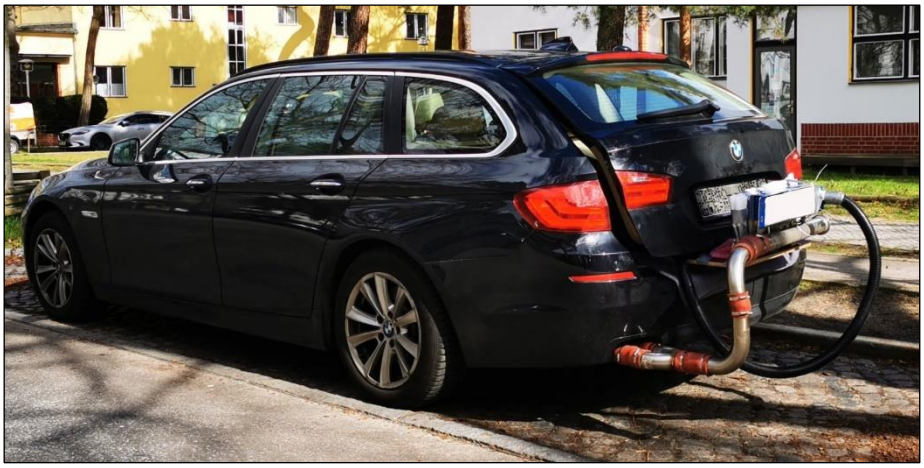
Deutsche Umwelthilfe



PEMS-Messungen an drei BMW Diesel Pkw-Modellen im realen Fahrbetrieb

Projektleiter
Dr. A. Friedrich

Stellvertretender Projektleiter
S. Annen

Berlin, 13. Juni 2023

Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund 3
   1.1 Emissions-Kontroll-Institut 3
   1.2 Rechtliche Grundlagen 4
   1.3 NO_x- und CO_2-PEMS-Messungen 5
2. Versuchsfahrzeuge 6
   2.1 BMW 525d, Euro 5 6
   2.2 BMW 318d, Euro 6 6
   2.3 BMW X5 xDrive40d, Euro 6 7
3. Messtechnik 8
   3.1 Messgerät des EKI für CO-, CO_2-, NO und NO_2-Messungen 8
   3.2 Messgerät des EKI für Partikelmessungen 10
   3.3 Durchflussmesser 10
4. Messmethode 11
5. Ergebnisse 12
   5.1 BMW 525d 12
   5.2 BMW 318d 15
   5.3 BMW X5 xDrive40d 17

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 BMW 525d 6
Abb. 2 BMW 318d 6
Abb. 3 BMW X5 xDrive40d 7
Abb. 4 reguläre Teststrecke 11
Abb. 5 Abgasrückführungsrate bei 132 km/h 13
Abb. 6 NOx-Konzentration BMW 525d 13
Abb. 7 NOx kumuliert, BMW 525d 14
Abb. 8 NOx-Konzentration BMW 318d 16
Abb. 9 NOx kumuliert, BMW 318d 16
Abb. 10 Vergleich der drei Modelle, NOx kumuliert 18

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 (CO_2) 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_x-, CO_2- 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 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 häufig die Grenzwerte nur im 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 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_x/km und Euro 6 Pkw einen Grenzwert von 80 mg NO_x/km unterschreiten. Der Euro 5 Grenzwert für leichte Nutzfahrzeuge der Fahrzeugklasse N1 Gruppe III (Bezugsmasse über 1760 kg) mit Dieselmotor liegt bei 280 mg NO_x/km und der Euro 6 Grenzwert dieser Fahrzeugklasse liegt bei 125 mg NO_x/km. Bezüglich der Partikelanzahl gilt für Fahrzeuge mit Ottomotor und Direkteinspritzung ab dem 1. September 2017 für die Typzulassung neuer Fahrzeugtypen ein Grenzwert von $6*10^{11}$, der bereits seit 2011 für Dieselfahrzeuge vorgeschrieben ist. Für die Typzulassung neuer Fahrzeuge ist dieser Wert ab 1. September 2018 gültig.

Die europäische 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.

