Deutsche Umwelthilfe

NO_x- und CO_2-Messungen an einem Diesel-Pkw BMW 750d xDrive, Euro 6 im realen Fahrbetrieb

Projektleiter
Dr. A. Friedrich

Projektmanager
S. Annen

Berlin, 23. Mai 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund 3
1.1 Emissions-Kontroll-Institut 3
1.2 Rechtliche Grundlagen 4
1.3 NOx- und CO2-PEMS-Messungen 4
2. Versuchsfahrzeug 5
3. Messtechnik 6
3.1 Messgeräte des EKI für CO- und CO2-Messungen 6
3.2 Messgeräte des EKI für NO- und NO2-Messungen 6
3.3 Durchflussmesser 7
4. Messmethode 8
5. Ergebnisse 9
5.1 Zusammenfassung der zehn Messungen 9
5.2 Veranschaulichung an Messung 8 10
6. Anhang 11

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 BMW 750d 5
Abb. 2 Teststrecke 8
Abb. 3 NOx-Emissionen der einzelnen Messungen 9
Abb. 4 Geschwindigkeit der Messung [km/h] 10
Abb. 5 NOx-Emissionen über Zeit [ppm] 10
Abb. 6 NOx-Emissionen über Zeit kumuliert [g] 10

1. Hintergrund

Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) kämpft seit vielen Jahren für saubere Luft, die für unsere Gesundheit und unsere Lebensqualität unverzichtbar ist. Die Verringerung von Luftschadstoffen ist außerdem wichtig für den Klimaschutz. Der Straßenverkehr trägt wesentlich zur Luftverschmutzung bei. Der Abgasskandal, der mit VW im September 2015 ins Rollen gekommen ist, hat deutlich gemacht, dass Diesel-Pkw praktisch aller Hersteller die vorgeschriebenen Abgasgrenzwerte nur im Labor einhalten und im realen Fahrbetrieb die Abgasreinigung rechtswidrig abgeschaltet wird. So stoßen Diesel-Pkw in der Realität ein Vielfaches mehr an giftigen Stickoxiden (NOx) aus als erlaubt. Auch die Emissionen von klimaschädlichem Kohlendioxid (CO2) liegen in der Realität häufig deutlich über den von den Herstellern angegebenen Werten.

1.1 Emissions-Kontroll-Institut

Um belastbare und transparente Informationen zum tatsächlichen Schadstoff-Ausstoß von Diesel-Pkw der aktuellen Eurostufe 6 zu ermitteln und bereitzustellen, hat die DUH als erste und bislang einzige Umweltorganisation im März 2016 das 'Emissions-Kontroll-Institut' (EKI) eingerichtet. Mit PEMS-Messgeräten werden die realen NOx- und CO2-Emissionen im Straßenbetrieb ermittelt. Bereits seit September 2015 lässt die DUH zudem Diesel-Pkw in zum Teil aufwändigen Labortests vor allem bei der Schweizer Abgasprüfstelle in Bern/Biel auf ihren Schadstoff-Ausstoß hin untersuchen. Ziel des EKI ist es, aufzuzeigen, welche realen Emissionen Fahrzeuge auf der Straße haben und mit welchen Techniken und bei welchen Temperaturen die Wirksamkeit der Abgasreinigung reduziert wird.

Alle gemessenen Ergebnisse veröffentlicht die DUH im Rahmen von Pressekonferenzen, in Form von Pressemitteilungen und auf ihrer Webseite. Die DUH leitet die Messwerte sowie Hinweise auf das Vorhandensein von Abschalteinrichtungen an die entsprechenden Institutionen und Behörden auf nationaler und internationaler Ebene weiter.

