



NO_x- und CO₂-Messungen an einem Diesel-Pkw Audi A8 L 4.2 TDI, Euro 6 im realen Fahrbetrieb

Berlin, 08. Juni 2017

Projektleiter
Dr. A. Friedrich

Projektmanager
S. Annen

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 einzelnen Messungen	10
6. Anhang	11

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Audi A8 L 4.2 TDI	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 (NO_x) 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 NO_x- 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 Abschaltvorrichtungen 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 NO_x/km und Euro 6 Pkw einen Grenzwert von 80mg NO_x/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. Abschaltvorrichtungen, 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 Luftreinhaltungsrichtlinie 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 CO₂-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 (NO_x) 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-NO_x 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 SCR-Katalysator und einem Dieselpartikelfilter ausgestattet.



Abb. 1 Audi A8 L 4.2 TDI

Technische Daten

Modell / Erstzulassung	Audi A8 L 4.2 TDI / 09.2014
Hubraum	4.134 cm ³
Leistung	283 kW
Treibstoff	Diesel
Abgasnorm	EURO 6
Abgasnachbehandlung	SCR-Kat mit DPF
Kilometerstand	85.816 km

3. Messtechnik

3.1 Messgeräte des EKI für CO- und CO₂-Messungen

Zum Einsatz kommt das SEMTECH-FEM Modul von Sensors, welches mit hoher Genauigkeit die CO- und CO₂-Werte misst. Anhand der emittierten CO₂-Emissionen kann unmittelbar der Kraftstoffverbrauch errechnet werden.

FEM ANALYTICAL SPECIFICATION		
Parameter	CO	CO ₂
Max Range (Full Scale)	8 % vol.	18 % vol.
Resolution	10 ppm	0.01 % vol. CO ₂
Linearity	$ x_{min} \times (a_1 - 1) + a_0 \leq 0.5 \%$ of span Slope a_1 between 0.99 and 1.01 Standard Error of Estimates (SEE) $\leq 1 \%$ of span Coefficient of Determination $r^2 \geq 0.998$	
Accuracy	$\leq \pm 2 \%$ of reading or $\leq \pm 0.3 \%$ of full scale, whichever is greater	
	As low as ± 50 ppm	As low as $\pm 0.1 \%$ vol. CO ₂
Repeatability	$\leq 2 \%$ of point or $\leq \pm 1 \%$ of span, whichever is greater	
Precision	$\leq 1 \%$ of span	
Noise	$\leq 2 \%$ of span	
Zero Drift (Over 1 hour)	$\leq \pm 50$ ppm	$\leq \pm 0.1 \%$ vol.
Span Drift (over 8 hrs)	$\leq \pm 2 \%$ of span value or $\leq \pm 20$ ppm, whichever is greater	$\leq \pm 2 \%$ of span value or $\leq \pm 0.1 \%$ vol., whichever is greater
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 NO₂-Messungen

