

Environmental Management/GERnano

Investigation regarding the effects of GERnano in engine oil on emissions, fuel consumption and carbon deposits

ID	MoMa 50470
Version	1.5
Date	2018-01-26

Impressum¹

FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH
Wintergartenstraße 4
01307 Dresden

M.Eng.Frank Rexhäuser
Testing Technologies Development Section

Tel.: +49 351 652 888-0

Fax: +49 351 652 888-22

Web: www.fsd-web.de

E-Mail: sekretariat@fsd-web.de

Translation Volker Osterholt (for GERnano)

¹ translator's note: publisher information required under German law

Table of Contents

1	Motivation	5
2	Goals.....	5
3	Test Work.....	5
3.1	Methods	5
3.1.1	Test Vehicle	5
3.1.2	Measurement Instruments and Tools	6
3.1.3	Test Phases	6
3.2	Test Execution	7
3.2.1	Initial State.....	7
3.2.2	Execution of Test Trips	8
3.2.3	State of the Vehicle after Cleaning Phase.....	8
3.2.4	State of the Vehicle after all Test Trips	9
4	Evaluation of Tests	10
4.1	Analysis of Trip Logs.....	10
4.2	Analysis of Cleaning Effect on Carbon Deposits	12
4.3	Analysis of Engine Performance.....	14
4.4	Analysis of Results of Acceleration Section of Test Trips	15
5	Summary.....	16
6	Appendices	17

Figures

Figure 1 Map of the test route in Google Maps	6
Figure 2 EGR valve with carbon deposits (initial state)	7
Figure 3 Intake ports of the cylinder head with carbon deposits (initial state)	7
Figure 4 EGR-valve with carbon deposits (after Phase 3).....	8
Figure 5 Intake ports of the cylinder head with carbon deposits (after Phase 3)	8
Figure 6 Disassembled EGR valve with carbon deposits (after Phase 6)	9
Figure 7 Intake ports of cylinder head with carbon deposits (after Phase 6)	9
Figure 8 Comparison of emissions with de-activated EGR before and after GERnano application.....	11
Figure 9 Comparison of emissions with activated EGR before and after GERnano application	11
Figure 10 Piston running surfaces in initial (top) and final (bottom) state	12
Figure 11 Intake and outlet ports in initial state (left) and final state (right)	12
Figure 12 Throttle valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the front	13
Figure 13 Throttle valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the back	13
Figure 14 EGR valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the front	13
Figure 15 EGR valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the back	13
Figure 16 Performance measurements in Initial State (red) und Final State (red). Initial State: 04/09/17, 4th gear, 20.67°C ambient temperature, 989.92 mbar pressure, 36% humidity Final State: 13/10/17, 4th gear, 21.66°C ambient temperature, 998.99 mbar pressure 33% humidity.....	14
Figure 17 NOX emissions before and after GERnano application during acceleration test.....	15

Tables

Table 1 Overview of the tested vehicle conditions.....	6
Table 2 Proportions of the various road types	6
Table 3 Averages of Measurements with AVL Concerto V4.8.....	10
Table 4 Summary of emissions reductions after GERnano application	11
Table 5 Performance measurements before and after GERnano application	14
Table 6 Compression before and after application of GERnano	14

1 Motivation

GERnano noticed FSD GmbH in a TV documentary on the Dieselgate skandal, „Exklusiv im Ersten: Keine Luft zum Atmen (ARD)“²

After the screening of the documentary, GERnano got in touch with FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH and offered to present the technology “GERnano”. This presentation by GERnano was given on 9th of Aug 2017 in Radeberg, Saxony. Summarizing, GERnano claimed the following positive effects in applications:

- Significant reduction of oil burn and longer drain intervals
- Cleaning of carbon deposits (caused by the EGR)
- Prevention of new carbon deposits
- Increase of engine power
- Fuel savings
- Reduction of NOx, HC and CO emissions (up to 30% reduction of NOx was the statement by Matthias Pahlke)
- Cleaning of friction surfaces in the engine
- Reduced wear and electrochemical corrosion of friction surfaces

2 Goals

Testing of GERnano effectiveness regarding the above claimed benefits

3 Test Work

3.1 Methods

3.1.1 Test Vehicle

For the testing the following vehicle was used:

Characteristics:	High mileage and carbon deposits
Producer:	VW
Type	Passat B6
Sales type:	3C5196
FIN:	WVWZZZ3CZ9E028732
Date of first registration:	28/07/2008
Engine identification:	CBAB
Power:	103 kW
Displacement:	1968 cm ³
Fuel type:	Diesel
Emission standard:	EURO 4
Approval:	e1*2001/116*0307*16
Mileage:	approx 305,000 km

² Lit: “No air for breathing”; also: ‘no room to move’

3.1.2 Measurement Instruments and Tools

Portable emissions measurement systems by AVL 'GAS PEMS iS' and 'PN PEMS iS' were used.

