



## **NO<sub>x</sub>-, CO<sub>2</sub>- und Partikelmessungen an einem Benzin Pkw Ford Focus Turnier 1.0 EcoBoost, Euro 5, im realem Fahrbetrieb**

Berlin, 24. Oktober 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 NO <sub>x</sub> - und CO <sub>2</sub> -PEMS-Messungen	4
2. Versuchsfahrzeug	6
3. Messtechnik	7
3.1 Messgerät des EKI für CO- und CO <sub>2</sub> -Messungen	7
3.2 Messgerät des EKI für NO- und NO <sub>2</sub> -Messungen	7
3.3 Messgerät des EKI für Partikelmessungen	8
3.4 Durchflussmesser	9
4. Messmethode	10
5. Ergebnisse	11
5.1 PEMS-Messungen, Emissions-Kontroll-Institut	11
5.2 NEFZ-Messungen, TÜV Nord	11
5.3 Zusammenfassung der Partikelmessungen	12

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Ford Focus Turnier 1.0 EcoBoost	6
Abb. 2 Teststrecke	10
Abb. 3 Partikelemissionen Ford Focus Turnier 1.0 EcoBoost	12

## 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<sub>x</sub>) aus als erlaubt. Auch die Emissionen von klimaschädlichem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) liegen in der Realität häufig deutlich über den von den Herstellern angegebenen Werten. Ein weiteres Problem zeigt sich bei Benzin-Fahrzeugen mit Direkteinspritzung. Diese weisen häufig besonders hohe Emissionen von ultrafeinen, gesundheitsschädlichen Partikeln auf. Bislang sind diese Fahrzeuge, deren Anzahl auf dem Markt wächst, nur in Ausnahmen mit einem wirksamen Partikelfilter ausgestattet.

### 1.1 Emissions-Kontroll-Institut

Um belastbare und transparente Informationen zum tatsächlichen Schadstoff-Ausstoß von Pkw 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<sub>x</sub>-, CO<sub>2</sub>- und, bei Messungen von Benzinfahrzeugen mit Direkteinspritzung, die Partikelemissionen 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. Vergleichsmessungen von Fahrzeugen, die mit wirksamen Abgasreinigungssystemen nachgerüstet sind, sollen deren Beitrag zur Minderung der Luftbelastung hervorheben.

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 häufig 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.<sup>1</sup> Solange die Behörden eine 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.

## 1.2 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<sub>x</sub>/km und Euro 6 Pkw einen Grenzwert von 80mg NO<sub>x</sub>/km unterschreiten. Bezüglich der Partikelanzahl gilt für Fahrzeuge mit Ottomotor und Direkteinspritzung ab dem 1. September 2017 für die Typzulassung neuer Fahrzeugtypen ein Grenzwert von  $6 \cdot 10^{11}$ , der bereits seit 2011 für Dieselfahrzeuge vorgeschrieben ist. Für die Typzulassung neuer Fahrzeuge ist dieser Wert ab 1. September 2018 gültig.

Die europäische Luftreinhaltungsrichtlinie legt verbindliche Grenzwerte für die Umgebungsluft fest. So darf im Jahresmittel der Wert von 40 µg/m<sup>3</sup> 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 durch die 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.

Ebenso gibt es verbindliche Grenzwerte für die Feinstaubbelastung der Außenluft. Die Kenngrößen für die Bewertung der Feinstaubbelastung sind jedoch nicht geeignet, um adäquat auf die Belastung der Außenluft mit ultrafeinen Partikeln zu reagieren.

## 1.3 NO<sub>x</sub>- und CO<sub>2</sub>-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<sub>x</sub>) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) ermittelt. Ziel der Messungen ist es herauszufinden, ob die Fahrzeuge wie vorgeschrieben auch unter normalen

---

<sup>1</sup> International Council on Clean Transportation ICCT 2014



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 5 und ist mit einem 3-Wege-Katalysator ab Werk ausgestattet. Ein Partikelfilter wurde nachträglich verbaut.