Durch die Messungen will die DUH darauf aufmerksam machen, dass die Behörden durch ihre jahrelange Weigerung, den Ursachen für die längst bekannten Grenzwertüberschreitungen auf den Grund zu gehen und diese zu unterbinden, mitverantwortlich sind für den breiten Betrug der Automobilindustrie. Deren Diesel-Pkw halten die Grenzwerte nur im NEFZ-Prüfzyklus im Prüflabor zwischen 20 und 30 Grad Celsius ein, auf der Straße überschreiten sie diese aber im Durchschnitt um den Faktor 7,1.[1] Solange die Behörden diese transparente Kontrolle verweigern, wird die DUH Messungen im realen Fahrbetrieb durchführen. Dem dringenden Handlungsbedarf angesichts der schier flächendeckenden Überschreitung der Abgasgrenzwerte in der Bestandsflotte von Pkw, soll mit den Messungen Nachdruck verliehen und die zuständigen Behörden zum Handeln aufgefordert werden.

[1] : International Council on Clean Transportation ICCT 2014

1.2 Rechtliche Grundlagen

Rechtliche Grundlage für die Abgasgrenzwerte ist die europäische Verordnung (EG) 715/2007 in Verbindung mit 692/2008. Gemäß diesen Verordnungen müssen Euro 5 Pkw mit Dieselmotor einen Grenzwert von 180 mg NOx/km und Euro 6 Pkw einen Grenzwert von 80mg NOx/km unterschreiten. Die Verordnung 715/2007 legt fest, dass die Abgasreinigungsanlage im normalen Gebrauch des Fahrzeugs ('in normale use') und damit ausdrücklich auch bei niedrigen Außentemperaturen funktioniert. Abschalteinrichtungen, die die Wirksamkeit der Abgasreinigungssysteme reduzieren, sind ausdrücklich verboten (Artikel 5, Absatz 2). In keiner dieser beiden Verordnungen ist die Zulässigkeit so genannter 'Thermofenster' erwähnt, ein neuer Begriff der Autokonzerne, um von ihrem Betrug bei der Abgasreinigung abzulenken. Im Gegenteil: Ausdrücklich wird in der Verordnung 692/2008 das Funktionieren der Abgasreinigung insbesondere bei tiefen Temperaturen gefordert.

Die europäische Luftreinhalterichtlinie legt verbindliche Grenzwerte für die Umgebungsluft fest. So darf im Jahresmittel der Wert von 40 µg/m³ nicht überschritten werden. Dieser Wert ist seit 2010 verbindlich einzuhalten. An etwa 60 Prozent aller verkehrsnahen Messstellen in Deutschland wird er jedoch anhaltend überschritten. Hauptverursacher dieser hohen Werte sind Dieselfahrzeuge. Besonders hohe Belastungen treten seit Jahren in den Wintermonaten auf.

Aufgrund der andauernden Verletzung europäischen Rechts auf der einen Seite und der Tatsache, dass von Seiten der Bundesregierung keine wirksamen Maßnahmen umgesetzt werden, um die Grenzwertüberschreitung so bald wie möglich zu beenden, hat die Europäische Kommission am 18.6.2015 ein Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland eingeleitet. Im Falle einer zu erwartenden Verurteilung drohen hohe Strafzahlungen.