3.1.3 Test Phases

The testing proceeded in six phases:

Table 1 Overview of the tested vehicle conditions

Phase	EGR	Oil Change	GERnano®	Trips	Comments
1	off	Yes	No	3	Testing effects on NOx without EGR
2	on	No	No	5	Normal condition
3	on	Yes	yes (2.0 ml/l oil)	4	So called 'cleaning phase'
4	on	No	yes (1.5 ml/l oil)	2	After changing oil
5	on	No	No ¹	5	After a further 1,500km
6	off	No	No ¹	3	Testing effects on NOx without EGR

¹ no additional GERnano applied

The test route was selected to include approximately equal proportions of freeway, country and city parts (Table 2) and to support reproducibility of measurements. The route is shown in Figure 1 Map of the test route in Google Maps

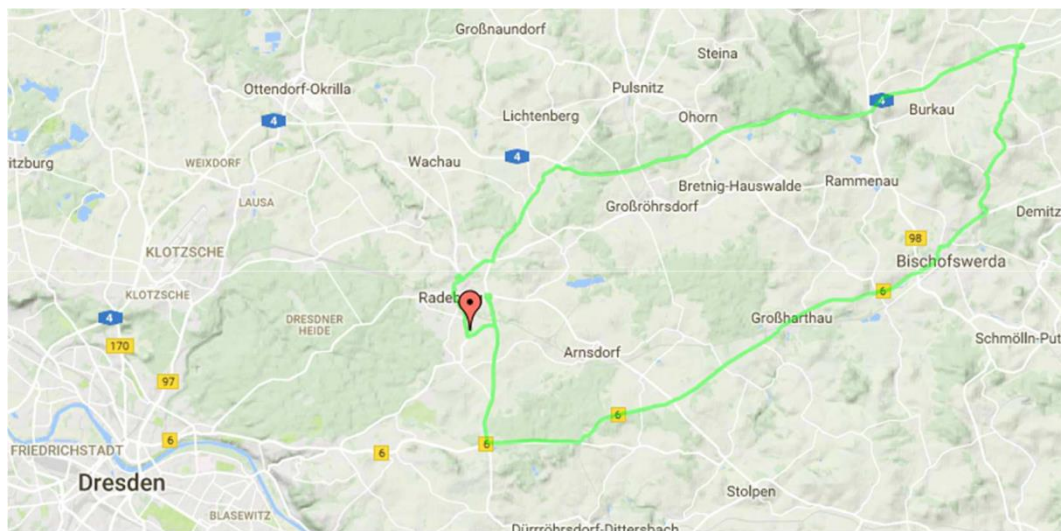


Figure 1 Map of the test route in Google Maps

Table 2 Proportions of the various road types

Road type	Length (km)	Proportion
Freeway	~20	30.3%
Country	~35	53.0%
City	~11	16.7%
Total	~66	100%

The exhaust gas recirculation system was deactivated using the engine software in Phases 1 and 6 to achieve better comparability of the measurement results. Thus, the effects of GERnano can be evaluated independently of the exhaust gas recirculation. Further, the EGR control and regulation is not necessarily predictable and a deactivation can enable a better reproducibility of the measurement results.

Also performed before and after the GERnano application were compression pressure measurement as well as engine power measurements.

3.2 Test Execution

3.2.1 Initial State

At the beginning of the tests, the engine components of the test vehicle were partially dismantled. In addition, the engine block, the turbocharger and the exhaust manifold were examined in the assembled state. All components were photographed in detail (see Appendices 1-3). The components showed heavy deposits of soot (Figure 2, Figure 3). Subsequently, all components were reinstalled without cleaning.