Zum Einsatz kommt das SEMTECH-NO_x Modul von Sensors, das die Konzentrationen von NO und NO₂ 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	NO ₂
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	$ x_{min} \times (a1 - 1) + a0 \leq 0.5 \% \text{ of span}$ Slope a1 between 0.99 and 1.01 Standard Error of Estimates (SEE) $\leq 1 \% \text{ of span}$ Coefficient of Determination $r^2 \geq 0.998$	
Accuracy	$\leq \pm 2 \% \text{ of reading or } \leq \pm 3 \% \text{ full scale, whichever is greater}$	
Repeatability	$\leq 2 \% \text{ of point or } \leq \pm 1 \% \text{ of span, whichever is greater}$	
Precision	$\leq 1 \% \text{ of span}$	
Noise	$\leq 2 \% \text{ of span}$	
Zero Drift	$\leq 4 \text{ ppm / hour}$ with $\Delta t \leq 10^\circ\text{C}$ and using purified N2 as gas zero	
Span Drift	$\leq \pm 2 \% \text{ of span value}$ with $\Delta t \leq 10^\circ\text{C}$	
Rise time (T10-90)	$\leq 2.5 \text{ sec}$	
System response time (T0-90)	$\leq 10 \text{ sec with rise time } \leq 2.5 \text{ sec}$	
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	$\pm 1 \% \text{ of reading or } \pm 2^\circ\text{C whichever is greater}$
Flow Measurement Linearity	$ x_{min} \times (a1 - 1) + a0 \leq 1 \% \text{ of max.}$ Slope a1 between 0.99 and 1.01 Std. Err. of Estimates SEE $\leq 1 \% \text{ of max.}$ Coefficient of Determination $r^2 \geq 0.990$
Flow Measurement Accuracy	$\pm 2 \% \text{ of reading or } \pm 0.5 \% \text{ of full scale, whichever is greater}$
Warm-Up Time	60 minutes to meet specifications
System Response Time (T0-90)	$\leq 2.5 \text{ seconds; synchronized to match rise time of gaseous analyzers}$
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 Teststrecke 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.