1.3 NO_x- und CO_2-PEMS-Messungen

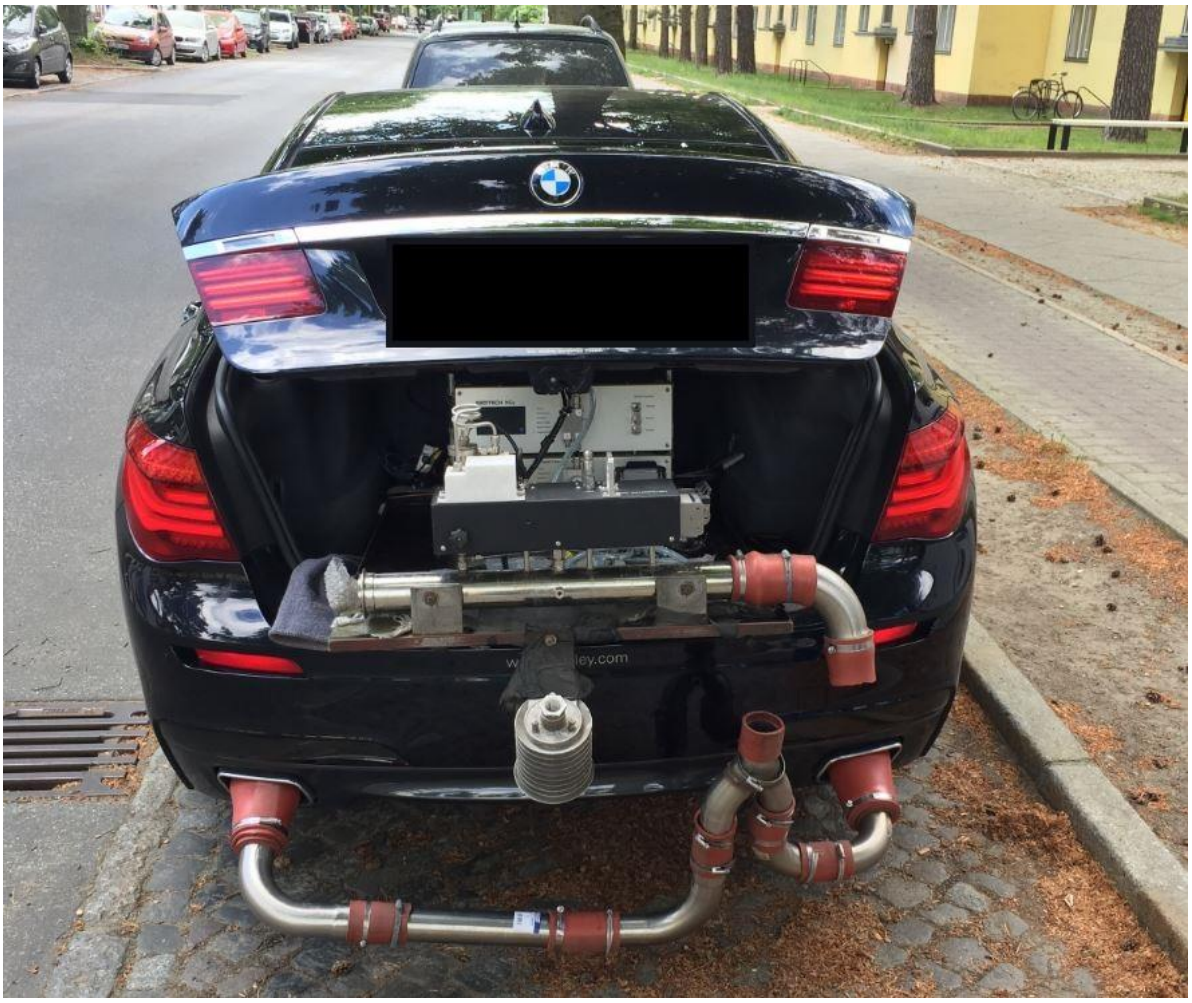
Das EKI führt Messungen mit mobilen Messgeräten (Portable Emission Measurement System, kurz PEMS) an Pkw im realen Fahrbetrieb auf der Straße durch. Dabei wird unter anderem der Ausstoß an Stickoxiden (NOx) und Kohlenstoffdioxid (CO2) ermittelt. Ziel der Messungen ist es herauszufinden, ob die Fahrzeuge wie vorgeschrieben auch unter normalen Fahrbedingungen (also nicht nur im NEFZ-Prüfzyklus im Labor) die Abgasvorschriften einhalten. Die DUH verwendet die Geräte SEMTECH-NOx und SEMTECH-FEM des Herstellers Sensors, welche im Abschnitt 3. Messtechnik dargestellt sind. Die Messungen werden unter der Aufsicht von Dr. Axel Friedrich, ehemaliger Abteilungsleiter Verkehr und Lärm des Umweltbundesamtes, durchgeführt.

Getestet werden Diesel-Pkw sowie Fahrzeuge mit Benzin-, Erdgas- oder Hybridantrieb.

2. Versuchsfahrzeug

Technische Parameter des untersuchten Fahrzeugs sind in der untenstehenden Tabelle aufgeführt. Das Fahrzeug erfüllt laut Typzulassung nach NEFZ die Abgasnorm Euro 6 und ist mit einem NOx-Speicherkatalysator und einem Partikelfilter ausgestattet.