Abb. 1 Ford Focus Turnier 1.0 EcoBoost



### Technische Daten

<b>Modell / Erstzulassung</b>	<b>Ford Focus Turnier 1.0 EcoBoost / 08.2013</b>
Hubraum	998 cm <sup>3</sup>
Leistung	74 kW
Treibstoff	Benzin
Abgasnorm	EURO 5
Abgasnachbehandlung	3-Wege-Kat, Partikelfilter nachgerüstet
Kilometerstand	58.500

### 3. Messtechnik

#### 3.1 Messgerät des EKI für CO- und CO<sub>2</sub>-Messungen

Zum Einsatz kommt das SEMTECH-FEM Modul von Sensors, welches mit hoher Genauigkeit die CO- und CO<sub>2</sub>-Werte misst. Anhand der emittierten CO<sub>2</sub>-Emissionen kann unmittelbar der Kraftstoffverbrauch errechnet werden.

FEM ANALYTICAL SPECIFICATION		
Parameter	CO	CO <sub>2</sub>
Max Range (Full Scale)	8% vol.	18 % vol.
Resolution	10 ppm	0.01 % vol. CO <sub>2</sub>
Linearity	$ x_{min} \times (a_1 - 1) + a_0  \leq 0.5\% \text{ of span}$ Slope $a_1$ 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	$\leq \pm 2\% \text{ of reading or } \leq \pm 0.3\% \text{ of full scale, whichever is greater}$	
	As low as $\pm 50 \text{ ppm}$	As low as $\pm 0.1\% \text{ vol. CO}_2$
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 (Over 1 hour)	$\leq \pm 50 \text{ ppm}$	$\leq \pm 0.1\% \text{ vol.}$
Span Drift (over 8 hrs)	$\leq \pm 2\% \text{ of span value or } \leq \pm 20 \text{ ppm, whichever is greater}$	$\leq \pm 2\% \text{ of span value or } \leq \pm 0.1\% \text{ vol., whichever is greater}$
Rise Time (T10-90)	$\leq 2.5 \text{ seconds}$	
System Response Time (T0-90)	$\leq 10 \text{ seconds}$	
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 Messgerät des EKI für NO- und NO<sub>2</sub>-Messungen

Zum Einsatz kommt das SEMTECH-NO<sub>x</sub> Modul von Sensors, das die Konzentrationen von NO und NO<sub>2</sub> gleichzeitig und separat erfasst. Das SEMTECH-NO<sub>x</sub> Modul nutzt die Technologie der nichtdispersiven UV-Absorptionsfotometrie (NDUV), die durch elektronische Übergänge der Moleküle, welche bei der Strahlungsabsorption bestimmter Gase angeregt werden, eine Messung der NO und NO<sub>x</sub>-Konzentration ermöglicht.

NO <sub>x</sub> ANALYTICAL SPECIFICATION		
Parameter	NO	NO <sub>2</sub>
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 (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 $\leq \pm 3\%$ full scale, whichever is greater	
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	$\leq 4$ ppm / hour with $\Delta t \leq 10^\circ\text{C}$ and using purified N <sub>2</sub> as gas zero	
Span Drift	$\leq \pm 2\%$ of span value with $\Delta t \leq 10^\circ\text{C}$	
Rise time (T10-90)	$\leq 2.5$ sec	
System response time (T0-90)	$\leq 10$ sec with rise time $\leq 2.5$ sec	
Data Rate	5 Hz	
Sample Flow Rate	1.5 l/min	

Das SEMTECH-NO<sub>x</sub> 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 Messgerät des EKI für Partikelmessungen

Anwendung findet das SEMTECH-CPN Modul von Sensors, welches im vollen Umfang die Anforderungen der EU RDE-PN für PEMS-Messungen erfüllt.

CPN SPECIFICATIONS	
Parameter	CPN
Particle Size (Lower Limit)	Minimum: 23 nm Maximum: d50 (Correlation to PMP system demonstrated)
Particle Concentration Range	CPC 0-104 #/cm <sup>3</sup> Single count mode
Measurement Range	Adjustable by PND2 dilution ratio (Exceeds that of diffusion charger devices)
Dimensions (W x D x H)	436 x 311 x 180 mm 17.2 x 12.3 x 7.1 inches
Weight	Approximately 20 k (44 lbs.)
Power Requirements	12 VDC <200W at steady state (including 1m headed sampling line)
Operating Environment	-10°C to 40°C, 860-1020 mbar [up to 1500 m above sea level]