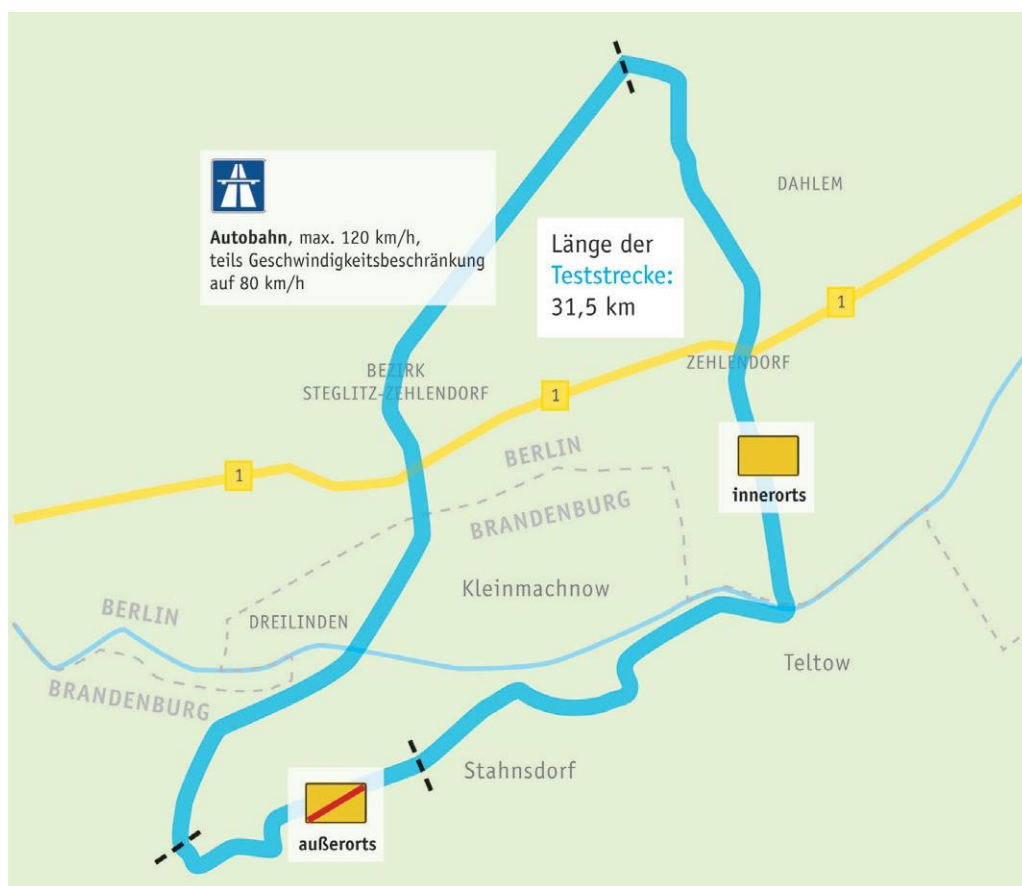


Abb. 2 Teststrecke

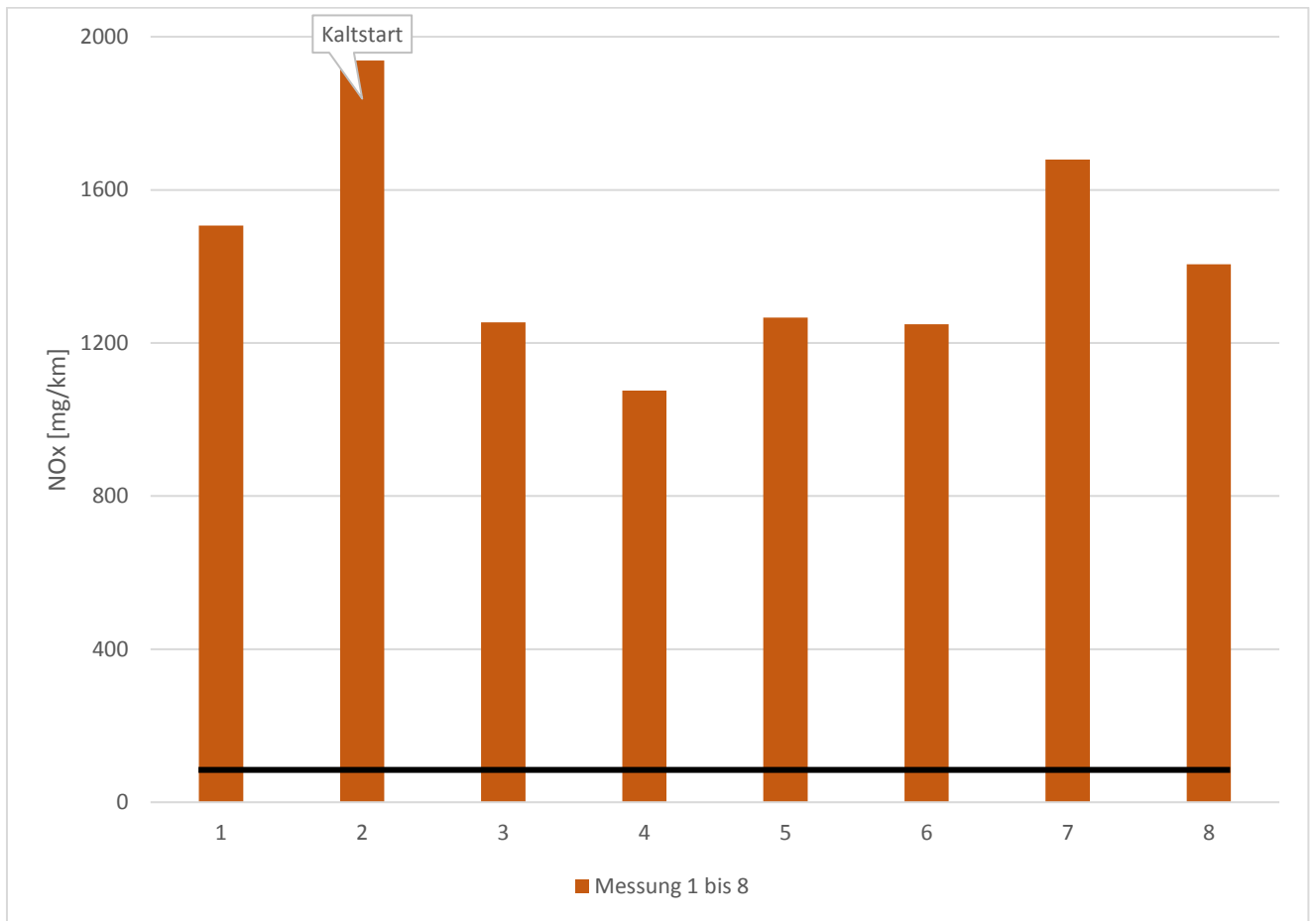
Grafik: DUH

5. Ergebnisse

5.1 Zusammenfassung der acht Messungen

Durchschnitt CO ₂ in g/km	222
Durchschnitt NO _x in mg/km	1422
Faktor zu Grenzwert NO _x Euro 6 Diesel (80 mg/km)	17,8
Außentemperaturspanne während den Messungen in Grad Celsius	11 - 23

