

Schriftliche Stellungnahme von

**apl. Prof. Dr. Thomas A. J. Kuhlbusch**

als Sachverständiger zur öffentlichen Sachverständigenanhörung des  
5. Untersuchungsausschusses der 18. Wahlperiode

Sehr geehrte Damen und Herren,

zur Vorbereitung auf die Sachverständigenanhörung wurde mir u.a. der Beweisbeschluss SV-2 und die Beschlussempfehlung zu diesem Untersuchungsausschuss zugeschickt. Das Thema

„Welche Auswirkungen auf Leben und Gesundheit der Bevölkerung, auf die Umwelt, das Klima und auf den Schutz der Verbraucher infolge von gegenüber den in der Typengenehmigung gemessenen Werten erhöhten Stickoxid (NO<sub>x</sub>)-Realemissionen und sonstigen Realemissionen von Fahrzeugen waren im Untersuchungszeitraum zu jeweils welchem Zeitpunkt öffentlich bzw. fachöffentlich bekannt und wie haben sich die NO<sub>x</sub>-Emissionen von Fahrzeugen im Untersuchungszeitraum entwickelt?“ Dieses Thema, das in der „Beschlussempfehlung und Bericht“ näher beschrieben wird ist sehr weit gefasst. In meiner Stellungnahme werde ich auf folgende Punkte weiter im Detail eingehen:

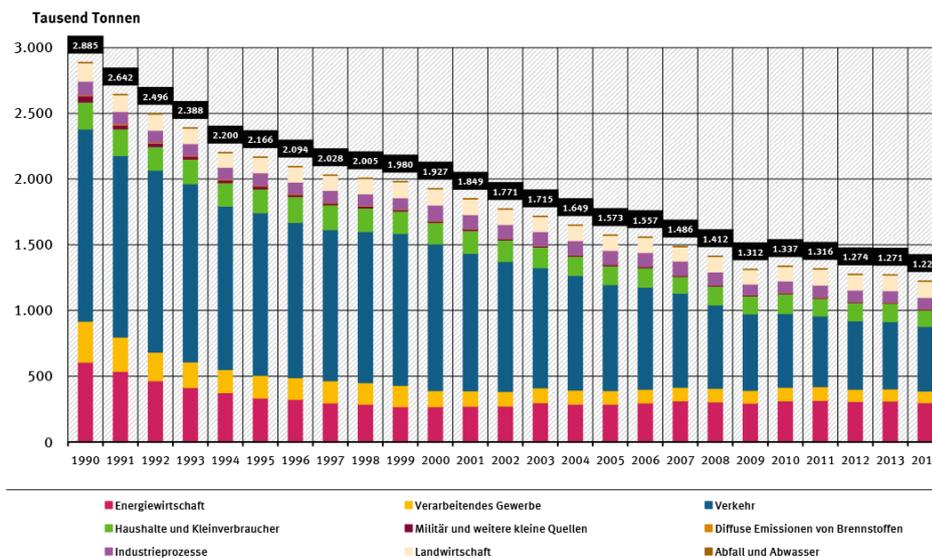
- Quellen an Stickstoffoxiden, Reaktionen in der Atmosphäre und bestehende Grenzwerte zum Schutz der Menschen
- Wirkung der Stickstoffoxide auf den Menschen: Epidemiologie und Toxikologie
- Sonstige Realemissionen von Fahrzeugen mit möglichen Auswirkungen auf Leben und Gesundheit der Bevölkerung, auf die Umwelt und das Klima
- Messungen der Verkehrsemissionen: Testzyklen und Real Driving Emission (RDE)
- Messungen von Stickoxiden und zeitliche Trends der Außenluftkonzentrationen an Verkehrsstationen in Hinblick auf Veränderungen der Realemissionen
- Handbuch der Emissionsfaktoren
- Zusammenfassung

## a) Quellen von Stickoxiden, Reaktionen in der Atmosphäre und bestehende Grenzwerte zum Schutz der Menschen

Unter Stickstoffoxiden werden die verschiedenen Verbindungen von Stickstoff mit Sauerstoff zusammengefasst. Die wichtigsten gasförmigen Verbindungen der Stickoxide sind  $\text{N}_2\text{O}$  (Distickstoffoxid, auch Lachgas genannt),  $\text{NO}$  (Stickstoffmonoxid) und  $\text{NO}_2$  (Stickstoffdioxid). Neben den gasförmigen Stickoxiden können in der Umwelt auch die flüssigen Verbindungen  $\text{HNO}_2$  (salpetrige Säure) und  $\text{HNO}_3$  (Salpetersäure) vorkommen. Letztere können direkt emittiert werden, entstehen aber zumeist in der Atmosphäre durch Reaktionen der gasförmigen Verbindungen mit Wasser und Ozon. Die gebildeten Säuren werden entweder direkt durch Regen aus der Atmosphäre „ausgespült“ oder reagieren mit anderen Verbindungen in der Atmosphäre und bilden Salze, z. B. Natriumnitrat, und somit Feinstaub. In dieser Stellungnahme wird das Zeichen  $\text{NO}_x$  als die Summe von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid verstanden ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ).

