



Deutscher Bundestag
5. Untersuchungsausschuss
der 18. Wahlperiode

Ausschussdrucksache
18(31)40



Schriftliches Statement

Anhörung von Sachverständigen im Untersuchungsauftrag
(Drucksache 18/8273 und 18/8932)

Langjährige Hinweise für zu hohe Stickoxid (NO_x) Fahrzeugemissionen im realen Verkehr

Stand: 24. August 2016

Dr. D. Pöhler,

Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, Deutschland

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

Einleitung Stickoxide

Unter Stickoxiden mit dem chemischen Kürzel NO_x wird die Summe von Stickstoffmonoxid (NO) + Stickstoffdioxid (NO_2) bezeichnet. Sie entstehen in der Umgebungsluft bei Prozessen unter hohen Temperaturen aus Stickstoff (N_2) und Sauerstoff (O_2). (Andere Quellen z.B. biologische sind sehr gering). Somit resultieren Stickoxide aus allen Verbrennungsvorgängen. Die Menge hängt aber von weiteren Parametern wie Temperatur, Sauerstoffüberschuss und Druck ab. Als Folge weisen primär Dieselfahrzeuge (höhere Verbrennungstemperatur, höherer Sauerstoffüberschuss) deutlich höhere Stickoxidemissionen auf als vergleichbare Benzinfahrzeuge. Auch der Anteil von NO_2 am NO_x ist unterschiedlich und in der Regel beim Dieselfahrzeug deutlich höher. In Städten stellen Fahrzeugemissionen mit Abstand die größte Quelle der Stickoxidemissionen dar. Emissionen aus der Energiewirtschaft, Industrie und Heizungen sind zwar landesweit nicht zu vernachlässigen, spielen aber aufgrund ihrer Lage und Schornsteinhöhe für die lokale Schadstoffbelastung der Bevölkerung eine geringe Rolle.

Die emittierten Stickoxide sind chemisch sehr reaktiv. Es finden andauernd Reaktionen statt. So reagiert das NO mit dem Ozon (O_3) der Luft (wenn vorhanden) schnell zu NO_2 (zusätzlich entsteht O_2). Andererseits wird bei Tageslicht NO_2 wieder zu NO unter Ozonproduktion umgewandelt, ein kontinuierlicher Kreislauf. Andere Reaktionen mit HO_2 / OH -Radikalen spielen ebenfalls eine Rolle. Es ist daher meist eine Gesamtbetrachtung der verschiedenen involvierten Gase nötig. Durch meteorologische Bedingungen findet ebenfalls je nach Wettersituation eine starke horizontale oder vertikale Vermischung statt.

Vor allem Stickstoffdioxid (NO_2) ist stark toxisch und wird mit Asthma, Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Verbindung gebracht. NO ist im Gegensatz dazu relativ unschädlich, jedoch kann daraus wie erwähnt ebenfalls toxisches NO_2 gebildet werden. Daher wird für die Emissionen die Summe der Stickoxide (NO_x) herangezogen.

NO_2 Immissionsgrenzwerte

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurde ab 2010 europaweit für NO_2 der 1-Stunden-Grenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgelegt, der nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden darf. Der Jahresgrenzwert beträgt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (39. BImSchV, Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG).

Die NO_2 -Belastung ist in deutschen Städten und fast generell in allen Industrienationen seit 30 Jahren sehr hoch. In Deutschland gilt NO_2 als Luftschadstoff Nr. 1 (Umweltbundesamt 2015), da z.B. aktuell immer noch an ca. 60% der verkehrsnahen Umweltmessstationen der zugelassene Grenzwert überschritten wird (bei Feinstaub ist dies kaum noch der Fall). Deutschland droht daher ein EU-Vertragsverletzungsverfahren.

