



Gutachten

**Bestimmung von realen LKW NO_x Emissionen
(Real Driving Emissions)
auf deutschen Autobahnen**

Untersuchungszeitraum: 07.07. - 15.08.2016

Stand: 19. Jan 2017

Autoren: Dr. D. Pöhler, T. Adler

mit Unterstützung von

C. Krufczik, Dr. M. Horbanski, Dr. J. Lampel,

A. De Aguinaga und Prof. U. Platt

Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, Deutschland

Im Auftrag von Camion Pro e.V. Deutschland &
Zweites Deutsches Fernsehen (ZDF)

Kontakt: denis.poehler@iup.uni-heidelberg.de

1 Einleitung - Ziel dieser Studie / Introduction – Aim of this Study

1.1 Deutsch / German

Ziel dieser Studie ist, die Stickoxid (NO_x) Emissionen von LKW auf deutschen Straßen (insbesondere Autobahnen) anhand von realen Emissionsmessungen zu untersuchen. Dabei sollten deutsche und ausländische LKW betrachtet werden. Damit die LKW die NO_x EURO Grenzwerte für EURO 5 (2000mg/kWh gültig seit 1.10.2008) und erst recht für EURO 6 (400mg/kWh gültig seit 1.1.2013) einhalten, verwenden die Fahrzeuge AdBlue, um NO_x bei der Abgasreinigung zu entfernen (siehe Abschnitt 3). AdBlue muss daher regelmäßig nachgefüllt werden, was mit gewissen Kosten verbunden ist. Im Internet sind jedoch sogenannte „AdBlue-Killer“ bzw. „AdBlue Emulatoren“ für unter 50 € einfach erhältlich und in Osteuropa angeblich weit verbreitet. Diese täuschen der LKW-Fahrzeugelektronik eine funktionierende Abgasnachbehandlung vor - so wird der AdBlue Verbrauch verringert oder ganz gestoppt. Damit können die Kosten für AdBlue eingespart werden, bei gleichzeitig deutlich höheren NO_x Emissionen. Bei einem typischen Verbrauch von 1,5l/100km AdBlue und einem Preis von 0,55€/l werden Kosten von 0,825€/100km eingespart. Zwar sind solche „AdBlue-Killer“ in Deutschland illegal, jedoch gibt es bisher keine umfangreiche Untersuchung, wie weit diese „AdBlue Killer“ bei LKW auf deutschen Straßen zum Einsatz kommen und um wieviel die NO_x Emissionen durch diese „AdBlue-Killer“ ansteigen. Auch gibt es bisher keine wirksamen Kontrollmechanismen. Daher war es insbesondere Ziel dieser Studie zu überprüfen, ob einzelne LKW manipulierte oder defekte Abgasreinigungsanlagen aufweisen und diese auf „AdBlue-Killer“ hinweisen bzw. wie groß dieser Anteil ist. Auch sollte betrachtet werden, wie weit die NO_x Emissionen bei den betroffenen Fahrzeugen ansteigen. Anhand dieser Daten sollte außerdem untersucht werden, ob LKW aus einzelnen Ländern besonders oft Hinweise auf „AdBlue-Killer“ aufzeigen.

Die Folge von „AdBlue-Killern“ ist vor allem eine höhere Schadstoffbelastung mit negativen Folgen für Gesundheit und Umwelt. Stickoxide, insbesondere Stickstoffdioxid (NO₂), ist in Deutschland Luftschadstoff Nr. 1. Daher muss die Schadstoffbelastung dringend reduziert werden, um gesetzliche Vorschriften einhalten zu können. Zusätzliche finanzielle Folgen entstehen, da einerseits emissionsarme LKW geringere Gebühren beim deutschen Autobahnmautsystem zahlen. Der Unterschied kann für einen EURO 1 LKW bis zu 0,083€/km sein (im Vergleich zu EURO 6). Diese wären bei der Verwendung von AdBlue-Killern unberechtigt. Andererseits entsteht eine Wettbewerbsverzerrung zwischen den Speditionen, die sich an die Regeln halten und denen, die Kosteneinsparungen durch AdBlue-Killer anwenden.

