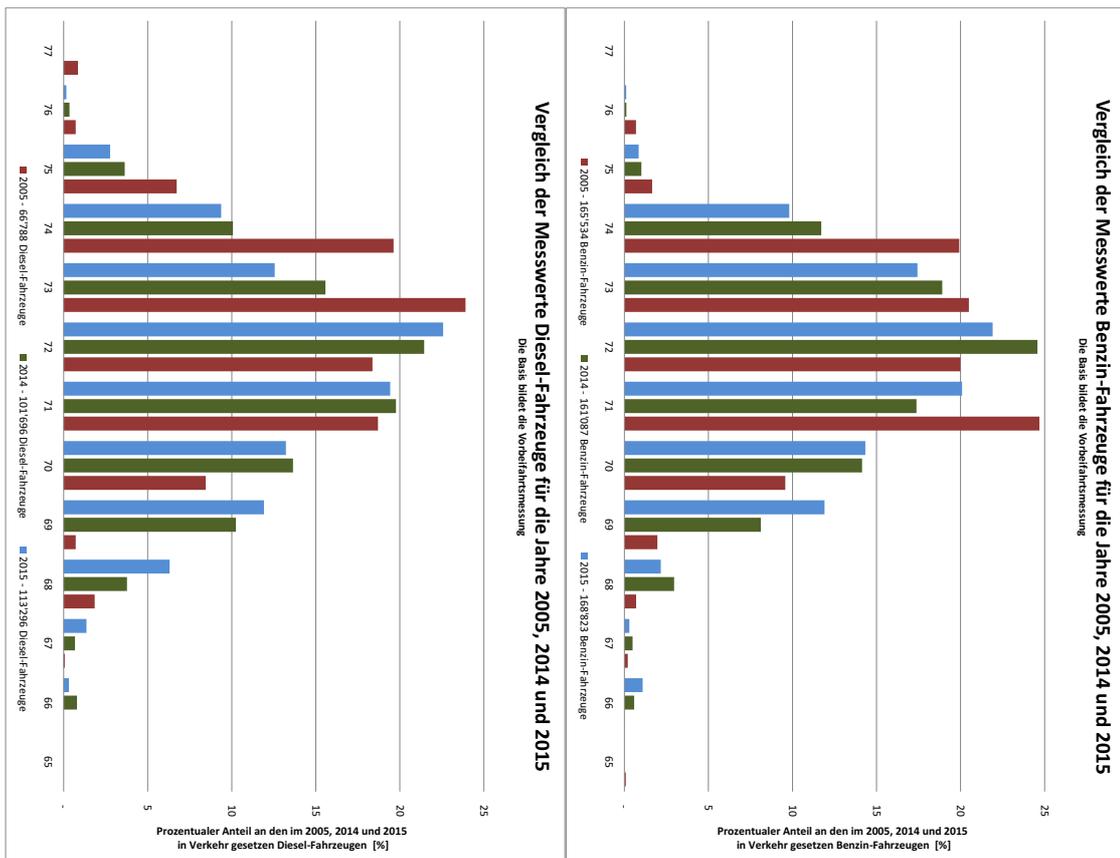