Verschärfte NO_x Emissionsgrenzwerte ohne Auswirkungen

Zur Reduzierung der NO_x - (insbesondere der NO_2 -) Belastung wurden mit den neuen Emissionsgrenzwerten für Kraftfahrzeuge in Europa die erlaubten NO_x Emissionen deutlich reduziert. Dies betrifft PKW, LKW und Busse, die jeweils unterschiedliche Definitionen der Emissionen verwenden (mg/km bzw. mg/kWh), was praktische Ursachen hat. Generell wurden Dieselfahrzeugen

deutlich höhere Emissionen zugestanden, da bei diesen technisch eine Emissionsminderung viel schwieriger ist. Schrittweise von der EURO 3 Norm (ab 2000) bis zur EURO 6 Norm (2013 / 2014) wurde explizit eine deutliche Reduktion der NO_x -Emissionen festgelegt, die bei Dieselfahrzeugen noch stärker ausgefallen ist (Abbildung 1). Damit haben sich die erlaubten Emissionen fast ganz angenähert. Bei der Fahrzeugzulassung, wo die Emissionen auf einem Prüfstand mit einem definierten Prüfzyklus bestimmt werden, halten die neuen Fahrzeuge jeweils ihre erlaubten Emissionen ein.

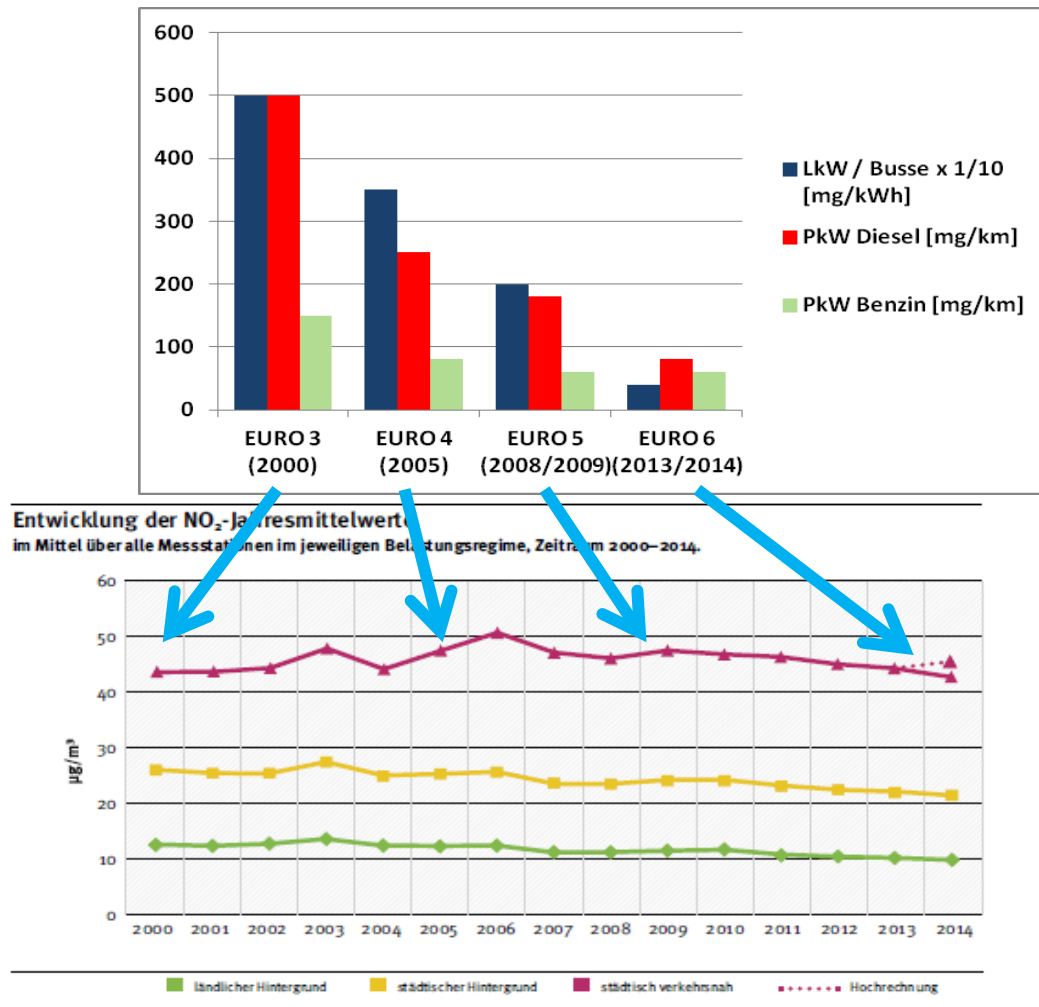


Abbildung 1: Entwicklung der NO_x -Emissionsgrenzwerte für Busse, LKWs und PKWs (oben) gegenüber der NO_2 -Immissionsbelastung in Deutschland (Jahresmittelwerte), [Umweltbundesamt, 2015]