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. Anfang Juni 2021 hat der Europäische Gerichtshof entschieden, dass Deutschland über Jahre die Grenzwerte für NO2 „systematische und anhaltend“ überschritten und zugleich gegen die Verpflichtung verstoßen hat, rechtzeitig geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um den Zeitraum der Überschreitung so kurz wie möglich zu halten (C-635/18).

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] International Council on Clean Transportation ICCT 2014

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 (NO_x) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) 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 LDV 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, Fahrzeuge mit Benzin-, Erdgas- oder Hybridantrieb sowie leichte Nutzfahrzeuge.

2. Versuchsfahrzeuge

2.1 BMW 525d, Euro 5

Abb. 1 BMW 525d

Modell / Erstzulassung	**BMW 525d / EZ. 04.2013**
Motorkennung	N47D20
Hubraum	1.995 cm^3
Leistung	160 kW
Getriebe	Automatik
Treibstoff	Diesel
Abgasnorm	Euro 5
Abgasnachbehandlung	DPF
Kilometerstand	135.604

2.2 BMW 318d, Euro 6

Abb. 2 BMW 318d

Modell / Erstzulassung	**BMW 318d / EZ. 02.2016**
Motorkennung	B47D20
Hubraum	1.995 cm^3
Leistung	110 kW
Getriebe	Manuell
Treibstoff	Diesel
Abgasnorm	Euro 6
Abgasnachbehandlung	DPF, Speicherkat
Kilometerstand	249.840

2.3 BMW X5 xDrive40d, Euro 6

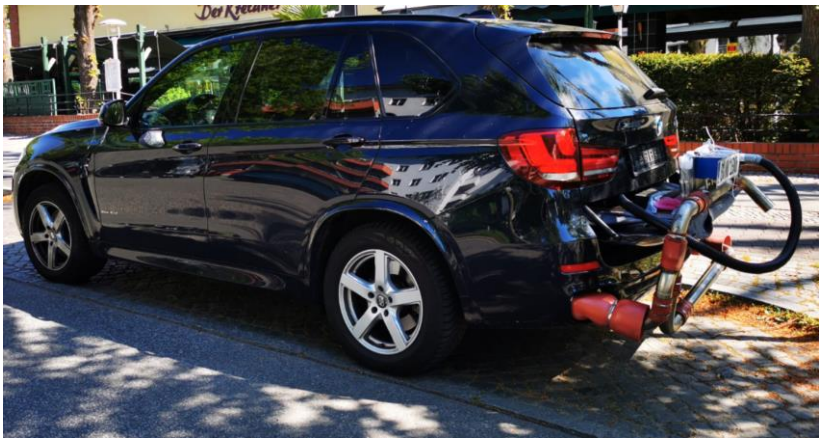


Abb. 3 BMW X5 xDrive40d

Modell / Erstzulassung	**BMW X5x Drive40d / EZ. 03.2018**
Motorkennung	N57D30
Hubraum	2.993 cm^3
Leistung	230 kW
Getriebe	Automatik
Treibstoff	Diesel
Abgasnorm	Euro 6
Abgasnachbehandlung	DPF, SCR-Kat
Kilometerstand	75.525

3. Messtechnik

3.1 Messgerät des EKI für CO-, CO_2-, NO und NO_2-Messungen

Zum Einsatz kommt das SEMTECH LDV Gas (Gas Analysis System) Modul von Sensors, welches mit hoher Genauigkeit die CO-, CO_2-, NO und NO_2-Werte misst. Anhand der emittierten CO_2-Emissionen kann unmittelbar der Kraftstoffverbrauch errechnet werden.

SPECIFICATIONS	
Power	12 VDC nominal (10.5 – 14.5 VDC)
Warm up time	60 minutes to meet specifications
Storage temperature	Dry –10 to 60 °C ambient
Operating environment	-10 to 45 °C ambient
Dimensions (WxDxH)	43.7 x 31.2 x 13.5 cm
Weight	8.9 kg
Data transmission	Ethernet
Electromagnetic interference and susceptibility	CE Standards: IEC 61326: 2002-2

GAS MODULE NDIR SPECIFICATIONS		
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	< ± 1% of point (span) or < ± 1% of span, whichever is larger	
Precision	≤ 1% of span	
Noise	≤ 1% of span	
Zero Drift (Over 4 hrs)	≤ ± 50 ppm	≤ ± 0.1 % vol.
Span Drift (over 4 hrs)	≤± 2% of span value or ≤ ± 50 ppm, whichever is greater	≤ ± 2% of span value or ≤ ± 0.1 % vol., whichever is greater
Rise Time (T10-90)	≤ 2.5 seconds	
System Response Time (T0-90)	≤ 10 seconds	
Data Rate	5 Hz	
Sample Flow Rate (nominal)	3 l/min	

Das SEMTECH LDV GAS 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_x-Konzentration ermöglicht.