Abb. 1 BMW 750d



Technische Daten

Modell / Erstzulassung	**BMW 750d xDrive / 09.2014**
Hubraum	2.993 cm^3
Leistung	280 kW
Treibstoff	Diesel
Abgasnorm	EURO 6
Abgasnachbehandlung	NOx-Speicherkat mit DPF
Kilometerstand	58.912

3. Messtechnik

3.1 Messgeräte des EKI für CO- und CO_2-Messungen

Zum Einsatz kommt das SEMTECH-FEM Modul von Sensors, welches mit hoher Genauigkeit die CO- und CO_2-Werte misst. Anhand der emittierten CO_2-Emissione kann unmittelbar der Kraftstoffverbrauch errechnet werden.

FEM ANALYTICAL SPECIFICATION		
Parameter	**CO**	**CO2**
Max Range (Full Scale)	8% vol.	18 % vol.
Resolution	10 ppm	0.01 % vol. CO2
Linearity	|xmin x (a1 - 1) + a0| ≤ 0.5% of span Slope a1 between 0.99 and 1.01 Standard Error of Estimates (SEE) ≤ 1% of span Coefficient of Determination r2 ≥ 0.998	
Accuracy	≤ ± 2% of reading or ≤ ± 0.3% of full scale, whichever is greater	
	As low as ± 50 ppm	As low as ± 0.1% vol. CO2
Repeatability	≤ 2% of point or ≤ ± 1 % of span, whichever is greater	
Precision	≤ 1% of span	
Noise	≤ 2% of span	
Zero Drift (Over 1 hour)	≤ ± 50 ppm	≤ ± 0.1 % vol.
Span Drift (over 8 hrs)	≤± 2% of span value or ≤ ± 20 ppm, whichever is greater	≤ ± 2% of span value or ≤ ± 0.1 % vol., whichever is
Rise Time (T10-90)	≤ 2.5 seconds	
System Response Time (T0-90)	≤ 10 seconds	
Data Rate	5 Hz	

Das SEMTECH-FEM Modul ist für die unter UN-ECE geregelten Gase konform und erfüllt die EU Verordnung Nr. 582/2011 sowie die Anforderungen des Code of Federal Regulations 40, Abschnitt 1065 nach US-Recht für den Gebrauch unter Labor- und Realbedingungen.

3.2 Messgeräte des EKI für NO- und NO_2-Messungen

Zum Einsatz kommt das SEMTECH-NO_x Modul von Sensors, das die Konzentrationen von NO und NO_2 gleichzeitig und separat erfasst. Das SEMTECH-NO_x Modul nutzt die Technologie der Nichtdispersive UV-Absorptionsfotometrie (NDUV), die durch elektronische Übergänge der Moleküle, welche bei der Strahlungsabsorption bestimmter Gase angeregt werden, eine Messung der NO und NO_x-Konzentration ermöglicht.

NO_x ANALYTICAL SPECIFICATION		
Parameter	**NO**	**NO2**
Max Range (Full Scale)	0 to 3000 ppm	0 to 1000 ppm
Min. Span to meet requirements	300 ppm	300 ppm

Resolution	0.1 ppm	0.1 ppm
Linearity	|xmin x (a1 - 1) + a0| ≤ 0.5% of span Slope a1 between 0.99 and 1.01 Standard Error of Estimates (SEE) ≤ 1% of span Coefficient of Determination $r^2 \geq 0.998$	
Accuracy	≤ ± 2% of reading or ≤ ± 3% full scale, whichever is greater	
Repeatability	≤ 2% of point or ≤ ± 1% of span, whichever is greater	
Precision	≤ 1% of span	
Noise	≤ 2% of span	
Zero Drift	≤ 4 ppm / hour with Δt ≤ 10°C and using purified N2 as gas zero	
Span Drift	≤ ± 2% of span value with Δt ≤ 10°C	
Rise time (T10-90)	≤ 2.5 sec	
System response time (T0-90)	≤ 10 sec with rise time ≤ 2.5 sec	
Data Rate	5 Hz	
Sample Flow Rate	1.5 l/min	

Das SEMTECH-NO_x Modul ist für die unter UN-ECE geregelten Gase konform und erfüllt die EU Verordnung Nr. 582/2011 sowie die Anforderungen des Code of Federal Regulations 40, Abschnitt 1065 nach US-Recht für den Gebrauch unter Labor- und Realbedingungen.