Before the initial measurement, a service with oil change (4 L engine oil) was carried out on the test vehicle. After measurements Phase 1 and 2, GERnano (2.0 ml / L engine oil) was added to the warmed-up engine. The engine was then idled for 5-10 minutes.



Figure 2 EGR valve with carbon deposits (initial state)



Figure 3 Intake ports of the cylinder head with carbon deposits (initial state)

3.2.2 Execution of Test Trips

The test runs of Phases 1, 2, 4-6 could be carried out as planned. During two test trips of Phase 3 the EFM (Exhaust Flow Meter) failed, so the conversion to X per km was not possible.

3.2.3 State of the Vehicle after Cleaning Phase

The air intake of the test vehicle including EGR was dismantled again after the Cleaning Phase (approx. 300 km) and the condition was documented. The surfaces of the components did not show material differences compared to the initial state. In addition, oil and oil filter were changed again, and GERnano (1.5 ml / L engine oil) was added to the warmed-up engine.



Figure 4 EGR-valve with carbon deposits (after Phase 3)



Figure 5 Intake ports of the cylinder head with carbon deposits (after Phase 3)

3.2.4 State of the Vehicle after all Test Trips

The intake and cylinder head of the test vehicle were dismantled after approx. 3500 km driven with GERnano and the condition of the components was documented. Again, no material changes from the initial state could be noticed. All photos of the components are provided as a digital attachment.



Figure 6 Disassembled EGR valve with carbon deposits (after Phase 6)



Figure 7 Intake ports of cylinder head with carbon deposits (after Phase 6)

4 Evaluation of Tests

4.1 Analysis of Trip Logs

During the trips 7, 8, 16 and 19, the engine control activated the regeneration of the diesel particulate filter. During the additional injection and the burning of soot in the filter, emission levels increase. For this reason, these trips were not included in the global evaluation; parts of these trips could be evaluated subsequently.

Table 3 Averages of Measurements with AVL Concerto V4.8

Measurements	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6
Trip Count	3	3	2	2	3	3
Trip Length in km	66.3	66.5	66.4	66.3	66.3	67.7
Fuel consumption in L/100km	5.4	5.9	5.7	5.3	5.3	4.7
Revolutions in rpm	1522	1524	1500	1522	1520	1467
Torque in Nm	37.6	40.3	39.8	39	40.1	35.3
Power in Nm	6.4	6.8	6.6	6.6	6.8	5.7
Work in kWh	7	7.6	7.6	7.3	7.6	7.1
Exhaustgas Mass in kg	132.2	97.1	97.6	92.1	91.9	133.8
Outside Temperatur in °C	17.4	14.8	15.7	18.1	12.1	17.6
Humidity in %	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6
CO ₂ in g/km	144	156	149	140	141	124
CO in g/km	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.04
NO in g/km	1.15	0.49	0.42	0.33	0.33	1.07
NO ₂ in g/km	0.24	0.12	0.11	0.06	0.1	0.17
NO _X in g/km	1.39	0.61	0.53	0.42	0.43	1.2
Velocity in km/h	60.3	59.8	57.9	59.8	59.3	55.2
Proportion City	31.8%	30.5%	32.5%	29.9%	34.7%	36.5%
Proportion Country	33.3%	33.6%	37.5%	39.4%	34.2%	31.1%
Proportion Freeway	34.9%	35.9%	30.0%	30.6%	31.1%	32.3%

The data (Table 3) shows a clear reduction of all measured emissions after the application of GERnano in comparison to the initial state. CO values (Appendix 4) fluctuate considerably more than any other emission values, however this can be explained by the very low level of CO emissions. Should changes in CO emissions be relevant, further measurements are required to gain reliable data (test bench).

Table 4 Summary of emissions reductions after GERnano application

Changes in emissions	CO2	NO	NO2	NOx
Activated EGR	- 9.5%	- 32.7%	- 17.5%	- 29.8%
Deactivated EGR	- 14.3%	- 6.8%	- 30.0%	- 13.9%