GAS MODULE SPECIFICATIONS - NDUV		
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 0.99 - 1.01 Standard Error of Estimates (SEE) ≤ 1% of span Coefficient of Determination r2 ≥ 0.998	
Accuracy	≤ ± 2% of reading or ≤ ± 3% full scale, whichever is lager	
Repeatability	≤ 2% of point or ≤ ± 1% of span, whichever is lager	
Precision	≤ 1% of span	
Noise	≤ 1% of span	
Zero Drift (over 4 hrs)	≤ 5 ppm with Δt ≤ 10° C and using purified N2 as zero gas	
Span Drift (over 4 hrs)	≤ 2% of reading or ≤ 5 ppm with Δt ≤ 10° C, whichever is larger	
Rise time (T10-90)	≤ 2.5 sec	
System response time (T0-90)	≤ 10 sec	

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.

3.2 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 #/cm3 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]

3.3 Durchflussmesser

Der Durchflussmesser, Exhaust Flow Meter (FEM), misst das Volumen des gesamten Abgasstroms und leitet einen kleinen Teil der Abgase durch einen erwärmten Schlauch in das GAS 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	< 5 minutes at 20° C ambient
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
Communications	RS 232
Box dimensions (L x D x W)	35.8 x 11.2 x 9.1 cm

4. Messmethode

Die Messungen erfolgen im normalen Straßenverkehr teils auf einer festgelegten Teststrecke von rund 32 km in Berlin mit Anteilen von Stadtverkehr, Landstraße und Autobahn. Die Höchstgeschwindigkeit auf der Landstraße beträgt 100 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. Parameter wie Umgebungstemperatur und Luftfeuchte sowie Startzeit werden zu Beginn jeder Messung dokumentiert. Ebenfalls wird die Verbrauchsanzeige des Fahrzeugs für den jeweiligen Durchlauf notiert und über die erfassten Emissionswerte und einer Nachtankung überprüft.

Grafik: DUH

Abb. 4 reguläre Teststrecke

Ergänzend zu den regulären Messungen erfolgten Messfahrten auf der Autobahn A2 mit unterschiedlichen konstanten Geschwindigkeiten sowie auf Streckenabschnitten mit Steigung und Gefälle durch das Harzgebirge. Die Messungen mit konstanten Geschwindigkeiten wurden auf der A2, außerhalb der regulären Teststrecke, mit eingeschaltetem Tempomat jeweils über mindestens 12 Kilometer je gewählter Geschwindigkeit durchgeführt. Die Messungen im Harzgebirge erfolgten auf Streckenabschnitten mit bis zu 14 Prozent Steigung bzw. Gefälle mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Sie sind im folgenden Kapitel separat bezeichnet und ausgewertet worden.

5. Ergebnisse

5.1 BMW 525d

Die Messungen an dem BMW 525d auf der regulären Teststrecke, der Autobahn und im Harzgebirge wurden bei Außentemperaturen von +2 bis +5 Grad Celsius durchgeführt.

- Das Fahrzeug meldete keine Störung, kein Warnsignal leuchtete.
- Bei allen Messungen überschritt das Fahrzeug den Euro 5 NO_x-Grenzwert für Diesel-Pkw von 180 mg/km bei Weitem.
- Die Abgasrückführungsrate (AGR) sinkt mit steigender Geschwindigkeit, ab ca. 130 km/h ist sie fast konstant bei null Prozent.
- Die NO_x-Emissionen nehmen mit steigender Geschwindigkeit stark zu, insbesondere oberhalb von 120 km/h.
- Bei Streckenabschnitten mit Steigung sinkt die AGR-Rate und die NO_x-Emissionen schnellen in die Höhe.