3.3 Durchflussmesser

Der Durchflussmesser misst das Volumen des gesamten Abgasstroms und leitet einen kleinen Teil der Abgase durch einen erwärmten Schlauch in das FEM- und NO_x-Modul.

FLOW TUBE ANALYTICAL SPECIFICATION	
Exhaust Temperature Range	-5 to 700°C
Exhaust Temperature Accuracy	± 1% of reading or ± 2°C whichever is greater
Flow Measurement Linearity	|xmin x (a1 - 1) + a0| ≤ 1% of max. Slope a1 between 0.99 and 1.01 Std. Err. of Estimates SEE ≤ 1% of max. Coefficient of Determination r2 ≥ 0.990
Flow Measurement Accuracy	± 2% of reading or ± 0.5% of full scale , whichever is greater
Warm-Up Time	60 minutes to meet specifications
System Response Time (T0-90)	≤ 2.5 seconds; synchronized to match rise time of gaseous analyzers
Data Rate	5 Hz
Resolution	0.1 kg/hr

Power Input	12VDC; using power supply from FEM module
Communications	RS 232
Control Module Dimensions (L x D x W)	36.0 x 18.0 x 10.0 cm 14.2 x 7.0 x 4.0 in.
Control Module Weight	4 kg (9 lb.)

4. Messmethode

Die Messungen erfolgen im normalen Straßenverkehr auf einer festgelegten Testrecke von rund 32 km in Berlin, mit Anteilen von Stadtverkehr, Landstraße und Autobahn. Die Höchstgeschwindigkeit auf der Landstraße beträgt 80 km/h, auf der Autobahn 120 km/h. Die Fahrer beachten die Vorschriften der Straßenverkehrsordnung und folgen den Hinweisen der in den Fahrzeugen vorhandenen Schaltanzeigen. Jedes Fahrzeug durchläuft in der Regel zehn Tests.