### 3.4 Durchflussmesser

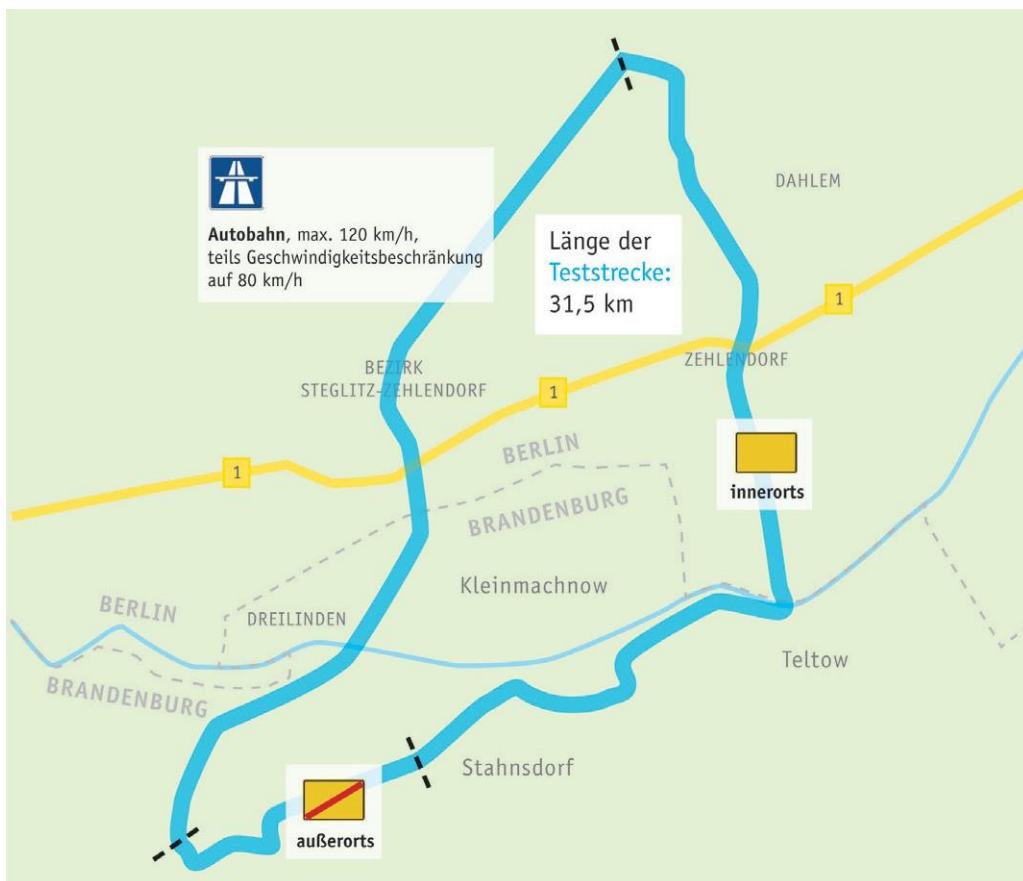
Der Durchflussmesser misst das Volumen des gesamten Abgasstroms und leitet einen kleinen Teil der Abgase durch einen erwärmten Schlauch in das FEM- und NO<sub>x</sub>-Modul.

<b>FLOW TUBE ANALYTICAL SPECIFICATION</b>	
Exhaust Temperature Range	-5 to 700°C
Exhaust Temperature Accuracy	± 1% of reading or ± 2°C whichever is greater
Flow Measurement Linearity	x <sub>min</sub> x (a <sub>1</sub> - 1) + a <sub>0</sub>   ≤ 1% of max. Slope a <sub>1</sub> between 0.99 and 1.01 Std. Err. of Estimates SEE ≤ 1% of max. Coefficient of Determination r <sup>2</sup> ≥ 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 (T <sub>0-90</sub> )	≤ 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 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 PEMS-Messungen, Emissions-Kontroll-Institut

#### Ohne Partikelfilter

Datum der Messung	04.2014
Kilometerstand	7.800
CO <sub>2</sub> [g/km]	160
NO <sub>x</sub> [mg/km]	105
Partikelanzahl	1,87*10 <sup>12</sup>

#### Mit Partikelfilter

Datum der Messung	08.2017
Kilometerstand	58.500
CO <sub>2</sub> [g/km]	151
NO <sub>x</sub> [mg/km]	207
Partikelanzahl	1,32*10 <sup>10</sup>