Natürliche Quellen von Stickoxiden sind Blitze, natürliche Böden und Vegetationsfeuer sowie die Oxidation von Ammoniak in der Atmosphäre.

Stickstoffoxid ( $\text{NO}_x$ , gerechnet als  $\text{NO}_2$ )-Emissionen nach Quellkategorien



Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr  
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen Quellen (u. a. land- und forstwirtschaftlichem Verkehr)

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2014 (Stand 03/2016)

Anthropogene Quellen an Stickoxiden sind neben der Landwirtschaft vorrangig Emissionen aus Verbrennungsprozessen mit den Hauptquellprozessen Energiewirtschaft und Verkehr. Im globalen Maßstab sind die anthropogenen Gesamtemissionen an  $\text{NO}_x$  höher als die natürlichen Beiträge. Berechnungen für Hessen zeigen ([Informationsbroschüre HLNUG](#)), dass der Anteil natürlicher Quellen an den Gesamtemissionen für  $\text{NO}_2$  bei 10-20% liegen, was auch auf Deutschland übertragen werden kann.

Wie angeführt haben Emissionen aus dem Verkehr, mit Fokus auf dem Straßenverkehr, einen sehr hohen Anteil an den  $\text{NO}_x$  Emissionen. Je nach Verbrennungsbedingungen in Motoren verschieben sich die Anteile von  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$  an den  $\text{NO}_x$

Emissionen. In den Emissionen liegt der Anteil von NO<sub>2</sub> an NO<sub>x</sub> bei Dieselfahrzeugen im Bereich von 8-30% (z.B. Carslaw & Rhys-Tyler, 2013), an Verkehrsstationen, repräsentativ für z. B. Expositionen der Menschen an Straßen, zwischen 10-50% (NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>) und an ländlichen Hintergrundstationen normalerweise > 80%.

Tabelle 1: Grenzwerte zum Schutz des Menschen im Bereich a) Immission nach Richtlinie 2008/50/EG, b) Arbeitsschutz und c) Verkehrsemission (gekürzt)

a) Metrik	Zeitbezug	Wert (µg/m <sup>3</sup> )	Erlaubte Überschreitungen/Jahr	Einzuhalten seit / ab
NO <sub>2</sub>	1 Jahr	40	-	2010
NO <sub>2</sub>	1 Stunde	100	18	2010
PM10	1 Jahr	40	-	2005
PM10	1 Tag	50	35	2005
PM2.5	1 Jahr	25	-	2010-205 Zielwert, ab 2015 Grenzwert
PM2.5	1 Jahr	20	-	2020 (Revisionsvorbehalt)

b) Metrik	Zeitbezug	DFG-MAK Werte (µg/m <sup>3</sup> )	SCOEL (µg/m <sup>3</sup> )	Bemerkung
NO <sub>2</sub>	8 Std. (Arbeitstag)	950	950	
NO <sub>2</sub>	15 min	Spitzenbegrenzung I (1)*	1900	noch nicht veröffentlicht
NO	8 Std. (Arbeitstag)	630	2520	MAK Werte identisch bezogen auf ppmV
NO	15 min	Spitzenbegrenzung I (2)*	-	

[DFG-MAK](#) nationaler, [SCOEL](#) europäischer wissenschaftlicher Ausschuss für Arbeitsplatzgrenzwerte,

\* siehe TRGS 900

c)

### Grenzwerte für Schadstoffemissionen von PKW

	Schadstoff in g/km	Euro 1 ab	Euro 1 ab		Euro 2* ab	Euro 3 ab	Euro 4 ab	Euro 5 ab	Euro 6 ab
Typprüfung Serienprüfung		01.01.1992	– 31.12.1992	neue Fzg. Typen alle Fahrzeuge	01.01.1996 01.01.1997	01.01.2000 01.01.2001	01.01.2005 01.01.2006	01.09.2009 01.01.2011	01.09.2014 01.09.2015
Richtlinie/ Verordnung (VO)		91/441/EWG	91/441/EWG		94/12/EG	98/69/EG	98/69/EG	VO EG 715/2007** i.V. mit VO EG 692/2008 und VO EG 459/2012	
Diesel	CO	2,72	3,16		1	0,64	0,5	0,5	0,5
	HC+NO <sub>x</sub> / THC+NO <sub>x</sub> (ab Euro 5)	0,97	1,13		0,7/0,9 <sup>(1)</sup>	0,56	0,3	0,23	0,17
	NO <sub>x</sub>	–	–		–	0,5	0,25	0,18	0,08
	Partikel- masse (PM)	0,14	0,18		0,08/0,10 <sup>(2)</sup>	0,05	0,025	0,0045	0,0045
	Partikelzahl (PN) (in Anzahl/km)	–	–		–	–	–	6,0 x 10 <sup>11</sup>	6,0 x 10 <sup>11</sup>