Vergleicht man dazu den Verlauf der NO_2 -Belastung an den verkehrsnahen Umweltmessstationen (hier ist der Verkehr die absolut dominierende Quelle der Belastung), so zeigt sich trotz dieser strengeren Emissionsgrenzwerte keine Verbesserung (Abbildung 1 unten). Auch die zu erwartende gewisse zeitliche Verzögerung aufgrund des langsameren Austauschs von Altfahrzeugen hatte keine Wirkung. Stattdessen hat sich die Belastung sogar zwischen 2000 und 2006 verschlechtert und bleibt seitdem auf gleich hohem Niveau. Dies konnte in mehreren Studien gezeigt werden. Auch Untersuchungen unseres Instituts zeigen seit Jahren weiterhin sehr hohe NO_2 -Belastungen in deutschen Städten.

Zwar gibt es auch gegenläufige Entwicklungen, die die NO₂-Belastung erhöhen, diese können die konstant hohe Schadstoffbelastung jedoch nicht erklären. So stieg z.B. bei Diesel-PKW's der Anteil von direkt emittierten NO₂ am NO_x von unter 10% (EURO 1) auf 30% (ab EURO 3, danach etwa konstant) [Hausberger, 2010], was die direkte NO₂-Belastung in der Straße erhöht. Auch nahm der Anteil an Diesel-PKW's deutlich zu [ICCT 2013] und das Fahrzeugaufkommen hat sich teilweise erhöht. In der Summe hätten aber die Emissionen, vor allem durch den Verkehr, über die Jahre deutlich abnehmen müssen [Umweltbundesamt, 2016]. Auch Immissions-Modelle, die alle chemischen Prozesse mit berücksichtigen (also auch die erwähnten Änderung), hatten eine deutliche Reduktion der NO₂-Belastung durch die neuen EURO-Normen vorhergesagt [IFEU, 2007].

Daher ist seit Jahren eindeutig zu schließen, dass sich die realen Emissionen kaum oder gar nicht mit den neuen EURO-Normen reduzieren lassen, obwohl die Fahrzeuge bei der Typenprüfung die geringeren Emissionen einhalten. Dies muss einen Großteil der Fahrzeuge einschließen (nicht nur einzelne Modelle), ansonsten ist die große Abweichung nicht zu erklären. Diese Schlussfolgerung ist auch seit Jahren in Wissenschaft, Behörden und Politik bekannt. Konsequenzen blieben jedoch weitestgehend aus.

So schreibt die EU Kommission [2013]: *„Dieselemissionen sind hauptverantwortlich für die Überschreitung der NO₂- und NO_x-Grenzwerte. Obgleich die NO_x-Emissionsgrenzwerte für Diesel-PKW's zwischen 1993 und 2009 (Übergang von Euro 1 zu Euro 5) um das Vierfache verschärft wurden, haben nach Schätzungen die durchschnittlichen NO_x-Emissionen unter realen Fahrbedingungen leicht zugenommen. Dies ist mit Abstand die wichtigste Ursache der gegenwärtigen Grenzwertüberschreitung.“*

Auch das Landesumweltamt Baden Württemberg schreibt [2014]: *„Ein wesentlicher Grund für die nur geringe Abnahme der NO₂-Belastung an den städtischen Spottmessstellen liegt darin, dass die NO_x-Emissionsminderungen bei Kraftfahrzeugen deutlich schwächer ausfallen, als dies die Kfz-Euro-Normen erwarten lassen. Die Abgasgrenzwerte von neuen Fahrzeugen wurden zwar Schritt für Schritt abgesenkt. Jedoch sind die Prüfzyklen, mit denen die Einhaltung der Grenzwerte bei der Zulassung der Kraftfahrzeugtypen überprüft wird, nicht repräsentativ für die innerstädtisch auftretenden Fahrzustände.“*

Messungen der „realen Fahrzeugemissionen“ (RDE)

Bereits im Jahr 2006 wurde in einem der wichtigsten Berichte zu Fahrzeugemissionen [Hausberger, 2006] darauf hingewiesen, dass durch die EURO 5 Gesetzgebung keine deutliche NO_x-Minderung in realen Fahrzyklen erwartet werden kann, wenn das Typprüfverfahren dabei unverändert bleibt. Dies gilt auch für die neueste EURO 6 Norm [Hausberger, 2010].