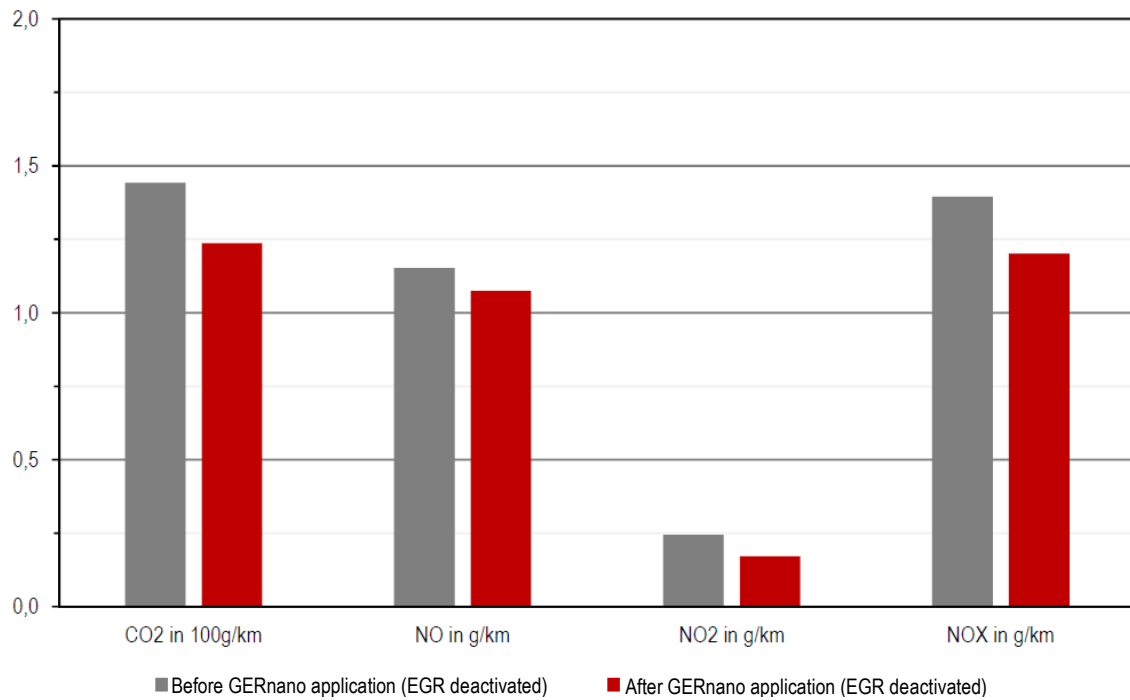


Figure 8 Comparison of emissions with de-activated EGR before and after GERnano application