# ab Euro 2 werden die Grenzwerte nicht mehr nach Typ/Serie unterschieden.

## Die Verordnungen EG 692/2008 und EG 459/2012 setzen die Verordnung EG 715/2007 um.

(1) Bei Fahrzeugen mit direktinspritzenden Dieselmotoren gilt bis zum 30.9.1999 der Grenzwert von 0,9 g/km

(2) Bei Fahrzeugen mit direktinspritzenden Dieselmotoren gilt bis zum 30.9.1999 der Grenzwert von 0,10 g/km

(3) Die Grenzwerte für die Partikelmasse gelten nur für Fremdzündungsmotoren mit Benzin-Direkteinspritzung.

(4) Für Euro-6-Fahrzeuge mit fremdgezündeten Benzin-Direkteinspritzmotoren gilt nach Wahl des Herstellers für neue Typgenehmigungen bis zum 1.9.2017 bzw. für neue Fahrzeuge bis zum 1.9.2018 ein Emissionsgrenzwert für die Partikelzahl von 6,0 x 10<sup>12</sup> Partikel/km. Spätestens zu diesen Zeitpunkten ist ein Typgenehmigungs-Prüfverfahren einzuführen, das die wirksame Begrenzung der Partikelzahl sicherstellt.

Quelle: Umweltbundesamt, [www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichtnutzfahrzeuge](http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichtnutzfahrzeuge) (Stand: August 2016)

Die Veränderung des NO zu NO<sub>2</sub>-Verhältnisses von den Emissionen zu verschiedenen Immissionssituationen ist auf die Oxidationskapazität der Atmosphäre zurückzuführen, wobei zumeist Ozon (O<sub>3</sub>) das Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid umwandelt.

Anzumerken ist nun, dass in der Außenluft die NO<sub>2</sub> Konzentration mit einem Grenzwert belegt ist, wohingegen bei den Motorenabgasen die NO<sub>x</sub>-Emissionen geregelt sind (siehe Tabelle 1).

In dieser Stellungnahme wird nicht im Detail auf die Auswirkungen der Stickoxidemission auf die Feinstaubmassenkonzentrationen in der Immission über die Bildung der Salze sowie den damit verbundenen Einfluss dieser Partikel auf den Strahlungshaushalt der Erde eingegangen. Des Weiteren wird hier nur erwähnt, dass Stickoxidemissionen wesentlich auch zu den Stickstoffdepositionen und damit zur „Critical Load“ beitragen, die u. a. im Rahmen der Fauna-Flora-Habitat Verträglichkeitsprüfung betrachtet wird (Richtlinie 92/43/EWG).

### **b) Wirkung der Stickstoffoxide auf den Menschen: Epidemiologie und Toxikologie**

Die Stickoxide gehören zu den Stoffen die über die Inhalation von Menschen aufgenommen werden und über die Lunge schädlich wirken. Daher sind die im vorherigen Abschnitt aufgeführten Grenzwerte ausschließlich auf die Luft bezogen. Bei der Ableitung von Grenzwerten werden experimentelle Laboruntersuchungen (in-vitro und in-vivo) oder epidemiologischen Untersuchungen von großen Menschengruppen verwendet. Im Rahmen der Epidemiologie werden statistische Zusammenhänge zwischen Expositionswerten und einer Wirkung (spezifischer gesundheitlicher Endpunkt) abgeleitet. Durch diese statistische Betrachtung können andere Einflussfaktoren, sogenannte Koexpositionsvariablen, die Ergebnisse mit bestimmen. Im Falle der Stickoxide und ihrer Wirkung auf den Menschen ist bei verkehrsbedingten Emissionen nur schwer eine Unterscheidung der Koexpositionsvariablen Partikel und andere gasförmige Emissionen zu den Stickoxiden möglich. Ein sehr großer Vorteil der Epidemiologie liegt in der hohen Nachweisbarkeit möglicher Effekte unter Einbezug von Risikogruppen wie Kinder, vorgeschädigte und ältere Personen.