Die Untersuchungen durch die Wissenschaft und Behörden im Bereich der „Real Driving Emissions“ (RDE) haben sich vor allem durch die technische Entwicklung von „Portable Emission Measurement Systems“ (PEMS) **seit dem Jahr 2010 intensiviert. Sie zeigen alle eindeutig, dass die Diesel PKW neuerer EURO Emissionsnormen im Realen (RDE) keine oder nur geringe NO_x-Emissionsreduktionen aufweisen. Dies betrifft im Wesentlichen die Dieselfahrzeuge aller Hersteller.** Somit liegen bei diesen Fahrzeugen die realen Emissionen (RDE) und die beim Prüfzyklus

immer weiter auseinander. Bei Benzinern scheint jedoch die Reduktion der Emission im Realen (RDE) der Typprüfung und EURO Norm zu folgen (Abbildung 2).

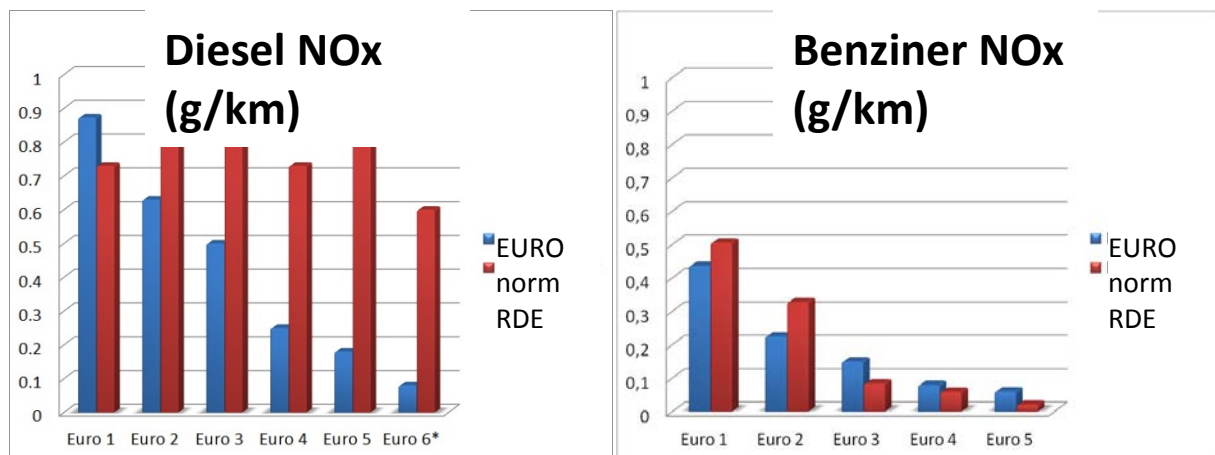


Abbildung 2: Entwicklung der EURO-Emissionsnorm für Diesel und Benzin PKWs im Vergleich zu realen Emissionen (RDE) [Hausberger, 2010, mit Ergänzungen zu EURO 6 von Franco et al. 2014]

Einige der einschlägigen Publikationen sind im Folgenden aufgelistet. Sie zeigen teilweise auch, wie die Emissionen der Hersteller so optimiert wurden, um der Typenprüfung der EURO Normen zu entsprechen ohne sie im Realen (RDE) einhalten zu können:

- Hausberger [2010]: „Die Abnahmen der NOx-Emissionen waren allerdings im CADC („real world“) deutlich weniger ausgeprägt als im NEDC.“ (NEDC = New European Driving Cycle) „Infolge des Trade-Offs zwischen Wirkungsgrad und NOx bei der Auslegung der Verbrennung führt eine verbrauchsoptimierte Applikation außerhalb der NEDC Lastbereiche tendenziell zu hohen NOx-Rohemissionen. Da bei Diesel-PKW bis EURO 5 keine effiziente Abgasnachbehandlung für NOx in Serie ist, gelangen die NOx Rohemissionen ungemindert in die Atmosphäre.“
→ zeigt wie die Emissionen für den NEDC Prüfzyklus bereits optimiert wurden! „Eine Verbesserung bedarf also insbesondere einer Adaption des Typprüfzyklus.“
- Weiss et al. [2012], Europäische Kommission: Zeigte, dass die RDE NOx Emissionen von Dieselfahrzeugen bis EURO 5 eher anstiegen und damit ein Vielfaches über dem EURO Norm Wert liegen. Mit EURO 6 reduzieren sich zwar die RDE Emissionen, liegen aber immer noch ein Vielfaches über dem Grenzwert. Die CO₂-Emissionsgrenzwerte überschreiten hingegen nur 10-20% der offiziellen Werte.
- Carslaw und Rhys-Tyler [2013]: Zeigten die konstant hohen Emissionen neuer EURO 3 – Euro 5 Diesel PKW.
- Hogman und Amundsen [2013]: Euro 5 und EURO 6 Diesel PKW Emissionen liegen im Realen (RDE) bis ca. 10 Mal über der EURO Norm.
- Rexeis et al. [2013], HBEFA Version 3.2: Aktualisierung der HBEFA Daten für reale Emissionen (werden z.B. von Modellen genutzt). **Diese stellen eindeutig zusammen, dass die realen Emissionen von Dieselfahrzeugen ein Vielfaches über den EURO Normen liegen. Diese Daten werden auch von Behörden als offizielle reale Emissionsdaten verwendet. Somit ist für alle Behörden ersichtlich, dass reale Emissionen von denen bei der Fahrzeugzulassung deutlich abweichen.**

- Chen und Borken-Kleefeld [2014]: Zeigt einen starken Anstieg der realen NO_x-Emissionen für Dieselfahrzeuge ab 1995 bis 2000 und auf konstant hohem Niveau danach. **Der Unterschied zwischen Testzyklus und RDE ist am ehesten durch einen unterschiedlichen Motorzustand in den jeweiligen Tests zu erklären.** Andere Emissionen sind davon nicht betroffen.
- Franco et al. [2014]: Zeigt, dass moderne Dieselfahrzeuge im Realen eine vielfache Überschreitung der EURO Norm Emission aufweisen (Abbildung 3). Bei CO₂ fällt die Überschreitung deutlich geringer aus.
- Kanatschnig et al. [2014]: Eine Untersuchung unserer Arbeitsgruppe der NO₂-Emissionen in der Stadt Mainz bestätigte bisherige Studien. Einzelne Fahrzeuge vor allem Diesel weisen besonders hohe Emissionen auf.
- TNO [2015]: Reale NO_x-Emissionen liegen bei EURO 4 – EURO 6 Fahrzeugen deutlich über denen der Typzulassung. Die realen Emissionen reduzieren sich kaum.
- LUBW [2015]: Die realen Emissionen eines VW Passat CC (EURO 6) liegen 10-fach über denen der EURO Prüfzulassung.
- Franco und Mock [2015]: Bei einem Seminar zu realen Emissionen in Brüssel wird vom ICCT klar die deutlich überhöhten NO_x-Emissionen von modernen Dieselfahrzeugen vorgestellt.