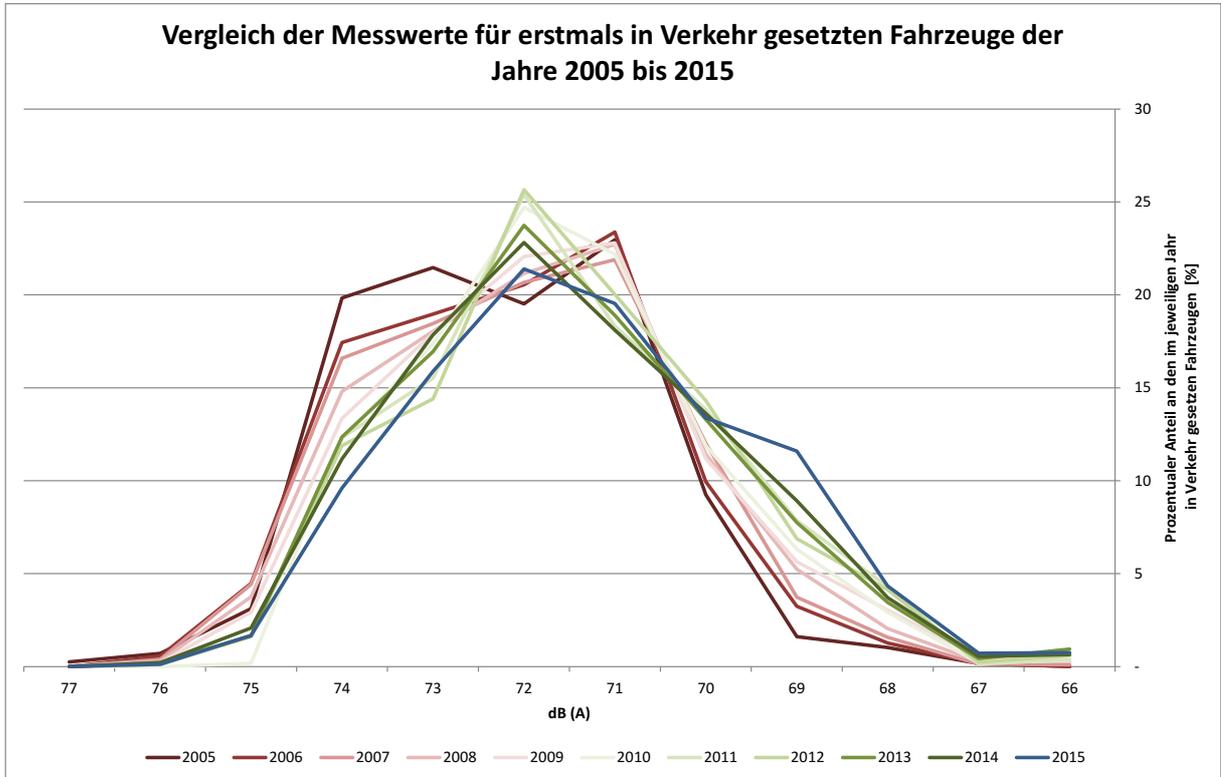