Abb. 2 Teststrecke

Grafik: DUH

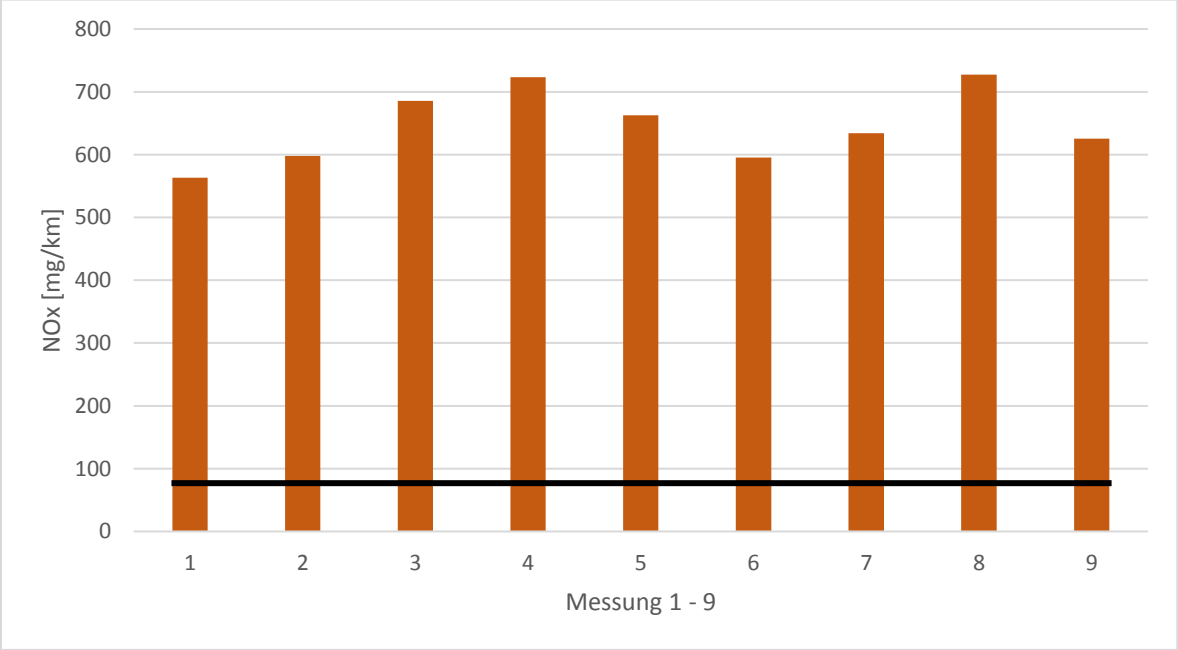
5. Ergebnisse

5.1 Zusammenfassung der neun Messungen

Durchschnitt CO_2 in g/km*	188
Durchschnitt NO_x in mg/km	646
Faktor zu Grenzwert NO_x Euro 6 Diesel (80 mg/km)	8,1

* CO_2-Wert unter Vorbehalt

Abb. 3 NOx-Emissionen der einzelnen Messungen



NO_x-Grenzwert Euro 6 Diesel Pkw (80 mg/km)

5.2 Veranschaulichung an Messung 4

Abb. 4 Geschwindigkeit der Messung [km/h]

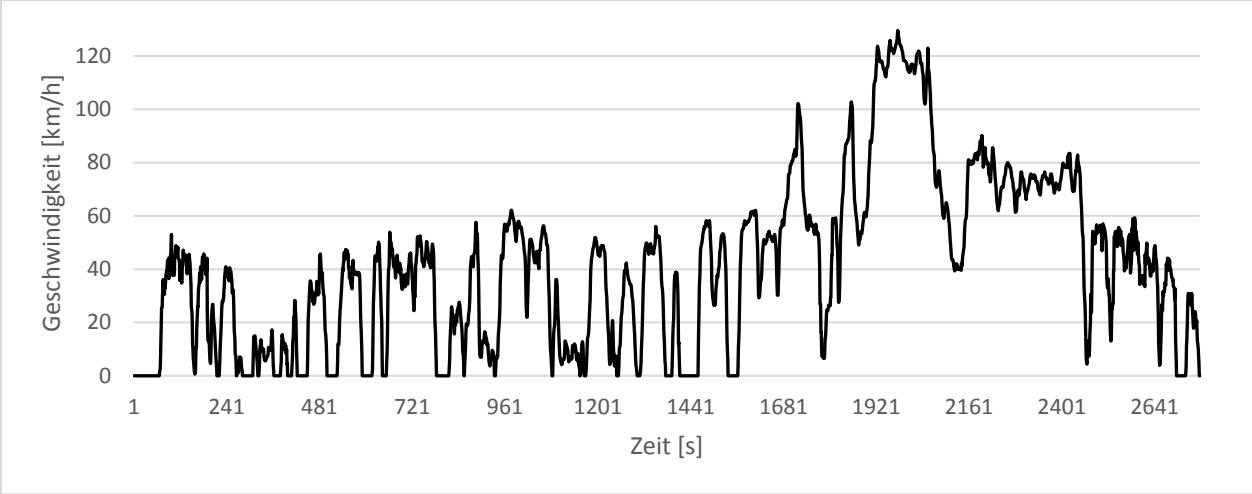


Abb. 5 NOx-Emissionen über Zeit [ppm]