Eine fundierte wissenschaftliche Auswertung des jetzigen Standes des Wissens zum kausalen Zusammenhang zwischen NO<sub>2</sub> und gesundheitlichen Effekten ist dieses Jahr von der US EPA basierend auf einem Review (1148 Seiten) durch Wissenschaftler durchgeführt worden ([US EPA 2016](#)). In diesem wurden kausale Zusammenhänge von NO<sub>2</sub> zu Atemwegserkrankungen und wahrscheinliche Zusammenhänge zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen festgestellt.

Die in der Tabelle 1b aufgeführten Arbeitsplatzgrenzwerte basieren zumeist auf toxikologischen Untersuchungen und liegen deutlich höher als die für die allgemeine Bevölkerung (Immissionsgrenzwerte). Die Toxikologie bietet die Möglichkeit kausale

Zusammenhänge und Wirkungsketten zu verstehen und kann damit die epidemiologischen Ergebnisse unterstreichen und Kovarianzen aufklären.

Wesentliche Faktoren für die höheren Grenzwerte für Arbeitsplätze sind, dass keine besonders empfindlichen Personen wie Kinder oder ältere Menschen dort tätig und die maximale Expositionsdauer durch die Arbeitszeiten klar beschränkt sind.

Anhand der Ableitung der Arbeitsplatzgrenzwerte und der zugrundeliegenden Begründungen der MAK- und SCOEL-Komitees wird deutlich, dass auch am Arbeitsplatz insbesondere das NO<sub>2</sub> als das gesundheitlich potentere Stickoxid betrachtet wird. Diese Ergebnisse und die Erkenntnis, dass ein Großteil der NO<sub>x</sub> Emissionen aus Verbrennungsmotoren in NO<sub>2</sub> während des Transportes an der Luft umgewandelt und verdünnt wird, ermöglicht eine beschränkte Kopplung der Verkehrsemissionen mit den Expositionen der Bevölkerung.

### **c) Sonstige Realemissionen von Fahrzeugen mit möglichen Auswirkungen auf Leben und Gesundheit der Bevölkerung, auf die Umwelt und das Klima**

Generell können verkehrsbedingte Emissionen in die Kategorien Auspuff-, Abrieb- und Aufwirbelungsemissionen unterschieden werden. In Rahmen dieser Stellungnahme liegt der Fokus auf auspuffbedingte Emissionen, wobei diese in der Tabelle 1c bis auf CO<sub>2</sub> aufgeführt und weitgehend mit Grenzwerten belegt sind.

Partikelmasse und Ruß: Die Partikelmasse ist in dieser Tabelle ein Parameter der für die vorliegende Problematik genannt werden muss. Die Partikelmasse wird bestimmt durch Ruß (ein variables Gemisch an elementarem und organischem Kohlenstoff) sowie semivolatilen Kohlenwasserstoffen. Beides entsteht durch unvollständige Verbrennung und wird durch die Motoreinstellungen beeinflusst, genauso wie die Stickoxidemissionen.

Diese Emissionen wurden von einem Expertengremium (IARC) der WHO als krebserregend für Menschen (Gruppe 1) eingestuft. Aufgrund der Zusammensetzung der Diese Emissionen kann diese Einstufung evtl. auf den Ruß (die Partikel und die chemischen Verbindungen) zurückgeführt werden.

Ruß aus Verkehrsemissionen ist auch klimarelevant, da es eines der wichtigsten lichtabsorbierenden Bestandteile des Feinstaubes ist und damit direkt den Strahlungshaushalt beeinflusst.

Partikelanzahl: Die emittierte Partikelanzahlkonzentration ist ein weiterer Parameter der mit einem Grenzwert belegt ist. Da im weiteren Verlauf dieser Stellungnahme auf die Partikelanzahl nicht weiter eingegangen wird, wird hier auf die Differenz zwischen Real- und Teststandemissionen kurz eingegangen. Die Partikelbildung findet in den Abgasen an zwei Stellen statt; a) im Verbrennungsbereich sowie unmittelbar im Abgas nach der Entzündung sowie b) im Abkühlbereich in der Außenluft nach dem Auspuff. Die Partikel, die im Motorbereich bereits gebildet werden sind eher Ruße und höherkondensierte Kohlenwasserstoffe wobei die Partikel, die unmittelbar im / nach dem Auspuff gebildet werden eher zu den semivolatilen Kohlenwasserstoffen,

also halbflüchtigen Substanzen, gehören. Die Bildung letzterer ist dem Prozess bedingt abhängig von den Umgebungsbedingungen sowie der Verdünnungsgeschwindigkeit, also der Fahrzeuggeschwindigkeit. Generell wird es hier somit immer zu Unterschieden zwischen Teststand- und Realmessungen kommen.