Einen gesetzlichen Anreiz zu Gunsten tieferer Lärmemissionen gibt es nicht. Somit ist es wahrscheinlich, dass dieser Effekt ungewollt oder beiläufig auftritt. Zudem lässt sich aufzeigen, dass dieselbetriebene Fahrzeuge unabhängig vom Jahrgang tendenziell weniger hohe Schallpegel emittieren als Benziner.

4.2. Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt

Auch die Analyse der Daten für die Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt für die Jahre 2005 bis 2015 zeigt, dass die erhobenen Schallpegel tendenziell rückläufig sind. Neuere Fahrzeuge emittieren somit bei der verwendeten Messmethode tendenziell weniger Lärm als ältere. Diese Entwicklung ist sowohl bei diesel- als auch bei benzinbetriebenen Personenwagen feststellbar.



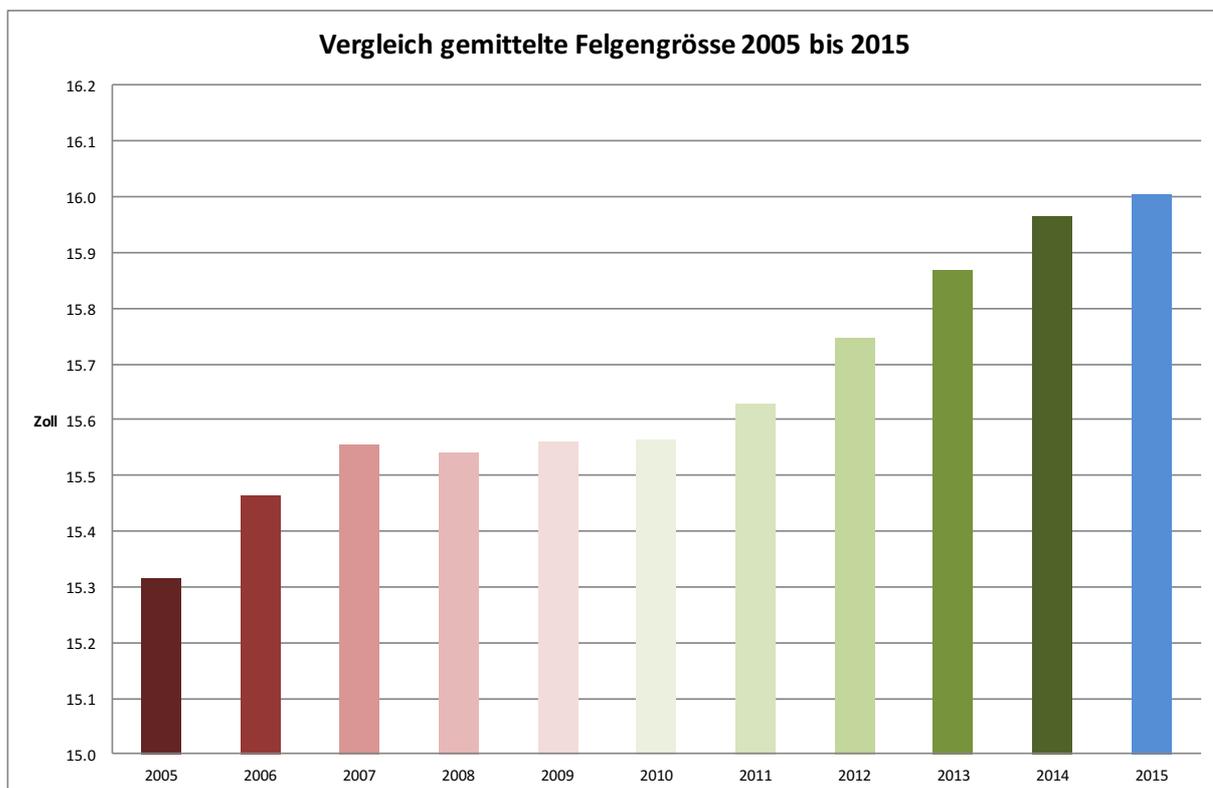
4.2.1. Entwicklung Reifenbreiten und -dimensionen

Die Analyse der Reifenbreiten und -dimensionen für die Erst-Bereifung neuer Fahrzeuge wurde analog zu den Lärmpegeln mithilfe der Einträge in TARGADData erstellt. Die Abdeckung ist mit mehr als 99% sehr hoch.

Tabelle 5: Datengrundlage – Reifenbreiten und -dimensionen

Jahr	Anzahl Fahrzeuge ¹¹	[%] ¹²	Jahr	Anzahl Fahrzeuge ⁶	[%] ⁵
2005	242'120	99.78	2010	273'215	99.81
2006	250'488	99.79	2011	291'023	99.82
2007	264'277	99.80	2012	294'508	99.82
2008	257'037	99.79	2013	280'329	99.81
2009	250'235	99.79	2014	271'121	99.80
			2015	295'549	99.82