### 5.2 NEFZ-Messungen, TÜV Nord

#### Ohne Partikelfilter

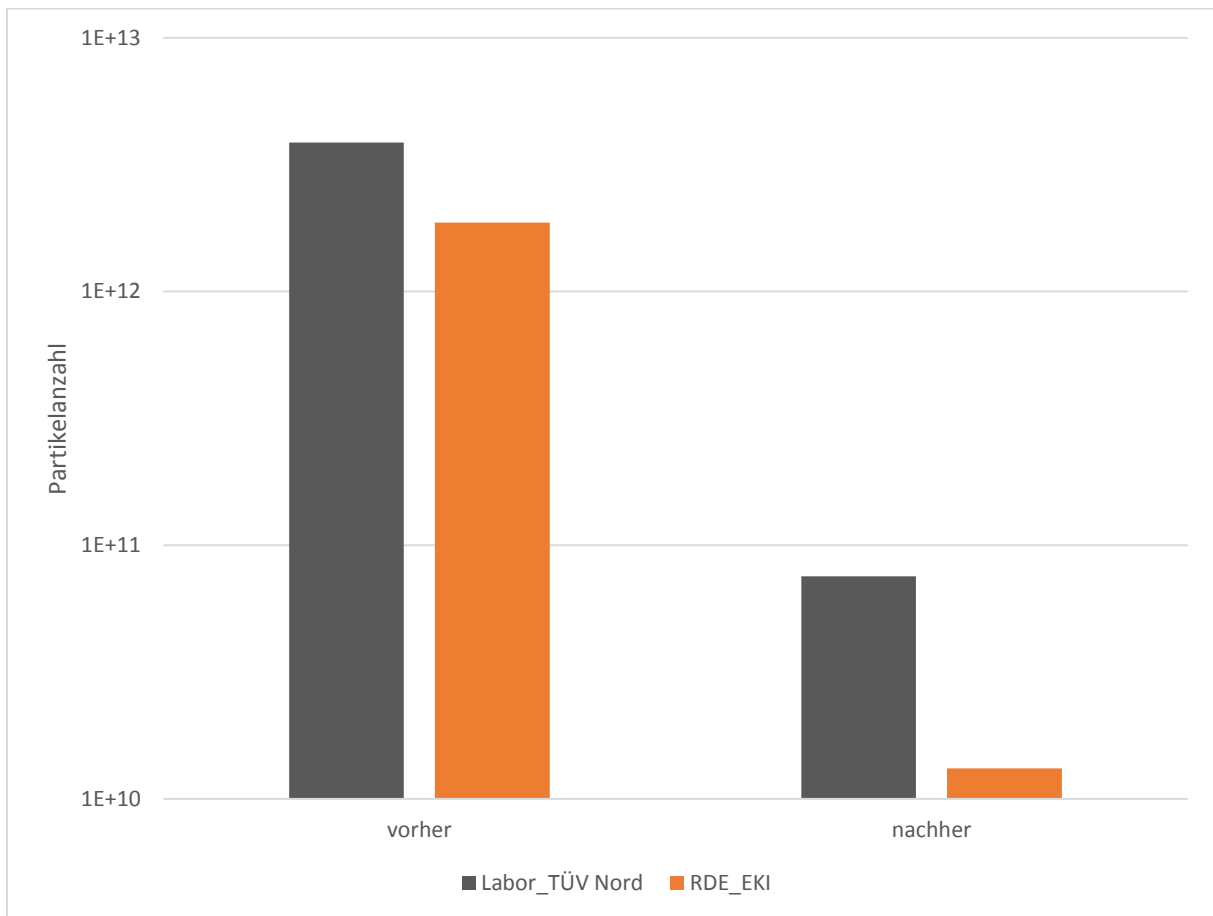
Datum der Messung	04.2014
Fahrkurve	NEFZ
Kilometerstand	7.168
CO <sub>2</sub> [g/km]	116
NO <sub>x</sub> [mg/km]	36
Partikelanzahl	3,87*10 <sup>12</sup>

#### Mit Partikelfilter

Datum der Messung	08.2017
Fahrkurve	NEFZ
Kilometerstand	57.699
CO <sub>2</sub> [g/km]	118
NO <sub>x</sub> [mg/km]	56
Partikelanzahl	7,54*10 <sup>10</sup>

### 5.3 Zusammenfassung der Partikelmessungen

Abb. 3 Partikelemissionen Ford Focus Turnier 1.0 EcoBoost



**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:** 2014 - 2017, Berlin Zehlendorf und Essen

**Titelfoto:** DUH

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

 Wir halten Sie auf dem Laufenden: [www.duh.de/newsletter-abo.html](http://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](http://www.duh.de/spenden.html)