Des Weiteren beruhen einige Publikationen zu Real Driving Emissionsmessungen von Partikelanzahlkonzentrationen auf NO<sub>x</sub>-Verdünnungsfaktoren die auf NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren beruhen. Unter der Annahme, dass die Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> teilweise unterschätzt waren, sind die so veröffentlichten Werte nach unten zu korrigieren.

#### **d) Messungen der Verkehrsemissionen: Testzyklen und Real Driving Emission (RDE)**

Ein wichtiger Punkt bei der Diskussion von Testzyklen an Testständen unter kontrollierten Bedingungen und Real Driving Emissions-(RDE)-messungen ist die Schaffung vergleichbarer Bedingungen für alle auf dem Markt.

Verschiedenste Veröffentlichungen zeigen, dass es motoren- und umgebungsbedingte Einflussfaktoren gibt, die auch wechselseitig wesentlichen Einfluss auf die Emissionen haben. Messungen an demselben Fahrzeug und angenommenen identischen Fahrzyklen werden unterschiedliche Emissionsfaktoren für alle Emissionskenngrößen (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Partikelmasse, HC...) ergeben wenn diese einmal im Winter bei -20°C und Windstille und im anderen Falle bei 35°C und Sturm durchgeführt werden. Diese Ausführung soll verdeutlichen, wie wichtig standardisierte Verfahren und Messungen sind.

Auf der anderen Seite ist es bei vielen Einflussfaktoren notwendig, diese klar zu definieren und festzulegen. Bei der Festlegung der Parameter ist klar zu stellen was die Testzyklen widerspiegeln sollen: Ideale Bedingungen – reale Bedingungen – realistische Worst-Case-Bedingungen.

Eine graphische Zusammenstellung der Ergebnisse zweier Studien (Carslaw et al. 2011, ICCT 2014) illustriert sehr gut die Entwicklung zwischen den Abgasgrenzwerten und den Realemissionen am Beispiel für Diesel-PKW (Abb. 2). Die in dem deutschen Factsheet gemachten Kernaussagen der ICCT-Metastudie sind:

- Im Durchschnitt lagen die realen NO<sub>x</sub>-Emissionen der getesteten Fahrzeuge in etwa sieben Mal so hoch wie das gesetzliche Limit laut Euro 6 Norm.
- Der überwiegende Teil der beobachteten Überschreitungen konnte weder "extremen" noch "untypischen" Fahrsituationen zugeordnet werden.
- Große Unterschiede zwischen dem Emissionsverhalten der getesteten Fahrzeuge weisen darauf hin, dass die Technologien für saubere Diesel-Pkw bereits heute existieren.

Diese Aussagen stimmen mit anderen veröffentlichten Ergebnissen überein und können teilweise auch auf EURO 5 übertragen werden.

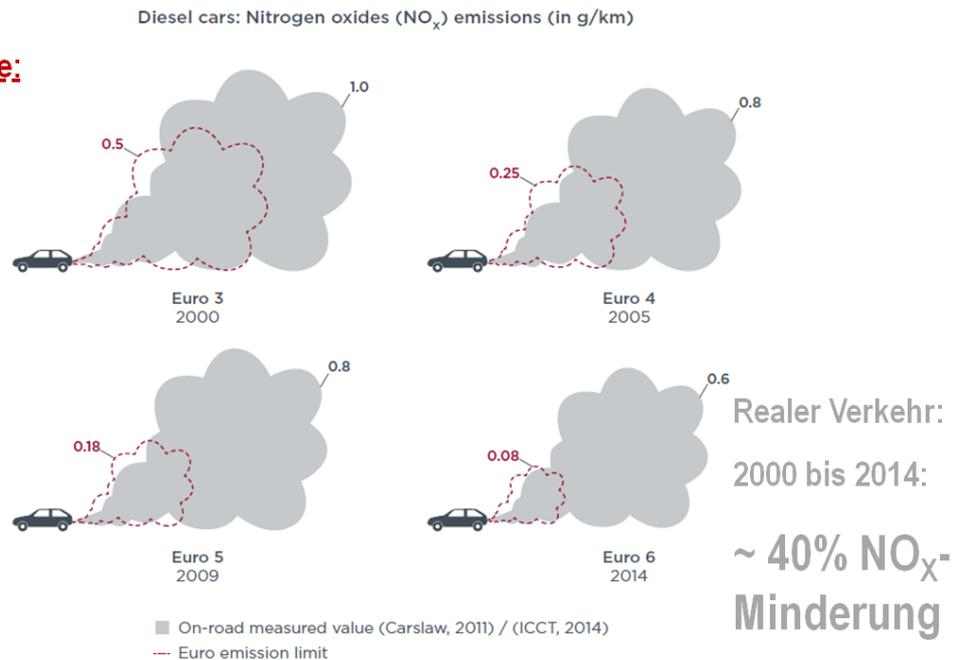
Es ist auch darauf hinzuweisen, dass in der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 bei den Erwägungsgründen (Punkt 15) auf die „Anpassung oder Ersetzung des Prüfzyklus“