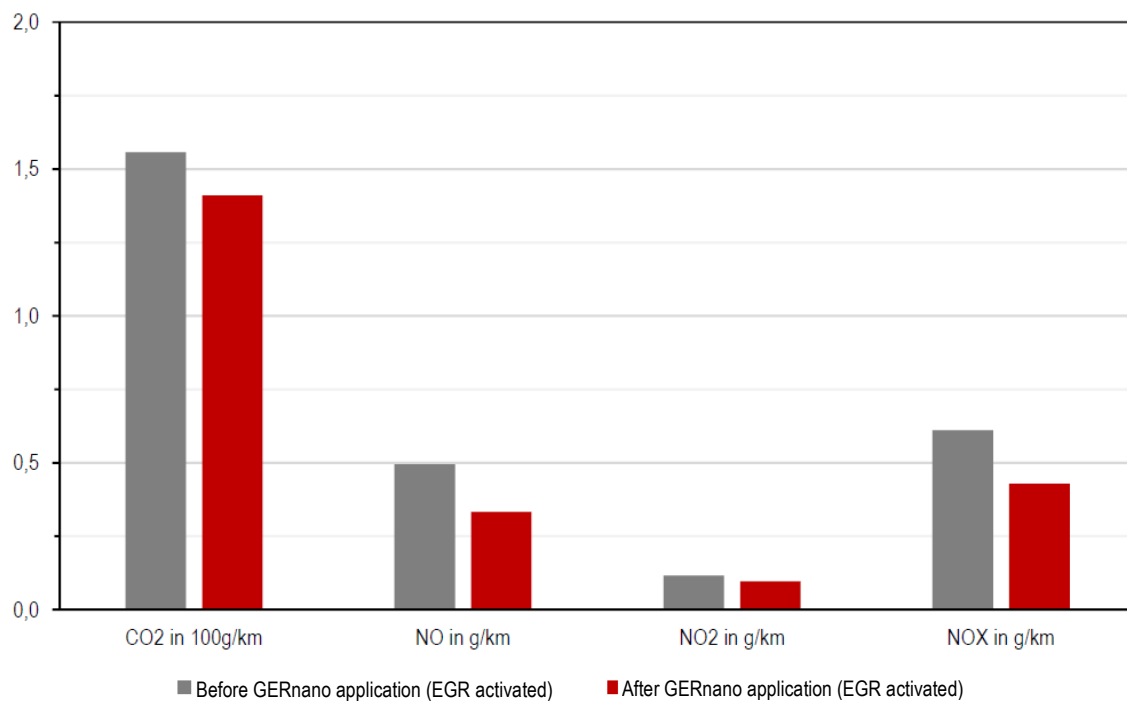


Figure 9 Comparison of emissions with activated EGR before and after GERnano application

4.2 Analysis of Cleaning Effect on Carbon Deposits

The condition of the engine components is shown in Figure 10 to Figure 15. In the engine, the cylinder bores of the two outer pistons show the strongest changes (Figure 10). Existing deposits have been removed (red marks); considering the subsequent compression measurements a connection with GERnano can be suspected.

Considering the remaining components in the intake manifold and the EGR (Fig. 11-15) a cleaning effect in these parts is not apparent. Small areas seem to have changed, however at this stage (after 3500km) cleaning cannot be recognize clearly.



Figure 10 Cylinder bores in initial (top) and final (bottom) state



Figure 11 Intake and outlet ports in initial state (left) and final state (right)

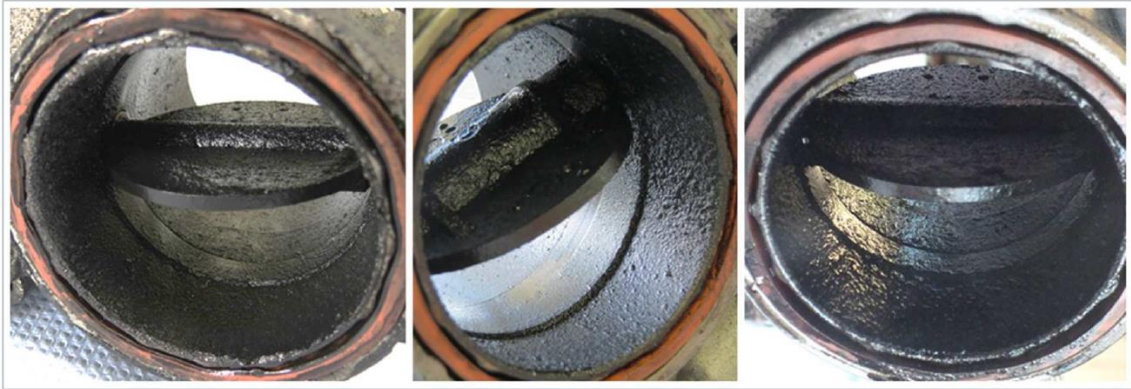


Figure 12 Throttle valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the front

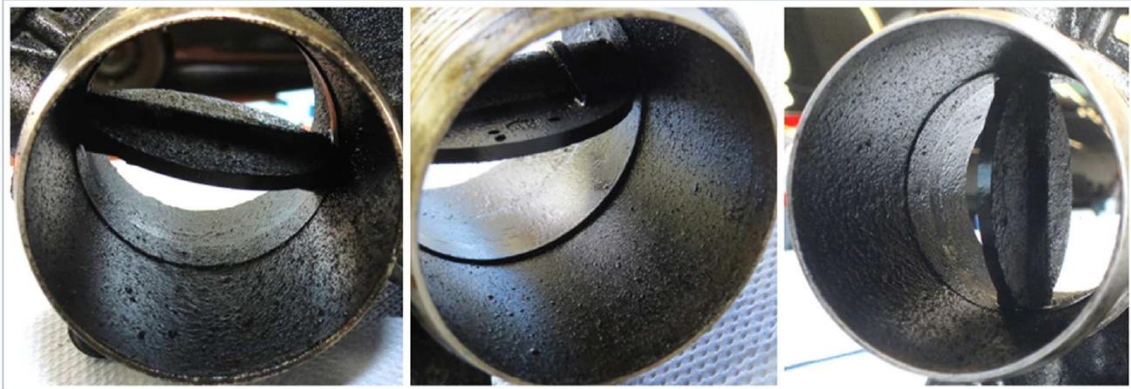


Figure 13 Throttle valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the back