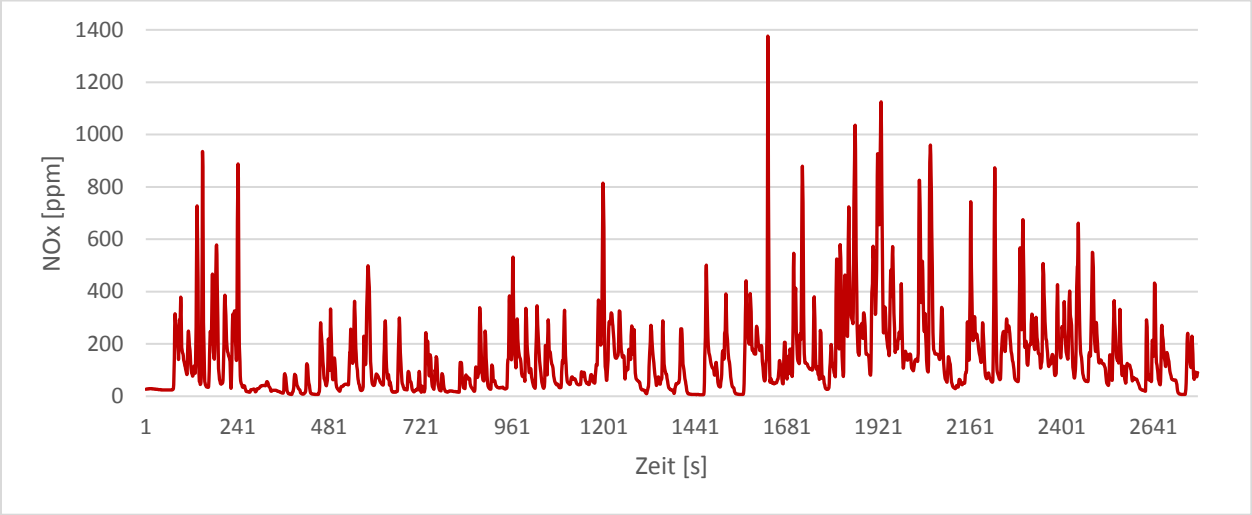
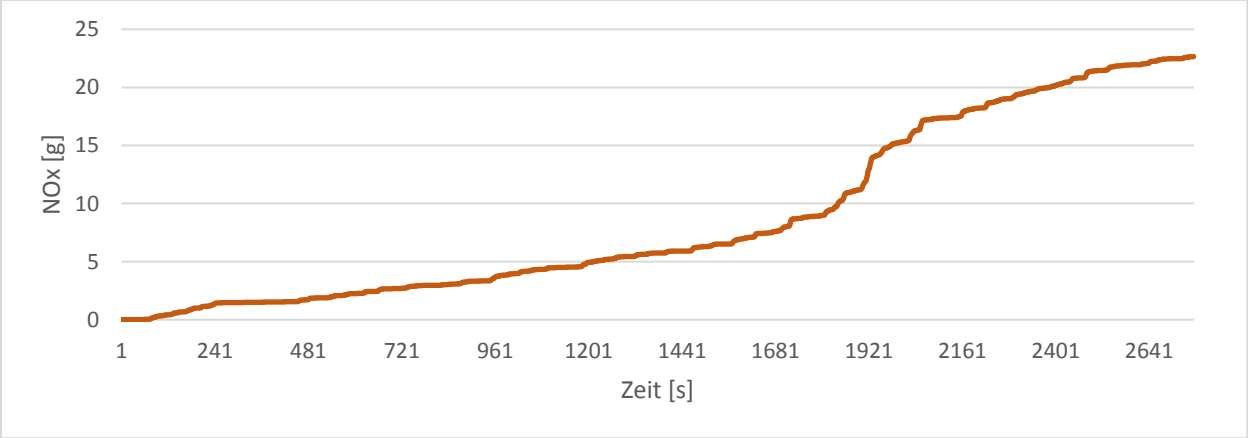


Abb. 6 NOx-Emissionen über Zeit kumuliert [g]



Hinweis: Bei der zurückgelegten Strecke von 31,3 Kilometern darf das Fahrzeug nach Euronorm 6 insgesamt maximal 2,5 Gramm NOx emitieren.

6. Anhang

Einzelne Messungen

TEST 1	
Datum	22.05.2017
Startzeit	13:28:12 Uhr
Endzeit	14:07:45 Uhr
Testdauer (Min)	40
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2237
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	21
Gesamtdistanz (km)	31,39
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,11
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	6,72
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	182
CO (mg/km)	217
NOx (mg/km)	563

TEST 2	
Datum	22.05.2017
Startzeit	14:18:19 Uhr
Endzeit	15:01:37 Uhr
Testdauer (Min)	43
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2302
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	22
Gesamtdistanz (km)	31,24
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,17
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	6,95
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	188
CO (mg/km)	219
NOx (mg/km)	598