Abb. 3 NO_x-Emissionen der einzelnen Messungen



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

5.2 Veranschaulichung an einzelnen Messungen

Abb. 4 Geschwindigkeit der Messung [km/h] (hier Messung 7)

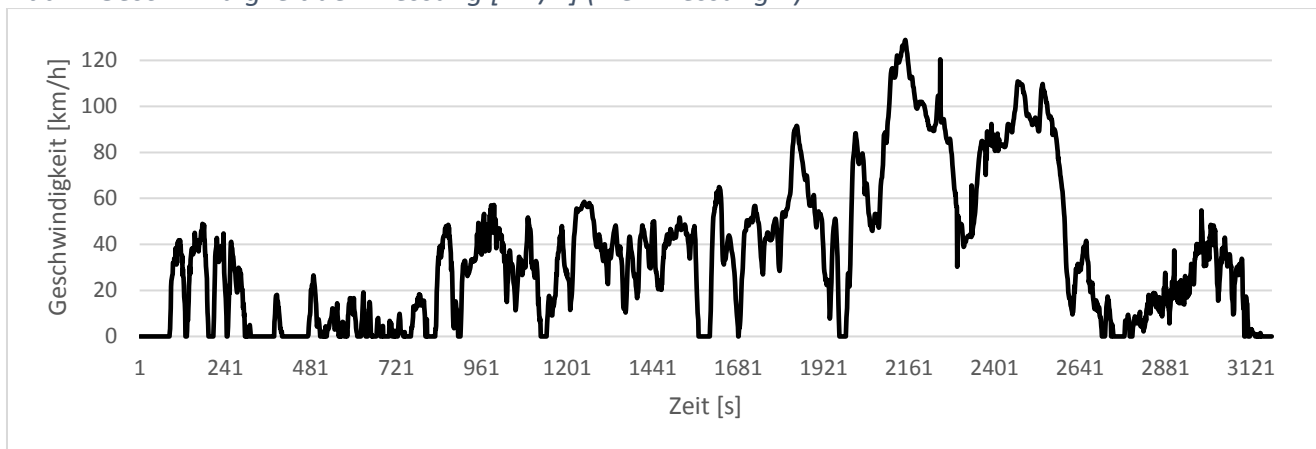


Abb. 5 NOx-Emissionen über Zeit [ppm] (hier Messung 7)