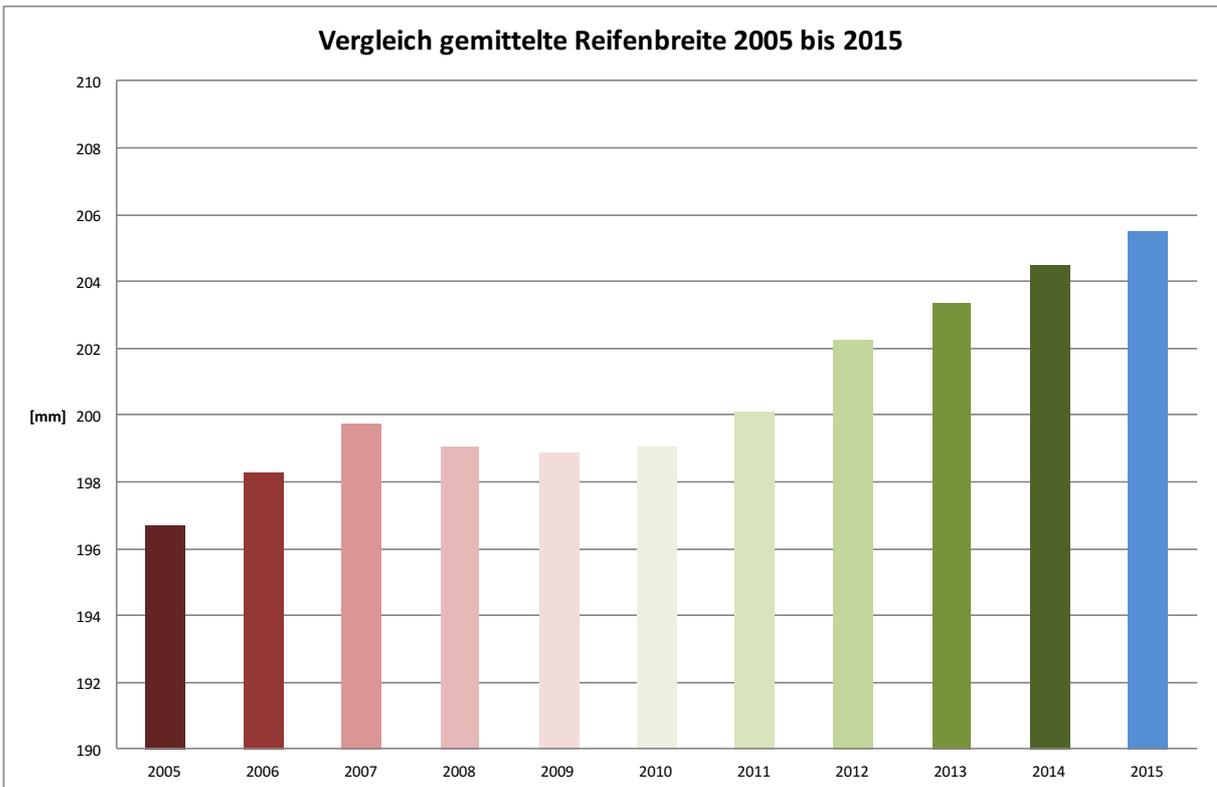
Wie die folgende Grafik zur Felgengrösse zeigt haben die Felgengrössen über die letzten Jahre stetig zugenommen. Im 2005 betrug die durchschnittliche Felgengrösse noch ca. 15.32 Zoll. Im 2015 stieg der Wert um 0.69 auf 16.01 Zoll.



Auch bei den Reifenbreiten sehen wir einen analogen Trend zu im allgemeinen breiteren Reifen. Im 2015 wurden die neuen Fahrzeuge mit durchschnittlich 196.7 mm breiten Reifen ausgeliefert. Im Jahr 2015 gelangten die Fahrzeuge mit durchschnittlich 8.8 mm breiteren Reifen auf die Strasse. Somit wurde festgestellt, dass der Erst-Ausrüster-Reifen im 2015 eine Dimension von 195/R15 hatte, im 2015 dagegen 215/R16.

¹¹ Es flossen nur Datensätze, welche eine TG in MOFIS aufwiesen (TG mit dem Wert «X» wurden nicht berücksichtigt).

¹² Prozentsatz der Fahrzeuge für welche eine Zuordnung MOFIS zu TARGADATA möglich war.



Interessant ist der Umstand, dass trotz der Tendenz zu grösseren Felgen und breiteren Reifen die Lärmemissionen bei der Vorbeifahrt-Messung über die vergangenen Jahre stetig abgenommen haben, obschon in der Regel breitere Reifen höhere Lärmemissionen zur Folge haben. Der Umstand, dass die Lärmemissionen bei der Vorbeifahrt trotz breiteren Reifen stetig abgenommen haben, kann darauf zurückzuführen sein, dass die angebotenen Reifen in der Regel im Kriterium Lärm verbessert wurden. Dies ist aber nur eine Vermutung und lässt sich mit den vorhandenen Informationen nicht abschliessend beurteilen.