Zusammenfassung der Messungen auf der regulären Teststrecke

Durchschnitt CO_2 in g/km	135
Durchschnitt NO_x in mg/km	1.226
Faktor zu Grenzwert NO_x Euro 5 Diesel (180 mg/km)	6,8

Zusammenfassung der Autobahnmessungen, konstante Geschwindigkeiten

Fahrprofil	NO_x in mg/km	Faktor zu NO_x-Grenzwert Euro 5 Diesel	Durchschnittliche AGR-Rate in Prozent
Konstant 123 km/h	**1.367**	7,6	15,6
Konstant 132 km/h	**2.036**	11,3	0,3
Konstant 143 km/h	**2.510**	13,9	0

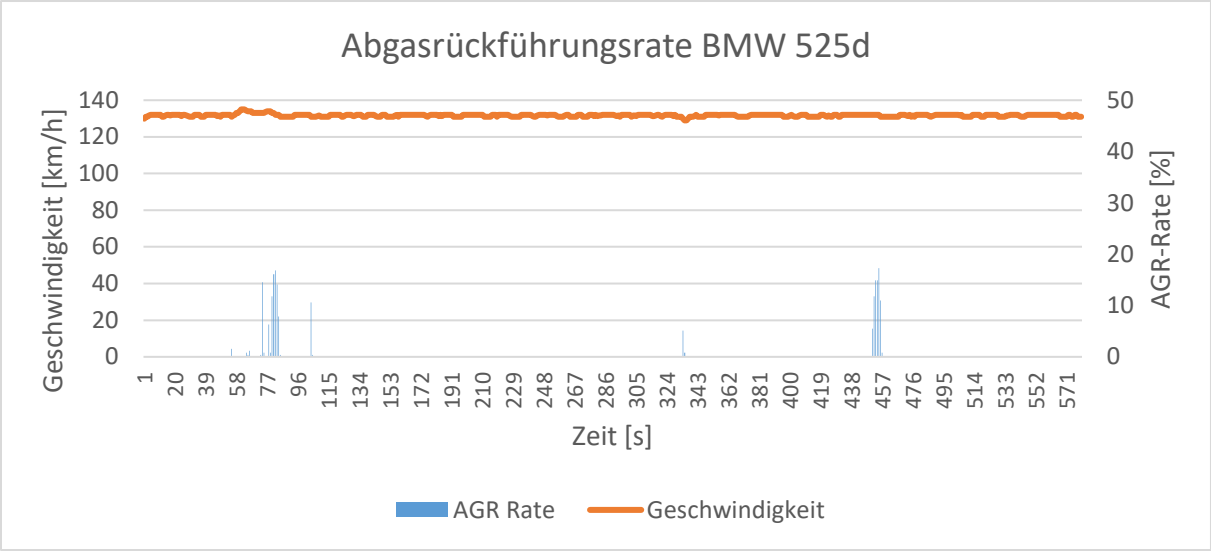


Abb. 5 Abgasrückführungsrate bei 132 km/h

Zusammenfassung der Messungen im Harzgebirge

Fahrprofil	NO_x in mg/km	Faktor zu NO_x-Grenzwert Euro 5 Diesel	Durchschnittliche AGR-Rate in Prozent
Ebene und Gefälle (ca. 50 km/h)	**403**	2,2	7,2
Steigung (bis zu 5 %, ca. 50 km/h)	**2.848**	15,8	13,6
Steigung (bis zu 14 %, ca. 50 km/h)	**5.847**	32,5	4,4

Die NO_x-Konzentration während der Messfahrt bei Steigungen bis 14 Prozent liegt konstant auf einem sehr hohen Niveau. Im Ergebnis emittiert das Fahrzeug auf der Strecke von 2,38 Kilometern 13.915 mg NO_x, siehe Abb. 6 und Abb. 7. Pro Kilometer ergibt dies einen Durchschnittswert von 5.847 mg NO_x.