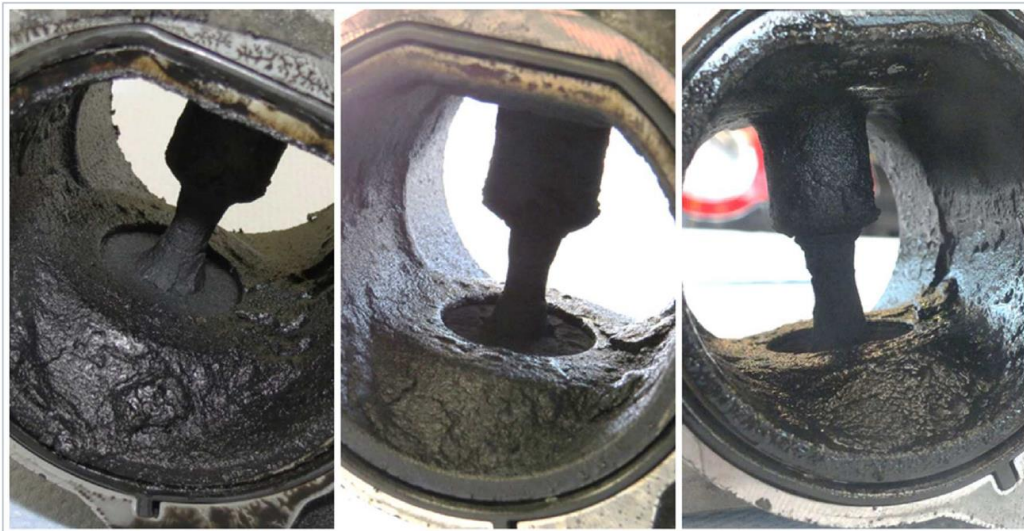


Figure 14 EGR valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the front



Figure 15 EGR valve in initial state, after phase 3 and in final state (left to right), view from the back

4.3 Analysis of Engine Performance

For further assessment of the effects of the GERnano application, performance measurements were carried out on the test vehicle before and after the test trips (Figure 16). These showed an increase in both torque and power over almost the entire range of RPM (Table 5).