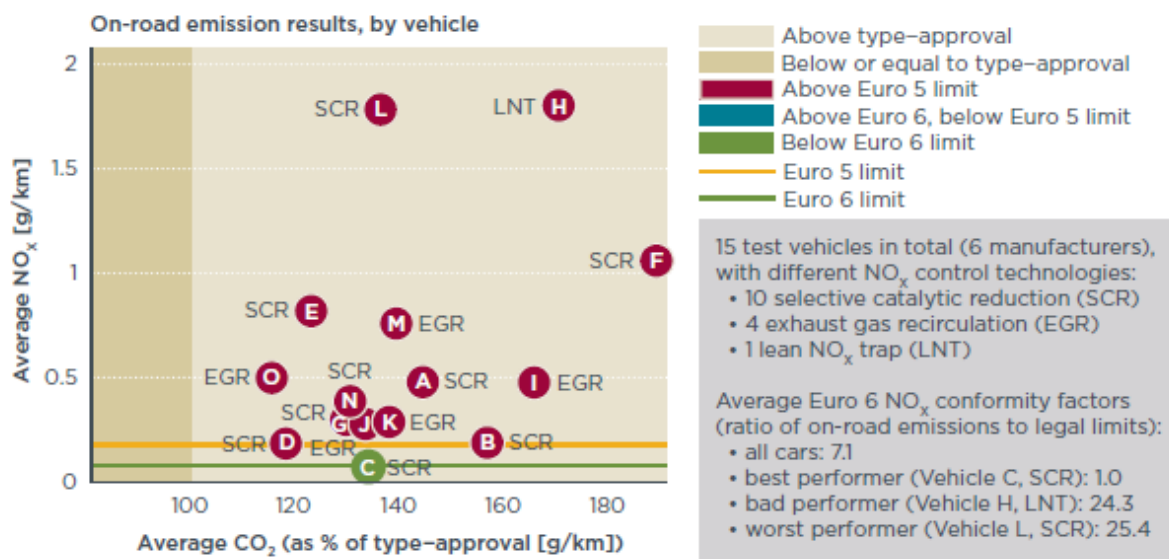


Abbildung 3: Reale Emissionen von modernen Diesel PKWs von Franco et al. [2014] zeigen eine Überschreitung der NO_x-Normen um ein Vielfaches. CO₂-Emissionen liegen 20 – 90% über dem offiziellen Wert.

Erkenntnisse über gezielte Manipulationen / Abschaltvorrichtungen

Spätestens seit der umfangreichen Studie von Hausberger 2010, der wichtigsten Literatur zu Emissionsangaben, ist deutlich geworden, dass der Motorzustand von modernen Dieselfahrzeugen so ausgelegt ist, dass er im EURO NORM Prüfzyklus (NEDC) die NO_x Emissionswerte einhält. Im realen Betrieb befindet sich der Motor jedoch nicht in diesem Motorzustand, so dass vielfach höhere Emissionswerte auftreten. Die Motorzustände wurden so manipuliert, um die Werte im NEDC-Zyklus gerade noch einzuhalten. Die Schwächen der Prüfung wurden hier ausgenutzt. Dies betrifft im Wesentlichen Dieselfahrzeuge aller Hersteller.

Ob es sich um Abschaltvorrichtungen oder Ähnliches handelt, ist in den Veröffentlichungen nicht zu finden, auch wenn es Hinweise darauf gibt [Chen und Borken-Kleefeld, 2014]. Ursache hierfür sind sicher auch die rechtlichen Folgen einer solchen Aussage. So können durch Verleumdungsklagen und Geschäftsschädigung, Schadensersatzansprüche in Millionenhöhe entstehen. Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) hat wegen derartiger Aussagen mehrere Klagen der Automobilindustrie anhängen. Ein Rechtsstreit David gegen Goliath, den die meisten sonst meiden.

Kenntnisse bei Behörden und Politik

Aus der aufgelisteten Literatur scheint es abwegig, dass Behörden und Politik nicht über die deutlichen Abweichungen der NO_x Emissionen im realen Verkehr wussten. Einige der Studien wurden von den Umweltbehörden oder in deren Auftrag durchgeführt. Gleichzeitig erfolgten Berichterstattungen an Behörden und die Politik (wie der EU Kommission [2013]).

Die Emissionsfaktoren aus den HBEFA (Handbook Emission Factors for Road Transport) - Studien dienen generell als Grundlage für fast alle Modelle und Untersuchungen der Länder (z.B. auch Landesumweltamt Baden Württemberg - LUBW 2015). Diese wurden und werden sowohl von den deutschen Umweltbehörden (Bundesländer und Umweltbundesamt) als auch vom Kraftfahrtbundesamt als Grundlage für reale Emissionen herangezogen. Zudem fanden diese Studien teilweise auch im Auftrag des Umweltbundesamtes statt (HABEFA Version 2.1). Spätestens seit der 2009 veröffentlichten Version 3 [Hausberger et al. 2009] ist offensichtlich, dass die realen NO_x-Emissionen von Dieselfahrzeugen ein Vielfaches über denen der EURO-Norm liegen. Diese Tatsache ist somit seit langem bekannt; mit diesen erhöhten Emissionszahlen wurde seit geraumer Zeit in den Behörden gearbeitet.

In Deutschland informiert die Deutsche Umwelthilfe (DUH) Politik und Gesellschaft ganz aktiv über die Umweltverschmutzung. Diese hatte bereits am 10. Feb. 2011 das Bundesverkehrsministerium auf mögliche Abschaltvorrichtungen der Abgasreinigung hingewiesen (Angaben DUH). Das BMVBS erklärt, das Problem zu kennen. Die DUH fordert erneut (erfolglos) die Kontrolle der von den Herstellern ermittelten Werte durch die Prüfbehörde (KBA). Erstmals spricht die DUH Probleme von Volkswagen mit zu hohen NO_x-Emissionen an. Am Beispiel des Passat Euro 6 werden konkret „die hohen NO_x-Emissionen, die über den Werten für Euro 5 liegen“ genannt. Diese „sind nach Resch und Friedrich rechtswidrig“, so das DUH Gesprächsprotokoll.