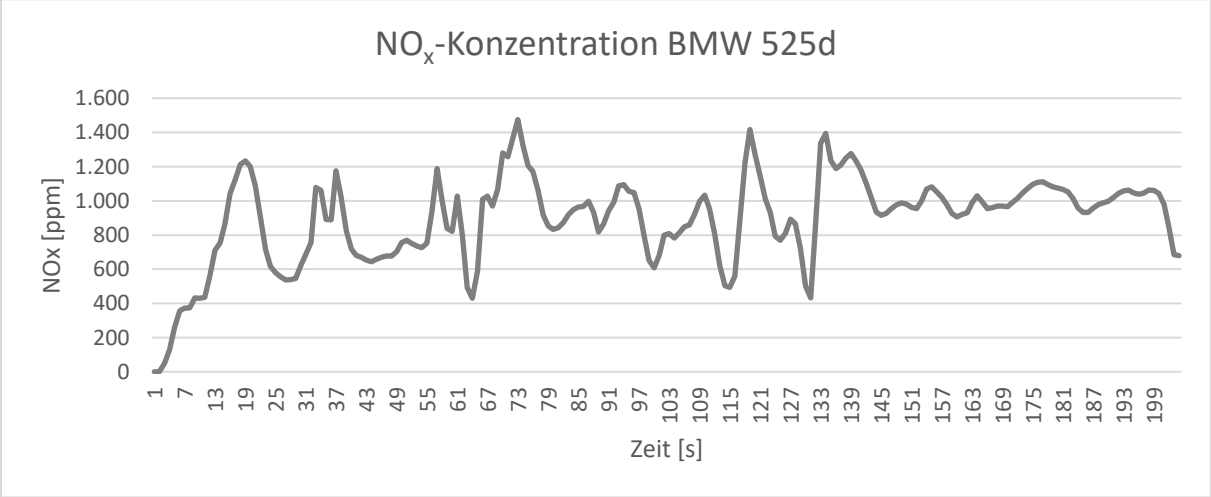


Abb. 6 NOx-Konzentration BMW 525d

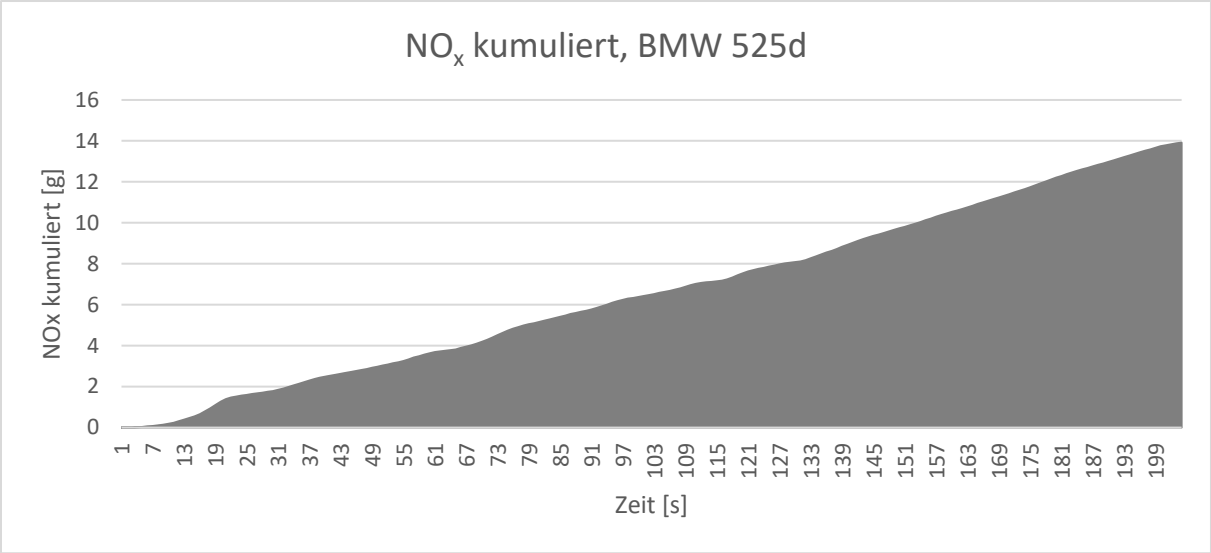


Abb. 7 NOx kumuliert, BMW 525d

5.2 BMW 318d

Die Messungen an dem BMW 318d auf der regulären Teststrecke, der Autobahn und im Harzgebirge wurden bei Außentemperaturen von +7 bis +18 Grad Celsius durchgeführt.