Ein weiteres Ergebnis dieser Studie ist, die realen NO_x Emissionen von LKW zu untersuchen. Bei Diesel PKWs sind NO_x Abgasmanipulationen (illegale und legale) spätestens seit dem Abgasskandal (2015)

bekannt. Für LKW wurden derartige starke Auffälligkeiten bisher nicht beobachtet. Umfangreiche Untersuchungen von realen Emissionen von LKW sind uns jedoch auch nicht bekannt. Somit kann diese Untersuchung dazu beitragen darzustellen, wie hoch reale LKW NO_x Emissionen tatsächlich sind und ob die realen NO_x Emissionen mit strengeren EURO Emissionsnormen auch wirklich im gleichen Maße reduziert worden sind.

Bei dieser Untersuchung erfolgte die Messung der LKW Emission durch eine Bestimmung der NO_x und CO₂ Konzentration in der Abgasfahne des Fahrzeuges mit einem eigens entwickelten NO_x ICAD Messgerät (Abschnitt 4). Aus einer Vielzahl an Messdaten wurde dann eine NO_x Emission nach dem „Plume-Chasing“ Prinzip berechnet (siehe Abschnitt 4.1 und 4.2). Dabei wird die NO_x und CO₂ Konzentration für eine bestimmte Zeit in der Emissionsfahne hinter dem LKW gemessen. Die Messungen erfolgten an einer Vielzahl an LKW, die mehr oder weniger zufällig gewählt wurden und wobei die Fahrer nichts von der Untersuchung der Emissionen wissen. **Somit können die Emissionen dieser LKW unter realen Bedingungen untersucht werden.** Der bestimmte NO_x Emissionswert wurde mit dem der EURO Norm verglichen, wobei den LKW eine großzügige Toleranz von +1000mg/kWh NO_x zugesprochen wurde, um leichte Grenzwertüberschreitungen von denen mit gravierenden Grenzwertüberschreitungen zu unterscheiden (siehe Abschnitt 6.3.3). Die EURO Norm ist bei vielen LKW durch eine Beschriftung auf dem Fahrzeug eindeutig bestimmbar (siehe Abschnitt 5.2.3). Bei anderen wurde versucht, die EURO Norm anhand von äußeren Kennzeichen zu bestimmen (siehe Abschnitt 5.2.3). Die Länderherkunft der LKW wurde anhand des Nummernschildes der Zugmaschine bestimmt. Die Untersuchungen fanden ausschließlich auf Autobahnen und Schnellstraßen statt, da hier die LKW alle unter ähnlichen Bedingungen fahren.

Eine Übersicht der untersuchten LKW ist in Abschnitt 5 zu finden. Die Ergebnisse der Emissionen sind in Abschnitt 6 ausgewertet. In Abschnitt 6.1 wird auf die Emissionswerte von LKW unterschiedlicher EURO Normen (EURO 6, EURO 5 und EURO 4) eingegangen. Dabei werden bereits deutsche und ausländische LKW unterschieden. Im Abschnitt 6.2 wird speziell auf die LKW eingegangen, die deutlich über dem Emissionsgrenzwert liegen und potenziell „AdBlue-Killer“ verwenden. In Abschnitt 6.3 erfolgt eine zusätzliche umfangreiche statistische Analyse der bestimmten Emissionswerte. In Abschnitt 6.4 sind diese verglichen mit statistischen Daten des Mautsystems (Toll Collect). Im Abschnitt 6.5 sind Beispielbilder der LKW gezeigt, die deutlich über dem Emissionsgrenzwert liegen. Die Ergebnisse werden im Abschnitt 7 zusammengefasst und Schlussfolgerungen gezogen.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung / Summary and Conclusion

7.1 Deutsch / German

In dieser Studie wurden die NO_x Emissionen von LKW im realen Verkehr auf deutschen Autobahnen im Juli und August 2016 untersucht. Die Ergebnisse der Studie sind hier thematisch zusammengefasst.