Lärmreduktion durch Radkasten Abdeckung

Fahrzeughersteller kleiden den Radkasten speziell aus, um den die Lärmimmissionen für die Insassen zu optimieren (Komfort). Dadurch werden die Lärmemissionen bei der Vorbeifahrt auch positiv beeinflusst.

Abbildung 3 Radkastenabdeckung

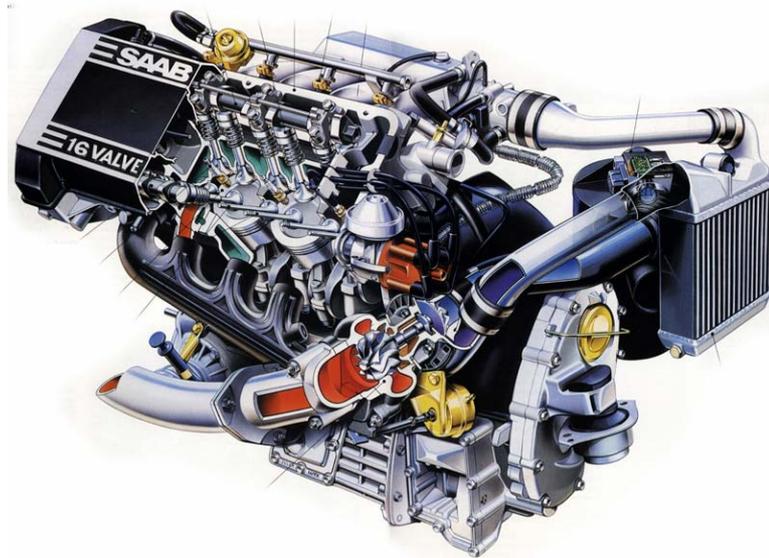


(Quelle: TCS 2016)

4.4. Benzinbetriebene Fahrzeuge

Eine mögliche Erklärung für die tieferen Schallpegel bei Benzinmotoren ist der Trend hin zum Downsizing. Um den heutigen Ansprüchen betreffend Verbrauch und Leistung gerecht zu werden, werden Benzinmotoren vorzugsweise mit Turboladern ausgerüstet. Dies gestattet eine deutliche Reduzierung des Hubraums ohne Einbußen bezüglich Leistung. Der reduzierte Hubraum kann zu einer Verminderung der gemessenen Schallpegel führen. Einen deutlich höheren Einfluss hat jedoch der sich im Abgasstrom befindende Abgasturbolader, der die Geräusche des Arbeitstaktes dämpft (Borg Warner, 2016).