- Das Fahrzeug meldete keine Störung, kein Warnsignal leuchtete.
- Bei allen Messungen überschritt das Fahrzeug den Euro 6 NO_x-Grenzwert für Diesel-Pkw von 80 mg/km.
- Die NO_x-Emissionen nehmen mit steigender Geschwindigkeit stark zu, insbesondere oberhalb von 120 km/h.
- Bei Streckenabschnitten mit Steigung steigen die NO_x-Emissionen stark an.
- Höherem Drehmoment, niedrigerer Drehzahl, stiegen die NOx-Emissionen noch weiter an.

Zusammenfassung der Messung auf der regulären Teststrecke

Durchschnitt CO_2 in g/km	124
Durchschnitt NO_x in mg/km	331
Faktor zu Grenzwert NO_x Euro 6 Diesel (80 mg/km)	4,1

Zusammenfassung der Autobahnmessungen, konstante Geschwindigkeiten

Fahrprofil	NO_x in mg/km	Faktor zu NO_x-Grenzwert Euro 6 Diesel
Konstant 112 km/h	**81**	1,0
Konstant 123 km/h	**106**	1,3
Konstant 132 km/h	**210**	2,6
Konstant 143 km/h	**327**	4,1

Zusammenfassung der Messungen im Harzgebirge

Fahrprofil	NO_x in mg/km	Faktor zu NO_x-Grenzwert Euro 6 Diesel
Ebene und Gefälle (ca. 50 km/h)	**99**	1,2
Steigung (bis zu 5 %, ca. 50 km/h)	**452**	5,7
Steigung (bis zu 14 %, ca. 50 km/h, 3. Gang)	**2.105**	26,3
Steigung (bis zu 14 %, ca. 50 km/h, teils 4 Gang, innerhalb der Schaltvorgabe)	**3.934**	49,2
Steigung (bis zu 14 %, bis zu 70 km/h)	**2.795**	34,9

Die NO_x-Konzentration während der Messfahrt bei Steigungen bis 14 Prozent liegt konstant auf einem sehr hohen Niveau. Im Ergebnis emittiert das Fahrzeug auf der Strecke von 2,38 Kilometern 9.372 mg NO_x, siehe Abb. 8 und Abb. 9.