Untersuchte LKW:

- NO_x Emissionswerte unter realen Fahrbedingungen auf der Autobahn wurden für **254 LKW** bestimmt (Abschnitt 5.2.1)
- 53 LKW hatten ein deutsches Kennzeichen (Zulassung), 201 LKW ein ausländisches Kennzeichen, die sich unterteilen auf die Länder: Polen (73), Bulgarien (20), Tschechien (21), Rumänien (13), Slowakei (10), Ungarn (11), Baltische Staaten (Litauen, Lettland, Estland) (17), Türkei (7), Slowenien (5), andere (24). (Abschnitt 5.2.2)
- 128 LKW (50%) wiesen davon eine klare EURO Norm Kennzeichnung auf: 68 mit EURO 6 (53,1%); 58 mit EURO 5 (45,3%), 2 mit EURO 4 (1,6%). Dabei ist bei deutschen LKW der Anteil an EURO 6 zu EURO 5 LKW höher (59,3% zu 51,5% bei EURO 6 und 37,0% zu 47,5% bei EURO 5). (Abschnitt 5.2.3)
- Für 47 LKW konnte die mindestens erfüllte EURO Klasse anhand von äußeren Kennzeichen nachbestimmt werden. Daraus ergeben sich in der Summe 175 LKW mit bekannter EURO Klasse: 69 mit EURO 6 (39,4%), 102 mit EURO 5 (58,3%), 4 mit EURO 4 (2,3%). Dabei ist bei deutschen LKW der Anteil an EURO 6 zu EURO 5 LKW leicht höher. Durch die Nachbestimmung steigt vor allem der Anteil an EURO 5 LKW, so dass sich die Anteile verändern: EURO 6 47,1% zu 37,6% für deutsche gegenüber ausländischen LKW und für EURO 5 analog 47,1% zu 61,0%. (Abschnitt 5.2.3). Es wurde jeweils sichergestellt, dass die Einbeziehung der LKW anhand nachbestimmter EURO Klassen die Ergebnisse dieser Studie nicht wesentlich verändern.

Überschreitung der EURO Emissionsgrenzwerte, Erkennung von Defekten / Manipulierten

Abgasreinigungssystemen:

Die bestimmten NO_x Emissionen der LKW wurden mit den zulässigen Emissionen der EURO Normen der jeweiligen LKW verglichen. Dabei wurde zusätzlich zu den Grenzwerten der EURO Norm noch ein Toleranzaufschlag von +1000mg/kWh gewährt (hier in der Summe als Grenzwert* bezeichnet), um sowohl höhere Emissionen im realen Fahrbetrieb („Real Driving Emissions“) abzudecken, als auch mögliche Messfehler und Einflüsse durch die kurze Dauer der Messung abzudecken. **Durch den großzügigen Toleranzwert sollte sichergestellt werden, dass wirklich nur die LKW über dem Grenzwert* identifiziert werden, die zweifellos eine defekte Abgasreinigung aufweisen und auf eine mit „AdBlue Killer“ manipulierte Abgasreinigung hindeuten.** Damit ergibt sich ein NO_x Emissionsgrenzwert* dieser Studie von 1400mg/kWh für EURO 6 und 3000mg/kWh für EURO 5 LKW :

- **23% der Ausländischen LKW (23 LKW) liegen über dem Grenzwert*** (18,9% der EURO 6; 25,6% der EURO 5) und wurden als defekte / manipulierte LKW identifiziert. Diese Gruppe besteht fast ausschließlich aus osteuropäischen LKW (Abschnitt 6.2.1).
- **nur 3% der deutschen LKW (1 LKW) liegen über dem Grenzwert*** (6,9% der EURO 6, 0% der EURO 5). Auch hier kann es sich um eine defekte Abgasreinigung handeln (Abschnitt 6.2.1).
- **Defekte Abgasreinigungssysteme, die auf Manipulationen mit „AdBlue Killer“ hindeuten sind fast ausschließlich bei ausländischen (und zwar osteuropäischen) LKW zu beobachten. Die Stichprobe deutet an, dass dies vor allem LKW aus Polen, den Baltischen Ländern (Litauen, Lettland, Estland), der Slowakei, Rumänien, Bulgarien, Ungarn und anderen osteuropäischen Ländern betrifft** (Abbildung 6.15). Hingegen wurde kein LKW aus der Tschechei mit Grenzwertüberschreitungen beobachtet und nur zwei LKW aus den westeuropäischen Ländern (inkl. Deutschland).
- Die NO_x Emissionen, der als Defekt erkannten EURO 6 LKW, liegen im Mittel bei 1791mg/kWh und somit 240% über den funktionsfähigen LKW dieser Norm (Abschnitt 6.1.4). Diese Emission defekter Euro 6 LKW liegt auch über der mittleren Emission von funktionierenden EURO 5 LKW (1548mg/kWh) und in der Nähe von EURO 4 LKW (2263mg/kWh).
- Die NO_x Emissionen, der als defekt erkannten EURO 5 LKW, liegen im Mittel bei 3752mg/kWh und steigen gegenüber den funktionsfähigen LKW um 243% an (Abschnitt 6.1.4). Die Emission liegt auch über der mittleren Emission von EURO 4 LKW (2263mg/kWh) und erreicht im Mittel nur EURO 3 Niveau.
- **Der Anteil an LKW mit defekter / manipulierter Abgasnachbehandlung unter den ausländischen LKW ist möglicher Weise bis zu 40%. Denn würde ein etwas geringerer**