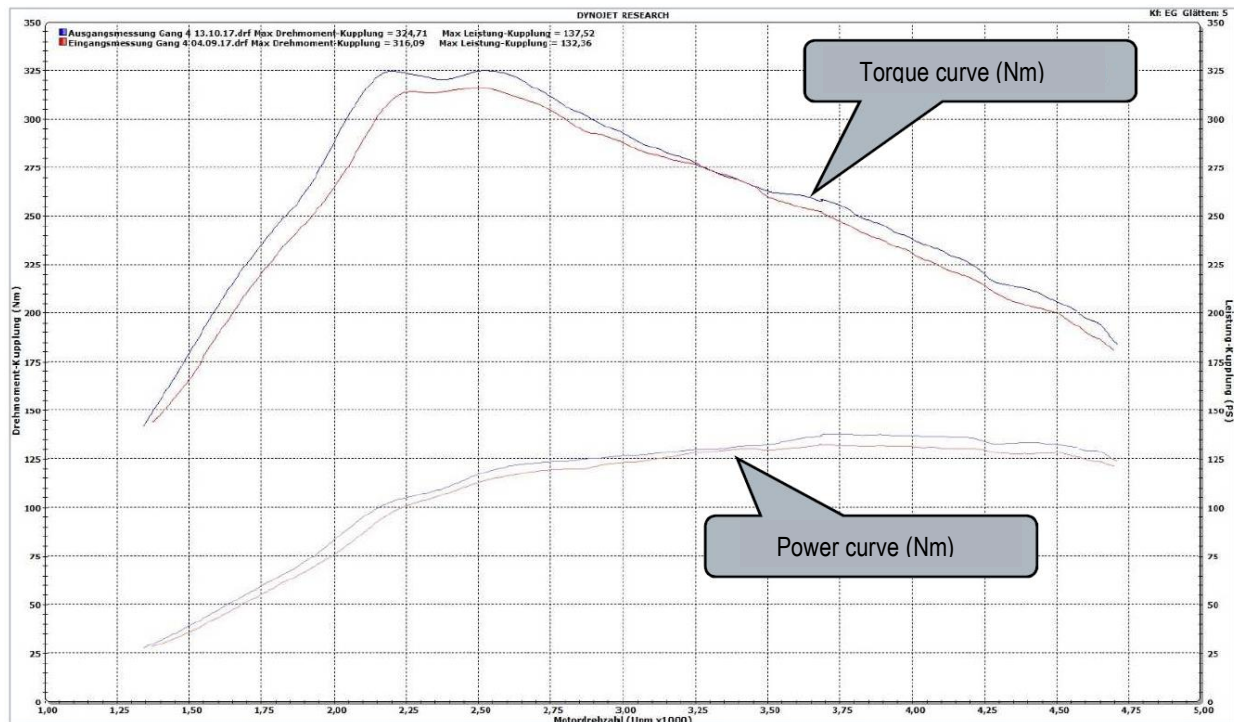


Figure 16 Performance measurements in Initial State (red) and Final State (red).
Initial State: 04/09/17, 4th gear, 20.67°C ambient temperature, 989.92 mbar pressure, 36% humidity
Final State: 13/10/17, 4th gear, 21.66°C ambient temperature, 998.99 mbar pressure 33% humidity

Table 5 Performance measurements before and after GERnano application

States	Initial State	Final State	Change (abs.)	Change (rel.)
Max. Torque	316.09 Nm	324.71 Nm	+ 8.62 Nm	+ 2.73 %
Max. Power	132.36 PS	137.52 PS	+ 5.16 Nm	+ 3.90 %

Also measured were the compression pressures per cylinder before and after the testing. The compression values of all cylinders in the initial state correspond to those of a used engine above the wear limit. The compression values in the final state, however, are in the range of a new engine (Table 6, Appendix 5). Presumably the claimed effects on the friction surfaces (cleaning and reduced friction) of the additive reduced the frictional losses in the engine. This might have resulted in better contact pressure of the piston rings onto the cylinder treads, which would explain the increase in the compression pressures, as well as the increased maximum torque and power.

Table 6 Compression before and after application of GERnano

State	Cylinder 1	Cylinder 2	Cylinder 3	Cylinder 4
Before	23.0 bar	23.5 bar	23.5 bar	23.0 bar
After	25.0 bar	26.0 bar	25.5 bar	25.5 bar

4.4 Analysis of Acceleration Results on a Subsection of Test Trips

Analysis of trip data in a subsection of the test route that allows steady driving gave the following results. In this section, the vehicle was accelerated from 70 to 100 km / h by means of the vehicle cruise control. The exhaust gas recirculation was deactivated during the trips shown in the figure below (Phases 1 and 6). However, this comparison did not show a significant reduction in NOx emissions as established in Section 4.1.