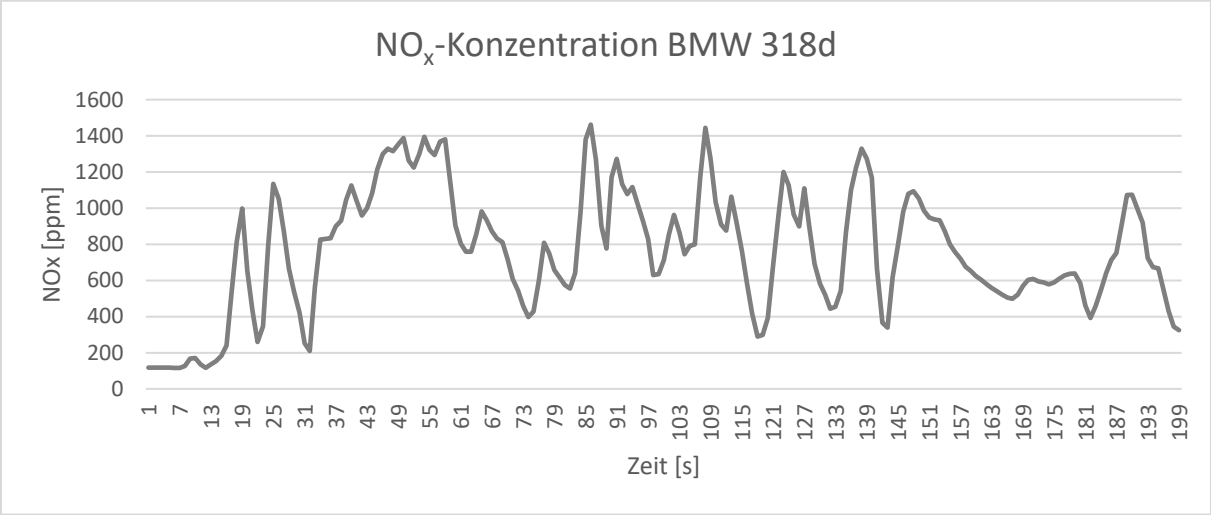


Abb. 8 NOx-Konzentration BMW 318d

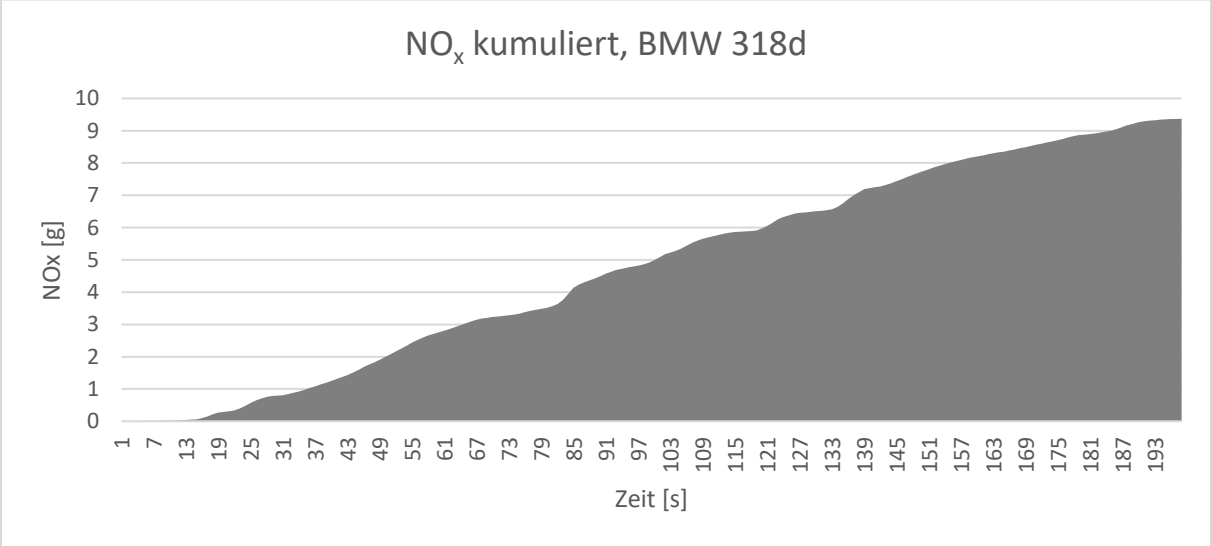


Abb. 9 NOx kumuliert, BMW 318d

5.3 BMW X5 xDrive40d

Die Messungen an dem BMW X5 xDrive 40d auf der Autobahn und im Harzgebirge wurden bei einer Außentemperatur von +21 Grad Celsius durchgeführt.

- Das Fahrzeug meldete keine Störung, kein Warnsignal leuchtete.
- Bei den Messungen auf der Autobahn mit konstanten Geschwindigkeiten bis 140 km/h hielt das Fahrzeug den Euro 6 NO_x-Grenzwert für Diesel-Pkw von 80 mg/km ein.
- Bei Streckenabschnitten mit Steigung stiegen die NO_x-Emissionen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit stark an.

Zusammenfassung der Autobahnmessungen, konstante Geschwindigkeiten

Fahrprofil	NO_x in mg/km	Faktor zu NO_x-Grenzwert Euro 6 Diesel
Konstant 106 km/h	**30**	0,4
Konstant 140 km/h	**59**	0,7

Zusammenfassung der Messungen im Harzgebirge

Fahrprofil	NO_x in mg/km	Faktor zu NO_x-Grenzwert Euro 6 Diesel
Steigung (bis zu 10 %, ca. 50 km/h)	**95**	1,2
Steigung (bis zu 14 %, ca. 50 km/h)	**171**	2,1
Steigung (bis zu 14 %, bis zu 70 km/h)	**1.796**	22,5

Ein Vergleich der drei hier untersuchten Modelle zeigt auf demselben Streckenabschnitt mit annähernd identischem Geschwindigkeitsprofil einen deutlichen Unterschied des Emissionsverhaltens der Fahrzeuge auf (Abb. 10). Der BMW X5 xDrive40d hat einen SCR-Kat verbaut, der auch bei Geschwindigkeiten um 50 km/h und einer Steigung bis zu 14 % die NOx-Emissionen stark mindert.