darauf hingewiesen wird „Überprüfungen können erforderlich sein, um zu gewährleisten, dass die bei der Typgenehmigungsprüfung gemessenen Emissionen denen im praktischen Fahrbetrieb entsprechen.“, aber das die Prüfungen zur Norm entsprechend der Verordnung (EG) 715/2007 zur Zeit hauptsächlich über die Prüfzyklen erfolgen.

### Abgasgrenzwerte:

2000 bis 2014:

~ 85% NO<sub>x</sub>-  
Minderung



© Zusammenfassung der Meta-Studie, Franco, V.; Sanchez, F.; German, J.; Mock, P.: REAL-WORLD EXHAUST EMISSIONS FROM MODERN DIESEL CARS, A META-ANALYSIS OF PEMS EMISSIONS DATA FROM EU (EURO 6) AND US (TIER 2 BIN 5/ULEV II) DIESEL PASSENGER CARS, PART 1: AGGREGATED RESULTS; International Council on Clean Transportation Europe, Berlin, 2014

Abbildung 2: Gegenüberstellung NO<sub>x</sub>-Abgasgrenzwerte und reale Emissionen für Diesel-PKW

### e) Messungen von Stickoxiden und zeitliche Trends der Außenluftkonzentrationen an Verkehrsstationen in Hinblick auf Veränderungen der Realemissionen

Bei der Messung der Außenluftkonzentrationen von Stickoxiden liegt auf Grund der Luftreinhaltelinie 2008/50/EG der Fokus auf NO<sub>2</sub> und nicht wie bei den Fahrzeugemissionen auf NO<sub>x</sub>. Die in Abbildung 3 gezeigten Zeitreihen der mittleren NO und NO<sub>2</sub> Jahreskonzentrationen für die verschiedenen Regionen in Hessen zeigen den deutlichen Rückgang der NO Konzentrationen in den eher urban- und verkehrsgeprägten Gebieten (Rhein-Main, Kassel) seit ca. dem Jahr 2000. Dieser Rückgang ist nicht ersichtlich für die eher ländlich geprägten Regionen (Süd Hessen, Mittel- und Nordhessen). Für die mit Grenzwerten belegten NO<sub>2</sub> Konzentrationen sind nur geringe abnehmende Trends zu erkennen. Die in Abbildung 3 gezeigten Konzentrationsreihen können als exemplarisch für die verschiedenen Standorttypen, von Verkehrsstation bis zur regionalen Hintergrundstation, in Deutschland angesehen werden. An Verkehrsstationen können deutliche Abnahmen der NO<sub>x</sub>-Konzentrationen aber nur geringe Abnahmen der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen beobachtet werden.