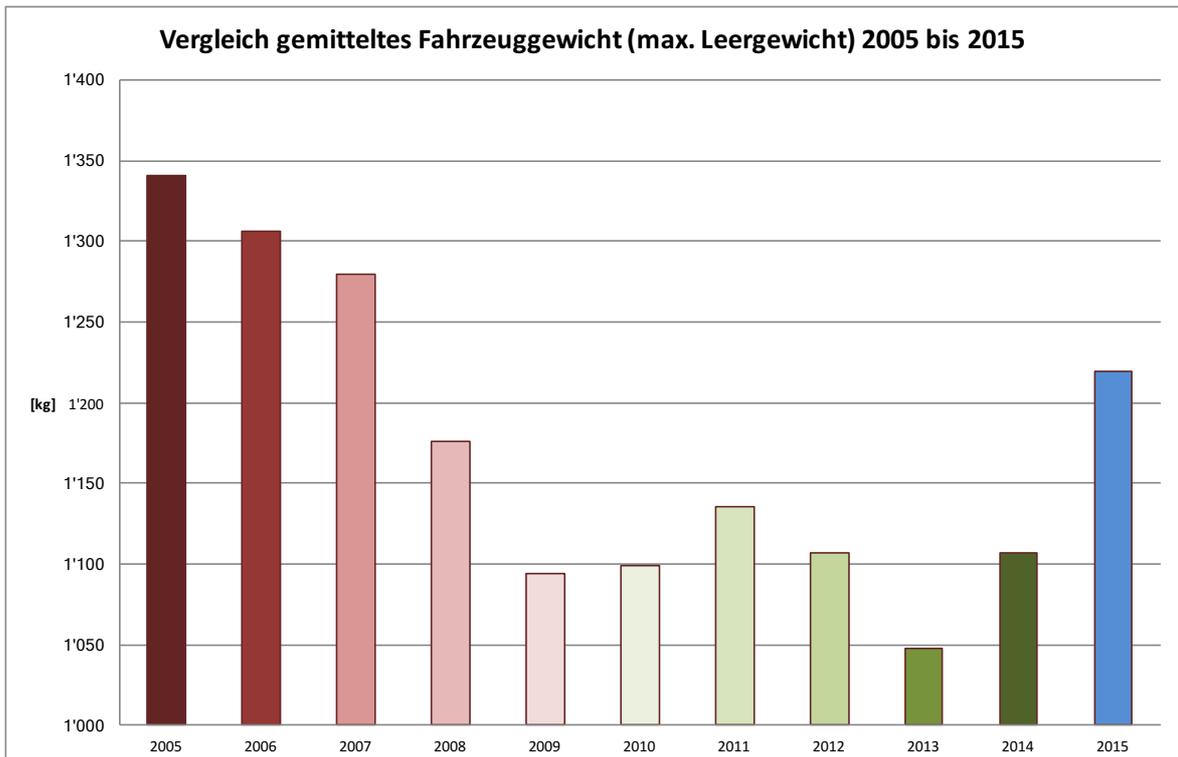
Abbildung 5 Turbolader beim PKW



(Quelle: Wikipedia)

4.4.1. Entwicklung des Fahrzeuggewichts

Eine klare Tendenz in Bezug auf das Fahrzeuggewicht lässt sich nicht erkennen. In den Jahren 2005 bis 2008 hat das arithmetische Mittel des maximalen Leergewichts kontinuierlich abgenommen (zwischen 2 und 9% pro Jahr), danach ist es bis 2014 stabil geblieben um im Jahr 2015 wieder anzusteigen.



4.5. Fazit

Die Ergebnisse der Studie lassen darauf schliessen, dass moderne Fahrzeuge über die letzten Jahre grundsätzlich leiser geworden sind. Diese Erkenntnis beruht auf der Auswertung der Zulassungsdaten. In der Praxis ist hängen die Lärmemissionen aber von weiteren Faktoren ab. Insbesondere die gefahrene Geschwindigkeit, der Strassenbelag und die Reifendimension beeinflussen die Lärmemissionen im Praxisbetrieb signifikant. Dies konnten verschiedene neuer Studien zeigen.

5. Verzeichnisse

5.1. Abbildungen

Abbildung 1 Messanordnung – Standmessung im Nahfeld des Auspuffs.....	7
Abbildung 1 Messanordnung – Vorbeifahrtmessung	9
Abbildung 3 Radkastenabdeckung.....	30
Abbildung 2 Systemintegration – Diesel PKW	31
Abbildung 3 Turbolader beim PKW	32

5.2. Tabellen

Tabelle 1: Datengrundlage - Standmessung im Nahfeld.....	12
Tabelle 2: Datengrundlage - Vorbeifahrtmessung.....	13
Tabelle 3: Aufstellung der wichtigsten Eckwerte	16
Tabelle 4: Aufstellung der wichtigsten Eckwerte	22
Tabelle 5: Datengrundlage – Reifenbreiten und -dimensionen	29
Tabelle 5: Geräuschemessung im Nahfeld des Auspuffs - Verteilung der Messwerte Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 66 dB(A) - 90 dB(A) in [%].....	35
Tabelle 6: Geräuschemessung bei der Vorbeifahrt - Verteilung der Messwerte Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 65 dB(A) - 77 dB(A) in [%].....	36
Tabelle 8: Reifenbreite - Verteilung der Erst-Ausrüster-Reifen Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 145 – 265 mm in [%].....	37
Tabelle 9: Felgengröße - Verteilung der Erst-Ausrüster-Felgen Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 12 – 22 Zoll in [%].....	38