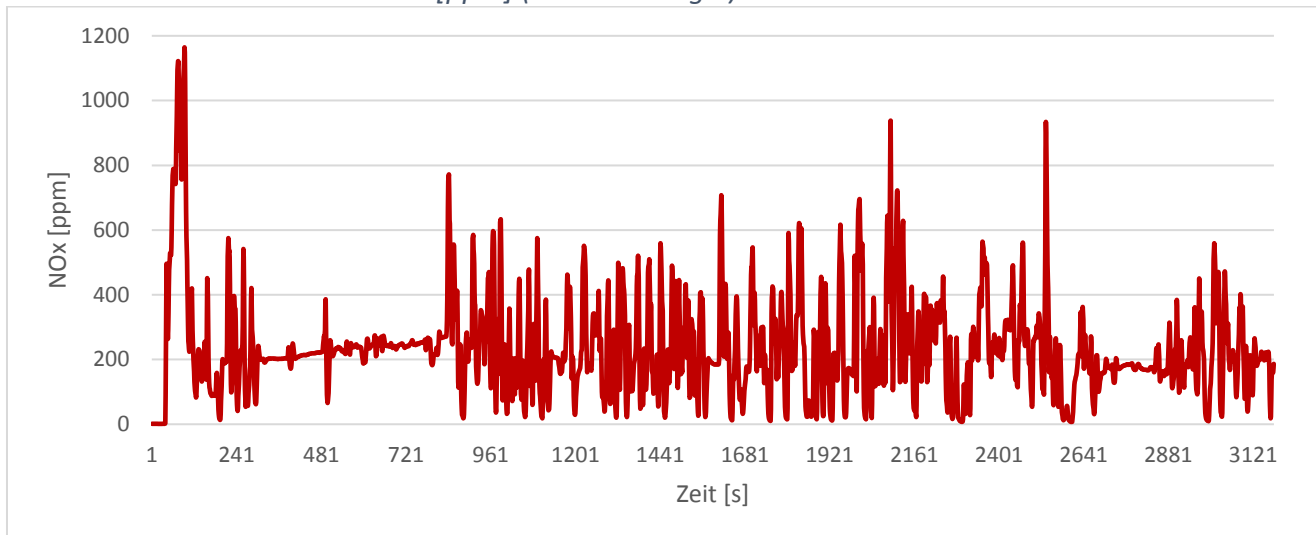
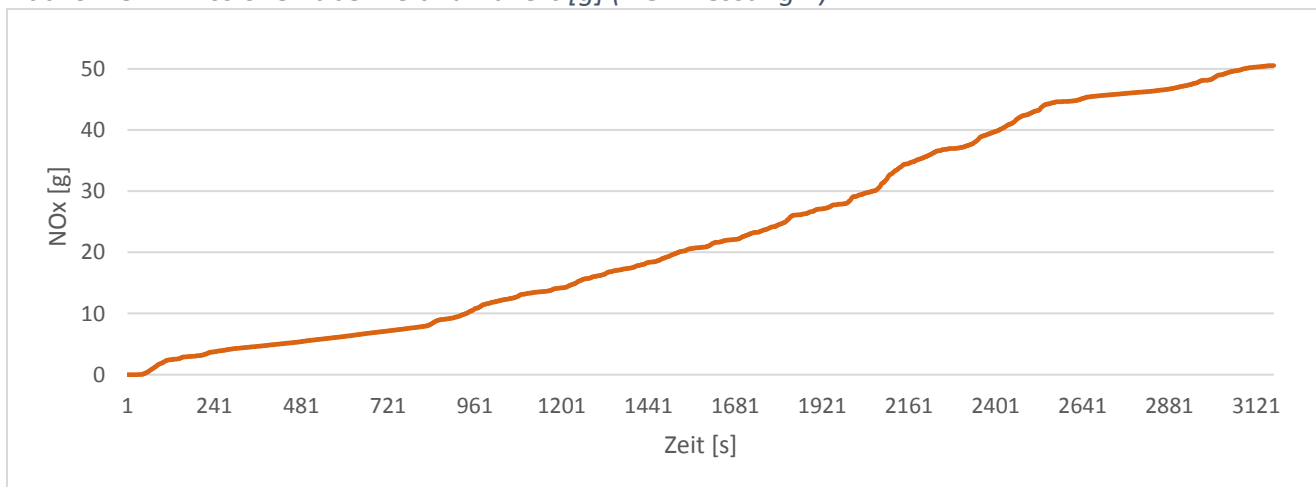


Abb. 6 NOx-Emissionen über Zeit kumuliert [g] (hier Messung 7)



Hinweis: Bei der zurückgelegten Strecke von 30 Kilometern darf das Fahrzeug mit Euronorm 6 insgesamt maximal 2,4 Gramm NOx emittieren.