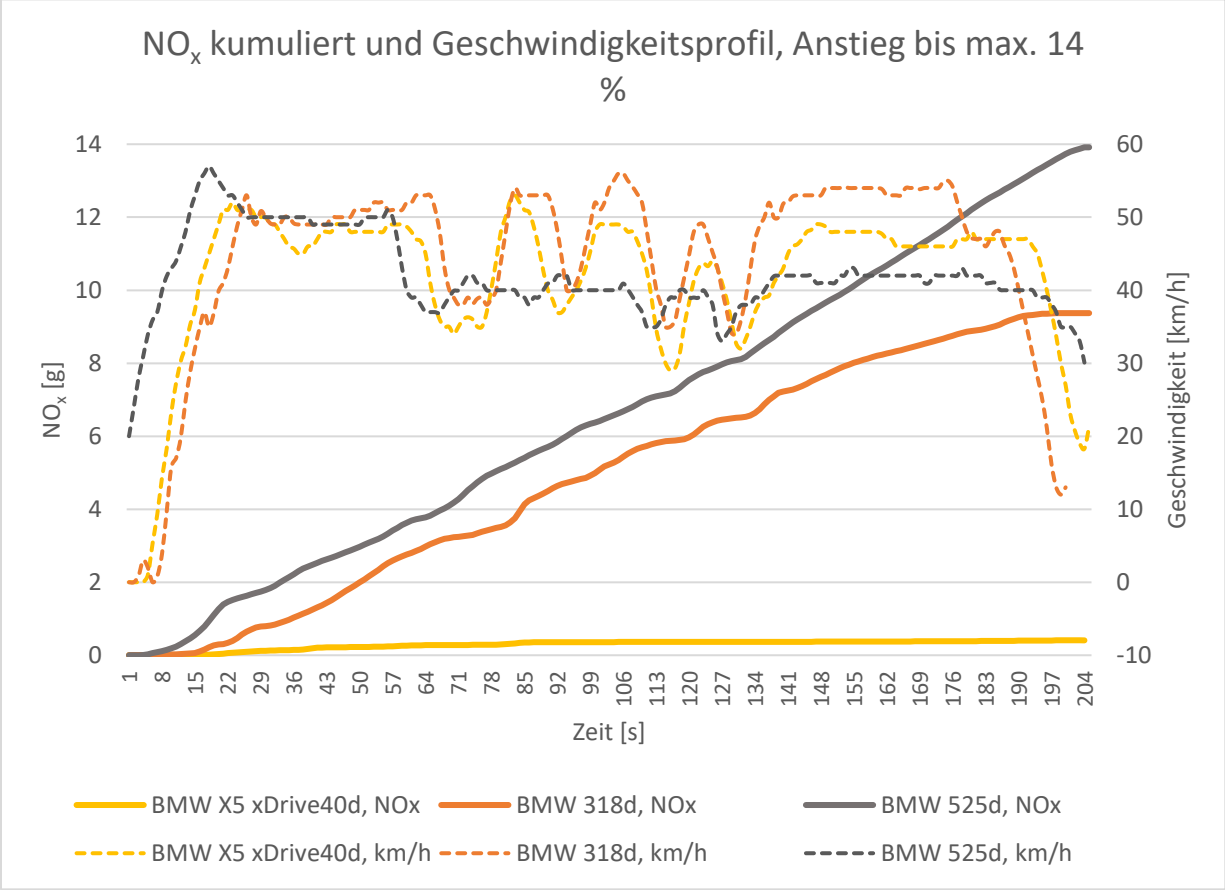


Abb. 10 Vergleich der drei Modelle, NOx kumuliert

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
Senior Expert | Stellv. Leiter Emissions-Kontroll-Institut
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 der Messung: April bis Mai 2023

Titelfoto: DUH

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