6. Anhang

Tabelle 6: Geräuschmessung im Nahfeld des Auspuffs - Verteilung der Messwerte Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 66 dB(A) - 90 dB(A) in [%]

Jahr	Fahrzeuge	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
2005	238'475	0.43	-	-	-	-	0.11	0.21	0.14	0.96	1.92	4.53	7.24	7.87	11.24	10.69	10.86	8.83	13.14	4.80	6.29	3.47	2.24	1.41	0.80	1.37
2006	249'157	0.47	0.02	-	-	-	0.33	0.07	0.46	1.09	3.00	5.83	7.01	8.59	10.12	10.91	8.64	10.94	11.50	4.50	5.84	2.44	2.05	1.80	1.15	1.07
2007	264'225	0.69	0.03	-	-	-	0.31	0.05	0.62	1.84	3.35	5.64	8.78	10.45	9.78	10.64	8.80	9.86	10.03	5.04	4.78	1.82	1.66	1.87	1.12	0.82
2008	257'631	0.68	0.01	-	0.04	0.08	0.40	0.40	0.90	2.99	4.59	6.88	8.73	10.12	10.08	9.25	7.94	9.92	9.06	5.70	4.08	1.87	1.23	1.54	0.88	0.63
2009	249'473	0.27	-	-	0.45	0.30	0.71	2.07	2.00	4.33	7.84	8.08	7.90	9.38	7.32	9.65	9.56	9.25	7.61	3.96	3.20	1.92	1.10	0.95	0.24	0.36
2010	271'989	0.00	0.00	0.01	1.59	0.40	1.31	3.95	3.51	5.35	8.69	8.69	9.08	9.10	7.65	8.15	8.46	7.01	6.07	3.91	2.29	0.97	1.51	0.37	0.20	0.66
2011	289'764	0.00	0.18	0.11	1.99	0.80	2.97	5.74	4.31	5.60	9.53	10.48	10.07	9.15	8.43	7.29	6.20	4.82	3.92	2.65	2.01	0.52	1.43	0.24	0.21	0.54
2012	293'195	0.00	0.14	0.25	3.36	1.05	4.01	4.70	4.80	6.51	10.25	10.32	11.69	7.31	8.74	7.21	5.28	3.66	3.45	2.18	1.64	0.45	1.27	0.19	0.13	0.46
2013	279'055	0.00	0.05	0.81	3.09	1.98	4.16	4.56	6.17	9.25	8.58	11.66	11.21	7.17	8.68	5.41	3.81	2.65	2.93	2.14	1.19	0.65	1.52	0.45	0.13	0.21
2014	270'448	0.00	0.24	1.41	2.23	2.24	4.56	4.94	6.23	10.27	9.80	10.93	10.59	6.55	6.81	5.05	2.72	2.07	2.84	2.07	1.85	0.73	1.33	1.47	0.27	0.34
2015	293'735	0.01	0.80	2.33	1.77	2.24	4.18	7.49	6.07	9.71	10.17	11.15	10.40	5.81	6.29	4.53	2.34	1.80	2.72	1.67	1.73	0.96	0.70	1.23	0.42	0.41

Tabelle 7: Geräuschmessung bei der Vorbeifahrt - Verteilung der Messwerte Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 65 dB(A) - 77 dB(A) in [%]