Des Weiteren präsentiert die DUH am 19. Juli 2011 in einer Presseerklärung, wie die NO_x Emissionen eines BMW regelrecht explodieren (30-fache des Grenzwertes), wenn der Prüfzyklus leicht verändert wird. Die DUH kritisiert in der Pressemitteilung, dass das „*Problem der hohen Emissionen außerhalb des Prüfzyklus seit Jahren bekannt sei*“ und forderte erneut die Bundesregierung zum Handeln auf („*Messung außerhalb des Prüfzyklus*“). Trotz intensiver Medienberichterstattung gab es aber weiterhin keinerlei Reaktion des Ministeriums bzw. des Kraftfahrtbundesamtes.

Auch ist die DUH ab 19. März 2014 in Kontakt mit der Bundesumweltministerin Hendricks um diese auf hohe NO_x-Emissionen bei Bussen insbesondere der Marke Evobus (Daimler) hinzuweisen. Die Thematik wird in einem Fachgespräch am 5. November 2014 zwischen der DUH mit der zuständigen Abteilungsleiterin im BMUB sowie weiteren leitenden Mitarbeitern des BMUB vertieft. Auf Seiten des Ministeriums scheint keine Bereitschaft da zu sein, in der Sache aktiv zu werden. Daraufhin wendet

sich die DUH mit Schreiben vom 9. Dezember 2014 erneut an Ministerin Hendricks. Am 19. März 2015 erhält die DUH ein Antwortschreiben der Ministerin, indem das BMUB offensichtlich kein Zweifel hat, dass die „Emissionsminderungen ... insgesamt jedoch hinter den Erwartungen zurückblieben“. Gleichwohl sagt die Ministerin jegliche Initiative mit der bezeichnenden Formulierung ab: „Nach hiesigem Kenntnisstand erfüllen die Hersteller jedoch dessen ungeachtet die Anforderungen der EU-Abgasvorschriften, so dass keine rechtliche Handhabe besteht, um technische Verbesserungen am Fahrzeug zu ‘verlangen’.“

Aufgrund der Vielzahl an Informationen über zu hohe reale NO_x-Emissionen von Dieselfahrzeugen, die jedem in der Branche geläufig waren, scheint es nicht plausibel, dass Behörden und Politik behaupten, von dem Problem vor dem Aufdecken des VW Abgasskandals am 18. September 2015 nichts gehört zu haben. Es erfolgte ebenfalls kein Handeln, diese Problematik aktiv anzugehen. Es zeigt sich auch, dass ein ähnliches Versäumnis wie bei modernen Diesel PKW auch bei Bussen und nachgerüsteten Fahrzeugen (vor allem ältere Busse) vorliegt. Ein Handeln in diesen weiteren Angelegenheiten ist beim KBA bisher nicht anzutreffen.

Versäumnisse & Probleme

Versäumnisse, das Problem zu hoher realer NO_x-Emissionen rechtzeitig anzugehen und damit die Gesundheit der Bevölkerung zu gefährden, sind auf unterschiedlichen Ebenen und in diversen Bereichen zu finden. So haben die Landesumweltämter und das Umweltbundesamt trotz des Wissens zu hoher NO₂-Schadstoffbelastung und deren Hauptverursacher nicht ausreichend Druck auf Politik und KBA ausgeübt. Dass auch moderne Dieselfahrzeuge sehr hohe, und deutlich über den EURO Normen, reale Emissionen aufweisen wurde hingegenommen. Das KBA hat nach meinem Kenntnisstand keinerlei Initiative ergriffen, diese Problematik anzugehen. So fanden von den analogen Ämtern in anderen Europäischen Ländern (z.B. TNO, TOI, Umweltbundesamt GmbH Österreich) seit Jahren direkt oder in dessen Auftrag erfolgte Untersuchungen zu realen Fahrzeugemissionen statt. Viele der erwähnten Erkenntnisse stammen aus diesen Studien. Eine ähnliche Untersuchung vom KBA ist bis zum Aufdecken des VW Abgasskandals und den damit folgenden politischen Druck nicht anzutreffen. Wobei diese KBA Studie aus dem Jahr 2016 bisher nicht öffentlich ist. Dies ist durchaus verwunderlich, da es zahlreiche Belege gab und das KBA für eine Vielzahl an europäischen Fahrzeugzulassungen zuständig ist. Dies lässt vermuten, dass zu enge Verflechtungen von KBA und Autoindustrie hier Ursache gewesen sein können.