Toleranzbereich der realen Emission eingeräumt steigt der Anteil dieser Gruppe schnell auf 34% (Abschnitt 6.2.1). Bei LKW ohne EURO Kennzeichnung ist der Anteil möglicherweise noch höher.

Reale Emissionen von EURO 6, EURO 5 und EURO 4 LKW (bei funktionsfähige Abgasnachbehandlung):

- EURO 6 LKW zeigen meist reale Emissionen zwischen 600 bis 1000mg/kWh. Sie liegen dabei bereits deutlich über der EURO 6 Norm (400mg/kWh) und auch über dem Grenzwert für reale Emissionen (600mg/kWh) (Abbildung 6.3). Die Emissionen liegen einen Faktor 2 bis 2,5 niedriger als EURO 5 Emissionen. Damit ist die Verringerung deutlich geringer als die erwartete Verringerung um Faktor 5 (laut EURO Norm) (Abschnitt 6.1.4.1).
- EURO 5 LKW NO_x Emissionen liegen zwischen 500 und 2500mg/kWh (Abbildung 6.8). Sie erfüllen damit fast vollständig die EURO 5 Norm (2000mg/kWh), trotz der erschwerten Bedingungen für reale Fahrten (Abschnitt 6.1.4.2).
- EURO 4 Emissionen liegen zwischen 1500 und 3500mg/kWh (Mittel 2263mg/kWh) (Abbildung 6.10). Sie liegen damit nur einen Faktor 1,45 über dem der EURO5 LKW (erwartet war 1,75) und deutlich im Bereich der EURO Norm (Abschnitt 6.1.4.3).

Statistische Analyse aller Emissionsmessungen:

Betrachtet man die bestimmten NO_x Emissionen der untersuchten LKW statistisch und bestimmt daraus wie viel Prozent der Fahrzeuge, welche EURO Norm erfüllen (Abschnitt 6.3.4), ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Kaum LKW erfüllen die EURO 6 NO_x Emissionsnorm (Abschnitt 6.3.1, Abbildung 6.19), und nur 17% wenn die Toleranz für reale Emissionen (RDE-Toleranz mit Faktor 1,5 der Norm) berücksichtigt wird (Abschnitt 6.3.2, Abbildung 6.21). Der Anteil ist deutlich geringer als EURO 6 LKW vermessen wurden. D.h. EURO 6 LKW weisen statistisch höhere Emissionen auf als laut Norm erwartet (Abbildung 6.28 - 6.30).
- Werden den LKW größere Emissionstoleranzen zugestanden (in dieser Studie +1000mg/kWh gegenüber der EURO Norm), erreichen statistisch der Großteil der Fahrzeuge die Emissionen für EURO 6 und EURO 5 (Abschnitt 6.3.3, Abbildung 6.25).