Jahr	Fahrzeuge	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
2005	232'324	0.06	0.01	0.17	1.03	1.61	9.25	22.97	19.52	21.47	19.83	3.11	0.70	0.26
2006	241'719	0.01	0.01	0.17	1.27	3.24	9.95	23.38	20.54	18.96	17.44	4.47	0.55	-
2007	258'145	-	0.10	0.13	1.58	3.73	12.01	21.90	20.67	18.45	16.59	4.42	0.39	0.01
2008	253'259	-	0.27	0.26	2.04	5.24	11.42	22.71	21.15	18.04	14.81	3.75	0.29	0.01
2009	248'128	-	0.37	0.48	3.04	5.64	11.18	22.79	22.06	17.94	13.35	2.93	0.22	-
2010	272'023	-	0.33	0.19	2.93	6.32	11.88	22.19	24.70	17.37	12.25	0.17	-	-
2011	289'941	-	0.38	0.13	4.30	7.86	13.83	18.33	25.40	15.53	12.32	1.67	0.12	-
2012	294'180	-	0.59	0.24	4.13	6.88	14.31	20.03	25.66	14.40	11.88	1.61	0.11	-
2013	280'016	-	0.95	0.43	3.46	7.75	13.30	18.90	23.74	16.95	12.36	1.65	0.22	-
2014	270'779	-	0.65	0.55	3.72	8.91	13.61	18.10	22.81	17.86	11.18	2.08	0.20	-
2015	294'356	-	0.75	0.71	4.34	11.59	13.38	19.54	21.40	15.89	9.61	1.67	0.13	0.00

Tabelle 8: Reifenbreite - Verteilung der Erst-Ausrüster-Reifen Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 145 – 265 mm in [%]

Reifenbreite	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
145	1.31	1.13	0.63	0.42	0.31	0.16	0.14	0.08	0.05	0.03	0.03
155	3.92	4.33	4.31	4.44	4.28	3.94	3.44	2.68	2.09	1.35	0.66
165	5.92	4.99	4.39	4.89	5.49	4.82	3.31	2.93	2.07	2.55	4.13
175	9.52	8.75	7.40	8.58	11.59	12.63	13.36	12.70	10.76	8.97	7.52
185	11.61	12.74	13.49	13.97	11.19	10.30	9.83	8.50	9.10	9.51	10.01
195	23.52	20.06	19.89	19.73	19.95	19.20	19.83	17.62	16.16	14.25	11.24
205	19.93	21.32	20.76	19.41	17.33	16.70	17.02	17.27	22.41	25.90	23.21
215	10.88	10.66	12.03	11.34	11.43	12.70	13.97	15.21	13.90	12.42	15.02
225	7.10	8.52	8.80	9.47	9.42	9.50	8.17	11.68	12.91	12.55	13.44
235	3.37	4.68	4.54	4.51	6.06	6.02	6.46	6.13	5.00	5.71	6.64
245	0.75	0.65	1.15	1.10	1.35	1.92	2.24	2.46	2.47	3.37	3.69
255	1.62	1.63	2.20	1.83	1.31	1.35	1.41	1.48	1.57	1.88	2.30
265	0.14	0.17	0.14	0.10	0.14	0.29	0.39	0.65	0.81	0.76	0.76

Tabelle 9: Felgengrösse - Verteilung der Erst-Ausrüster-Felgen Jahre 2005 bis 2015 – Bereich 12 – 22 Zoll in [%]

Felgengrösse	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
12	0.10	0.08	0.06	0.00	-	0.00	-	-	-	-	-
13	3.92	2.65	1.93	1.90	1.51	1.51	1.14	0.86	0.43	0.38	0.36
14	17.20	16.35	15.97	17.73	17.48	16.21	13.74	12.49	9.77	8.38	7.60
15	33.95	31.53	28.71	27.29	28.58	28.28	29.44	26.63	24.79	22.92	22.36
16	33.83	34.41	37.34	37.64	34.31	34.84	36.02	35.99	39.50	39.70	37.08
17	6.82	9.85	10.36	10.27	13.43	12.30	13.14	15.88	15.33	16.80	19.46
18	3.06	4.14	3.60	2.80	2.64	4.40	3.66	4.09	5.78	6.39	5.95
19	0.83	0.79	1.83	2.15	1.69	1.45	1.87	2.79	2.53	3.03	4.01
20	0.06	0.08	0.12	0.15	0.20	0.53	0.60	0.79	1.32	1.79	2.22
21	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11	0.08	0.05	0.03	0.06	0.05	0.08
22	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02