Ein Versagen ist unter Umständen auch den unabhängigen Prüfeinrichtungen wie TÜV und DEKRA indirekt zu unterstellen. Obwohl in diesen Institutionen die Problematik deutlich höherer NO_x-Emissionen beim leichten Abweichen vom Prüfzyklus bekannt war, haben sie sich hinter den vorhandenen Richtlinien versteckt. Mögliche Ursache kann hier vor allem die wirtschaftliche Abhängigkeit dieser Institutionen von der Autoindustrie sein.

Ein großes Problem derartiger Fälle ist die große Einflussnahme einzelner Wirtschaftszweige auf Politik, Behörden und Gesellschaft, um eigenen Wirtschaftsinteressen durchzusetzen. Der Politik und den Behörden ist Versagen vorzuwerfen, die Richtlinien der Emissionsprüfungen nicht angepasst zu haben, obwohl dies mehrfach deutlichen von Experten seit Jahren gefordert wurde.

Quellen:

- Umweltbundesamt [2015], Dessau, Luftqualität 2014, Vorläufige Auswertung
- Hausberger [2010], Fuel Consumption and Emission of Modern Passenger Cars
- ICCT [2013], European Vehicle Market, Statistics; Pocketbook 2013
- Umweltbundesamt [2016], Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990 bis 2014 (Stand 03/2016)
- IFEU Heidelberg [2007], Zukünftige Entwicklung der NO₂-Emissionen des Verkehrs und deren Auswirkung auf die NO₂-Luftbelastung in Städten in Baden Württemberg
- EU Kommission [2013] – Mitteilung an das Parlament Dez. 2013, The Clean Air Policy Package Summary Report (Document 52013SC0532):
- LUBW [2015], Hintergrundinformation Luftqualität 2014, Ministerium Für Verkehr und Infrastruktur
- Hausberger [2006], Fuel Consumption and Emissions of Modern Vehicles Part “Passenger Cars“
- Hausberger [2010], HBEFA - Handbook Emission Factors for Road Transport
- Franco et al. [2014], Real.World Exhaust Emissions From Modern Diesel Cars, White Paper ICCT 2014
- Weiss et al. [2012], European Commission, DG: Will Euro 6 reduce the NO_x emissions of new diesel cars? – Insights from on-road tests with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS)
- Carslaw and Rhys-Tyler [2013], New insights from comprehensive on-road measurements of NO_x, NO₂ and NH₃ from vehicle emission remote sensing in London, UK, Atmos. Environm. 81, 339-347.
- Hogman and Amundsen [2013], TOI Report, Emissions from Euro 6/VI vehicles
- Rexeis et al. [2013]: Update of Emission Factors for EURO 5 and EURO 6 vehicles for the HBEFA Version 3.2, Report No. I-31/2013/ Rex EM-I 2011/20/679 from 06.12.2013
- Chen and Borken-Kleefeld, [2014], Real-driving emissions from cars and light commercial vehicles – Results from 13 years remote sensing at Zurich/CH, Atmosph. Environ. 88, -1.5
- TNO [2015], Kradijk et al., Emissions of Nitrogen Oxides And Particulates of Diesel vehicles
- LUBW [2015], PEMS-Messungen an drei Euro 6-Diesel-Pkw auf Streckenführungen in Stuttgart und München sowie auf Außerortsstrecken
- Franco and Mock [2015], ICCT, RDE-LDV process. ICCT’s view and presentation of PEMS meat-study results, AECC Technical Seminar on Real-Driving Emissions (RDE), Brussel, April 2015.
- Kanatschnig et al. [2014], Mobile in situ NO₂-CE-DOAS Messung in der Stadt Mainz, Bericht, Universität Heidelberg im Auftrag der Stadt Mainz.
- Hausberger et al. [2009], Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3, Report Nr. I-20/2009.