TEST 3	
Datum	22.05.2017
Startzeit	15:06:40 Uhr
Endzeit	15:51:17 Uhr
Testdauer (Min)	45
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2407
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	22
Gesamtdistanz (km)	31,38
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,26
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	7,19
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	195
CO (mg/km)	232
NOx (mg/km)	686

TEST 4	
Datum	22.05.2017
Startzeit	16:00:52 Uhr
Endzeit	16:46:49 Uhr
Testdauer (Min)	46
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2381
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	22,5
Gesamtdistanz (km)	31,32
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,26
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	7,21
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	195
CO (mg/km)	245
NOx (mg/km)	723

TEST 5	
Datum	22.05.2017
Startzeit	16:56:49 Uhr
Endzeit	17:41:30 Uhr
Testdauer (Min)	45
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2399
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	21
Gesamtdistanz (km)	31,33
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,28
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	7,28
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	197
CO (mg/km)	223
NOx (mg/km)	663

TEST 6	
Datum	23.05.2017
Startzeit	08:32:57 Uhr
Endzeit	09:14:49 Uhr
Testdauer (Min)	42
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2204
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	16
Gesamtdistanz (km)	31,22
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,15
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	6,88
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	186
CO (mg/km)	149
NOx (mg/km)	596

TEST 7	
Datum	23.05.2017
Startzeit	09:18:10 Uhr
Endzeit	09:57:30 Uhr
Testdauer (Min)	39
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2206
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	18
Gesamtdistanz (km)	31,26
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,02
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	6,47
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	175
CO (mg/km)	181
NOx (mg/km)	634

TEST 8	
Datum	23.05.2017
Startzeit	09:59:43 Uhr
Endzeit	10:43:39 Uhr
Testdauer (Min)	44
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2327
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	20
Gesamtdistanz (km)	31,26
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,15
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	6,87
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	186
CO (mg/km)	193
NOx (mg/km)	727

TEST 9	
Datum	23.05.2017
Startzeit	10:53:33 Uhr
Endzeit	11:39:38 Uhr
Testdauer (Min)	46
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2559
Außentemperatur in Grad Celsius (Berlin-Dahlem)	22
Gesamtdistanz (km)	31,15
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,16
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	6,92
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	188
CO (mg/km)	205
NOx (mg/km)	625

Deutsche Umwelthilfe e.V.

Bundesgeschäftsstelle Berlin
Hackescher Markt 4
10178 Berlin
Tel.: 030 2400867-0

Projekt Emissions-Kontroll-Institut
Deutsche Umwelthilfe e.V.
Simon Annen
Projektmanager Verkehr & Luftreinhaltung
Hackescher Markt 4
10178 Berlin

Projektleiter

Dr. Axel Friedrich
Telefon: +49 152 29483857
E-Mail:
axel.friedrich.berlin@gmail.com

Ansprechpartnerin

Dorothee Saar
Leiterin Verkehr & Luftreinhaltung
Hackescher Markt 4
10178 Berlin
Telefon: +49 30 2400867-72
E-Mail: saar@duh.de

Datum und Ort der Messung: Mai 2017, Berlin Zehlendorf

Titelfoto: DUH

.de www.duh.de **@ info@duh.de** **umwelthilfe** **umwelthilfe**

Wir halten Sie auf dem Laufenden: **www.duh.de/newsletter-abo.html**

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH) ist als gemeinnützige Umwelt- und Verbraucherschutzorganisation anerkannt. Sie ist mit dem DZI-Spendensiegel ausgezeichnet. Testamentarische Zuwendungen sind von der Erbschafts- und Schenkungssteuer befreit.

Wir machen uns seit über 40 Jahren stark für den Klimaschutz und kämpfen für den Erhalt von Natur und Artenvielfalt. Bitte unterstützen Sie unsere Arbeit mit Ihrer Spende – damit Natur und Mensch eine Zukunft haben. Herzlichen Dank! **www.duh.de/spenden.html**

Unser Spendenkonto: Bank für Sozialwirtschaft Köln | IBAN: DE45 3702 0500 0008 1900 02 | BIC: BFSWDE33XXX