- Die statistische Verteilung der NO_x Emissionen sind für ausländische LKW deutlich höher als für deutsche LKW, was nicht durch einen derart unterschiedlichen Anteil der LKW erklärt werden kann (Abschnitt 6.3.4).
- Ein großer Teil der ausländischen LKW erreicht trotz der großen Toleranz (+1000mg/kWh) nicht die EURO 5 Norm. Mehr als 15% weisen stattdessen NO_x Emissionen von EURO 4 , EURO 3 und sogar EURO 2 auf, obwohl in der betrachtete Gruppe der LKW nur 1% EURO 4 entsprechen (Abschnitt 6.3.4, Abbildung 6.30). D.h. unter ausländischen LKW sind einzelne, welche deutlich höhere Emissionen aufweisen. Dies belegt ebenfalls, dass es sich um defekte / manipulierte Abgasreinigungen handelt.

Vergleich mit statistischen Daten des Mautsystems (Toll Collect):

Die aus den NO_x Emissionsmessungen bestimmte Verteilung der EURO Klassen der LKW (unter Einbeziehung der Emissionstoleranz +1000mg/kWh) wurde mit der Verteilung der EURO Klassen der LKW laut Mautstatistik (Toll Collect) verglichen (Abschnitt 6.4). Dabei wurden deutsche und ausländische LKW unterschieden mit dem folgenden Ergebnis:

- Deutlich mehr ausländische LKW werden nach den NO_x Emissionen in eine EURO Klasse 4 und älter zugewiesen (mind. 19%) als diese Fahrzeuge statistisch auf der Autobahn unterwegs sind (7%). Das bedeutet, dass unter den ausländischen LKW, einige, deutlich höhere Emissionen aufweisen als erwartet (trotz eingeräumter Emissionstoleranz) und daher auf defekte / manipulierte Abgassysteme hindeuten.
- Für deutsche LKW ist keine Diskrepanz zwischen Mautstatistik und bestimmten EURO Klassen anhand der NO_x Emissionsmessung zu beobachten. Eher weisen die deutschen LKW niedrigere Emissionen auf (bei eingeräumten Emissionstoleranz) als dies laut der Mautstatistik erwartet wäre.

Technische Schlussfolgerungen und Ausblick:

- In dieser Studie konnte ergänzend zu bereits vorangegangenen Untersuchungen von realen Fahrzeug-Emissionsmessungen gezeigt werden, dass mit dem neuartigen mobilen ICAD NO_x Messinstrument in kurzer Zeit verlässliche NO_x Emissionsmessungen an einer Vielzahl einzelner Fahrzeuge unter realen Fahrbedingungen nach dem „Plume Chasing“ Prinzip durch das unbemerkte Hinterherfahren in der Abgasfahne durchgeführt werden können (Abschnitt 4). Diese Methode ist effektiv um reale Emissionsmessungen einer Vielzahl an Fahrzeugen zu bestimmen, besonders wo die Verwendung von Portablen Emissionsmesssystemen (PEMS) direkt am Fahrzeug aus technischen Gründen nicht möglich ist, z.B. bei Motorrädern.
- **Dieses Messsystem eignet sich für Behörden, Institutionen und Forschungseinrichtungen**, um reale Emissionsuntersuchungen, sogenannte „Real Driving Emissions“ aller Arten von Fahrzeugen, die auf der Straße im Laufe ihres Lebenszyklusses unterwegs sind, durchzuführen. Es kann unter anderem dazu dienen, mögliche Manipulationen oder Defekte in der Abgasreinigung einzelner Fahrzeuge aufzudecken. Daraus können zum Schutz von Mensch und Natur konkrete Maßnahmen ergriffen werden. Weltweit ist kein vergleichbares NO_x-Messgerät bekannt.
- Typischer Weise kann innerhalb einer Stunde die NO_x Emission von 10 bis 15 mehr LKW untersucht werden. Daher konnte ein LKW mit defektem / manipuliertem Abgasreinigungssystem in weniger als 30 Minuten identifiziert werden.
- **Die Studie zeigt auch erneut die Notwendigkeit, dass NO_x Messungen in die regelmäßige, periodische Abgasuntersuchungen zur Identifizierung von Abgasdefekten durch Alterung etc. langfristig einzubeziehen sind. Diese sind zwar von der EU seit längerem angestrebt, aber aufgrund bislang fehlender technisch adäquater Messverfahren konnte dieser Ansatz bisher nicht umgesetzt werden.** Das hier angewendete ICAD Messverfahren stellt in diesem Zusammenhang eine verlässliche und zukunftsweisende Lösung dar.