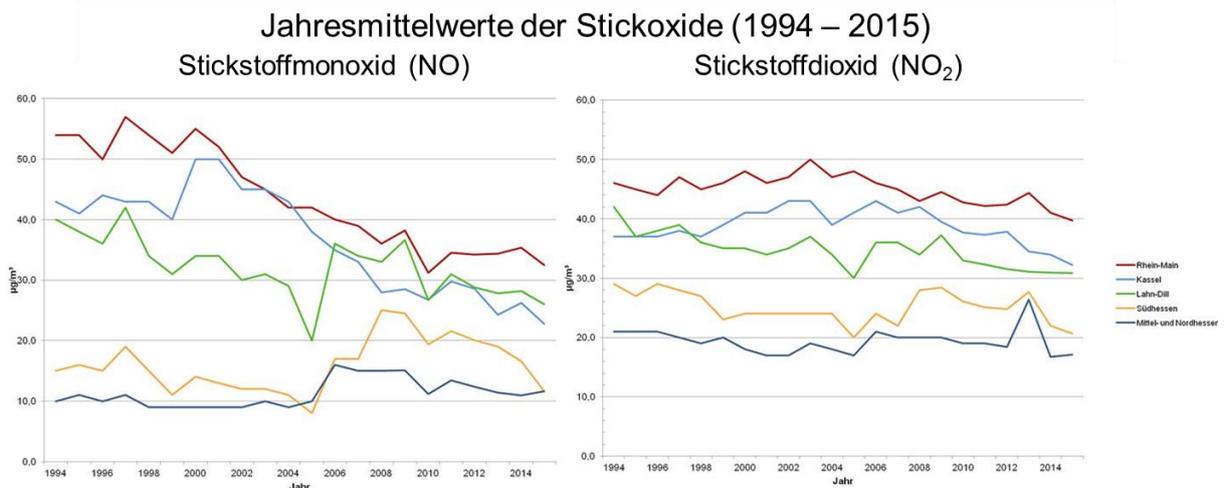


Abbildung 3: Zeitreihen der NO und NO<sub>2</sub> Jahresmittelwerte in Hessen (HLNUG 2016)

Diese Trends zeigen, dass auch heute, 6 Jahre nach der Einführung der Grenzwerte für NO<sub>2</sub> an der Außenluft, diese an vielen Verkehrsstationen überschritten werden. Eine Erklärung der Trends und der nicht Einhaltung der Grenzwerte wird von den Ländern im Rahmen der [NO<sub>2</sub>-Notifizierung](#) (ab Nov. 2011) bei der EU gegeben z. B. für Mönchengladbach (2011).

*„Die Gründe für die zunehmende Diskrepanz zwischen Modellierung und Messung und damit auch für die Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes an zahlreichen Stationen wurden Anfang des Jahres 2010 durch die Veröffentlichung und Anwendung des neuen „Handbuches für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.1“ (HBEFA 3.1)<sup>1</sup> erkennbar. Insbesondere für Diesel-Pkw und Diesel-leichte Nutzfahrzeuge waren die NO<sub>x</sub>-Emissionen im realen Fahrbetrieb großer Städte mit häufigem „stop-and-go“ und Beschleunigungsvorgängen um Faktoren höher als die entsprechenden Emissionen nach dem Handbuch HBEFA 2.1, die für EURO 3-5-Fahrzeuge der europäischen Abgasgesetzgebung entsprachen. Hinzu kommen wesentlich höhere direkte NO<sub>2</sub>-Emissionen von Dieselfahrzeugen, die mit Oxydationskatalysatoren oder Partikelfiltern ohne katalytische Abgasreinigung (mit „Nur“-CRT-Technik, d.h. ohne katalytische DeNO<sub>x</sub>-Anlage [S-CRT]) oder NO<sub>2</sub>-Speicherkat ausgestattet sind.“ (Zitat Questions for all Zones 2012)*

#### f) Handbuch der Emissionsfaktoren

Im Handbuch der Emissionsfaktoren (HBEFA) werden für die meisten Fahrzeugtypen (z. B. PKW, LNF, SNF, Motorräder) differenziert nach Kraftstoff, Emissionsklasse (z. B. EURO 1-6) und Verkehrssituationen (Stadt vs. Land, Stau vs. fließend) Emissionsfaktoren für verschiedene Emissionsparameter (NO<sub>x</sub>, Partikelmasse, etc.) aufgelistet. Eine Organisation die übergreifend Daten und Informationen zu den Emissionsfaktoren und deren Veränderungen liefert ist die [ERMES-Gruppe](#). Diese umfasst unabhängige führende europäische Institutionen, die unter anderem

Emissionsfaktoren für verschiedene Straßenverkehrsmittel ermitteln und veröffentlichen (COPRET, HBEFA, VERSIT+).

In den Jahren 2010 und 2014 wurden die neuen HBEFA Versionen 3.1 bzw. 3.2 veröffentlicht. In den Versionen wurden die NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für z.B. Diesel-PKW um den Faktor 4-5 für EURO 5 höher angesetzt als der Emissionsgrenzwert da Vergleiche zwischen Modellierungen und Messungen an der Außenluft deutliche Unterschiede zeigten. Verschiedene frühe Messungen (Ligterink et al. 2012; Hausberger 2010) und die des JRC (Fontara et al. 2014) zeigen, dass die so eingesetzten Faktoren gut mit RDE-Tests übereinstimmen. In Übereinstimmung mit einem Kommentar in der Verordnung von 2007 (EG 715/2007) schreibt Herr Hausberger (2010, Seite 75) *„Das technologische Potenzial wäre auch für niedrigere Emissionen vorhanden, ohne Änderungen des Typprüfzyklus könnten PKW aber auch in Zukunft im realen Verkehr deutlich mehr emittieren als in der Typprüfung, ...“*

### **g) Zusammenfassung**

Der Straßenverkehr ist einer der wichtigsten expositionsrelevanten Quellen von NO und NO<sub>2</sub> für den Menschen in Deutschland.