6. Anhang

Einzelne Messungen

TEST 1	
Datum	01.06.2017
Startzeit	15:24:33 Uhr
Endzeit	16:28:42 Uhr
Testdauer (Min)	64
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2682
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ²	21
Gesamtdistanz (km)	30,86
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	3,10
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	10,03
Gesamtemissionen	
CO ₂ (g/km)	272
CO (mg/km)	114
NO _x (mg/km)	1507

TEST 2 (Kaltstart)	
Datum	02.06.2017
Startzeit	08:06:41 Uhr
Endzeit	08:52:31 Uhr
Testdauer (Min)	46
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2435
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ³	18
Gesamtdistanz (km)	31,14
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,41
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	7,73
Gesamtemissionen	
CO ₂ (g/km)	208
CO (mg/km)	457
NO _x (mg/km)	1938

² Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 20 Grad Celsius

³ Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 11 Grad Celsius

TEST 3	
Datum	02.06.2017
Startzeit	09:08:38 Uhr
Endzeit	09:51:04 Uhr
Testdauer (Min)	42
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2321
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ⁴	18
Gesamtdistanz (km)	32,36
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,39
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	7,37
Gesamtemissionen	
CO ₂ (g/km)	199
CO (mg/km)	74
NO _x (mg/km)	1254

TEST 4	
Datum	02.06.2017
Startzeit	10:12:17 Uhr
Endzeit	10:52:43 Uhr
Testdauer (Min)	34
NonIdleDurationTimeNumber (s)	1852
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ⁵	20
Gesamtdistanz (km)	28,26
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,06
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	7,30
Gesamtemissionen	
CO ₂ (g/km)	197
CO (mg/km)	151
NO _x (mg/km)	1076

⁴ Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 14 Grad Celsius

⁵ Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 17 Grad Celsius

TEST 5	
Datum	02.06.2017
Startzeit	11:09:24 Uhr
Endzeit	11:49:39 Uhr
Testdauer (Min)	40
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2212
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ⁶	22
Gesamtdistanz (km)	31,15
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,51
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	8,07
Gesamtemissionen	
CO ₂ (g/km)	218
CO (mg/km)	151
NO _x (mg/km)	1267

TEST 6	
Datum	02.06.2017
Startzeit	12:09:16 Uhr
Endzeit	12:52:27 Uhr
Testdauer (Min)	43
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2342
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ⁷	23
Gesamtdistanz (km)	31,06
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,46
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	7,93
Gesamtemissionen	
CO ₂ (g/km)	215
CO (mg/km)	81
NO _x (mg/km)	1249

⁶ Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 22 Grad Celsius

⁷ Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 22 Grad Celsius

TEST 7	
Datum	02.06.2017
Startzeit	13:40:14 Uhr
Endzeit	14:33:13 Uhr
Testdauer (Min)	53
NonIdleDurationTimeNumber (s)	3134
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ⁸	24
Gesamtdistanz (km)	30,09
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,78
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	9,23
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	249
CO (mg/km)	169
NOx (mg/km)	1679

TEST 8	
Datum	02.06.2017
Startzeit	14:42:25 Uhr
Endzeit	15:26:50 Uhr
Testdauer (Min)	44
NonIdleDurationTimeNumber (s)	2570
Temperatur Bordcomputer (Grad Celsius) ⁹	25
Gesamtdistanz (km)	30,11
Kraftstoffverbrauch gesamt (l)	2,42
Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	8,04
Gesamtemissionen	
CO2 (g/km)	218
CO (mg/km)	116
NOx (mg/km)	1405

⁸ Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 22 Grad Celsius

⁹ Temperatur Wetterstation Berlin-Dahlem: 23 Grad Celsius

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: Juni 2017, Berlin Zehlendorf

Titelfoto: DUH

 www.duh.de  info@duh.de  [umwelthilfe](https://twitter.com/umwelthilfe)  [umwelthilfe](https://facebook.com/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