Die neuesten Ergebnisse zu den Gesundheitseffekten von NO und NO<sub>2</sub> erlauben die Ableitung kausaler Zusammenhänge zwischen der Exposition und Wirkung auf den Menschen.

Die Verkehrsemissionen regeln NO<sub>x</sub> wohingegen in der Außenluft NO<sub>2</sub> geregelt ist. Letzteres wird als gesundheitlich relevanter eingestuft als NO.

Durch die Oxidation in der Außenluft verschiebt sich das NO/NO<sub>2</sub> Verhältnis zu höheren NO<sub>2</sub>-Anteilen nach der Emission.

Neben den Stickoxiden werden aus dem Straßenverkehr auch andere gesundheitlich-, umwelt- und klimarelevante Stoffe emittiert. Auf diese wurde inhaltlich nicht weiter in dieser Stellungnahme eingegangen.

Messungen der Stickoxide unter verschiedenen Lastbedingungen an Prüfständen, Real-Driving-Emission Messungen und Außenluftmessungen zeigen, dass die realen NO<sub>x</sub>-Emissionen deutlich über den Grenzwerten liegen, die über festgelegte Fahrzyklen ermittelt werden.

Dass deutliche Differenzen zwischen realen Emissionen und den EURO-Abgasgrenzwerten bestehen, ist der Fachöffentlichkeit schon vor 2010 bekannt gewesen.

Aus Sicht der Regulation und der Vergleichbarkeit der Messergebnisse europa-/weltweit ist es notwendig unter standardisierten Bedingungen zu messen.

Bei der Festlegung der standardisierten Bedingungen ist klar zu stellen was die Testzyklen widerspiegeln sollen: Ideale Bedingungen – reale Bedingungen – realistische Worst-Case-Bedingungen.

## Referenzen

- Carslaw D.C., S.D. Beevers, J.E. Tate, E. Westmoreland, M.L. Williams, Recent evidence concerning higher NO<sub>x</sub> emissions from passenger cars and light duty vehicles, *Atmos. Environ.*, 45, 7053–7063, 2011.
- Fontaras, G., Franco, V., Dilara, P., Martini, G., Manfredi, U., Development and review of Euro 5 passenger car emission factors based on experimental results over various driving cycles. *Science of the Total Environment* 468–469, 1034–1042, 2014.
- Hausberger, S., Neue Emissionsfaktoren und deren Auswirkungen auf die Belastungen an NO<sub>2</sub> und Feinstaub, KRdL-Schriftreihe 41, Stickstoffdioxid und Partikel, 69-83, 2010.
- HLNUG, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, <http://www.hlnug.de/themen/luft/luftschadstoffe/stickstoffoxide.html>, 2016.
- ICCT, Real-World Exhaust Emissions from Modern Diesel Cars: A Meta-Analysis of PEMS Emissions Data from EU (Euro 6) and US (Tier 2 BIN 5/ULEV II) Diesel Passenger Cars, [http://www.theicct.org/sites/default/files/ICCT\\_PEMS-study\\_diesel-cars\\_2014\\_factsheet\\_DE.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/ICCT_PEMS-study_diesel-cars_2014_factsheet_DE.pdf), 2014.
- Ligterink, N.E., Kadijk, G., van Mensch, P., Determination of Dutch NO<sub>x</sub> emission factors for Euro-5 diesel passenger cars. TNO report 2012 R11099, Delft, the Netherlands, p.17, 2012.
- Mönchengladbach, Warum konnte die Einhaltung des Grenzwertes für das Stickstoffdioxid-Jahresmittel von 40 µg/m<sup>3</sup> bis zum ursprünglichen Einholdedatum (2010) nicht erreicht werden? (Beiblatt zu Form 3B), NO<sub>2</sub>-Notifizierung NRW, 2011.
- Questions for all zones, <https://circabc.europa.eu/sd/a/8a0bfade-d057-4819-abf9-0a4bc4f51429/Questions-for-all-Zones-LK.pdf>, NO<sub>2</sub>-Notifizierung NRW, 2012.
- US EPA, [Integrated Science Assessment for Oxides of Nitrogen – Health Criteria](https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=310879), <https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=310879>, January 2016.
- Verordnung (EG) Nr. 715/2007, über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge, Amtsblatt der europäischen Union, L 171/1, 29.6.2007.

Kontakt:

Prof. Dr. Thomas A.J. Kuhlbusch  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Friedrich-Henkel-Weg 1 – 25  
44149 Dortmund

Tel: +49 (0) 231 9071 2586

E-Mail: [Kuhlbusch.Thomas@buaa.bund.de](mailto:Kuhlbusch.Thomas@buaa.bund.de)