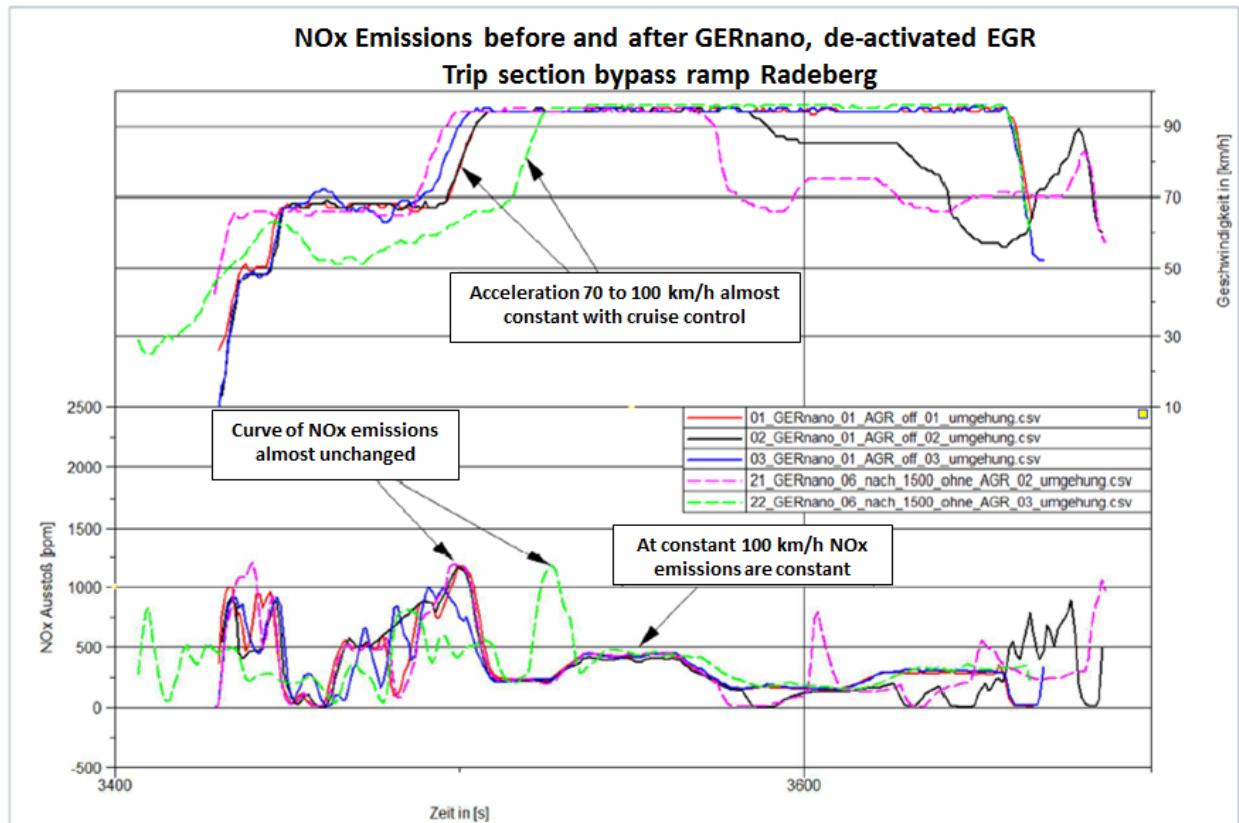


Figure 17 NOx emissions before and after GERnano application during acceleration test

5 Summary

The investigation confirmed the claimed effects of GERnano in principle. During the test trips, all measured emissions did improve. Especially the reduction of NOX emissions during the trip series with activated EGR by approx. 30%, as well as the reduction in fuel consumption, has to be highlighted. However, this effect could only be identified in the global data assessment. When analyzing a subsection of the test route, no differences could be detected before and after GERnano application. This might suggest that the reduction of emissions on longer trips can be explained by the higher engine performance after the application. The cleaning phase of GERnano would lead to reduced friction on the piston, a higher compression pressure and thus higher efficiency of the treated engine.

An effect of the lubricant additive on the combustion process (micro spark plugs) cannot be detected with the carried out experiments. The claimed cleaning effect could be observed only on the surfaces of the cylinder bores. Other engine components did not clearly show a cleaning effect. No conclusions can be made regarding reduced oil consumption and prevention of carbon deposits based on the results of the PEMS trips. The RDE trips carried out are not suitable for investigating individual effects of GERnano. For this, dedicated tests on an engine test bench would be required.

In the discussion with representatives of GERnano regarding the cleaning effects, they were confident that the surfaces would be cleaned completely by further operation. The small rate of cleaning that occurred during this study could be explained by the engine, which consumes very little oil. Therefore, the additive GERnano would only enter the combustion chamber and the EGR in very small amounts. The cleaning could be significantly accelerated by an application in the fuel, with 1 ml GERnano concentrate added to 50 L diesel.

FSD will continue to monitor development of the surface deposits as it continues using the vehicle. To verify the results of this study, test should be performed on additional vehicles. Individual properties can be proven on the respective test stand types. Should the significant reduction in fuel consumption and NOx be confirmed, and a positive emissions assessment be granted (changed composition of the exhaust), then GERnano can contribute to a lower pollutant exposure of people and the environment.

6 Appendices

- Appendix 1: Photos of the engine components in phase 0 (initial state, JPG)
- Appendix 2: Photos of the engine components in phase 3 (after cleaning phase, JPG)
- Appendix 3: Photos of the engine components in phase 6 (final state, JPG)
- Appendix 4: Measured data and evaluation (XLSX, PDF)
- Appendix 5: Compression test (PDF)

Umweltmanagement/GERnano®

**Untersuchung der Auswirkungen durch den Zusatzstoff
GERnano® im Motoröl auf Schadstoffausstoß, Verbrauch und
Rußablagerungen**

ID	MoMa 50470
Version	1.5
Datum	2018-01-26



Impressum

FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH
Wintergartenstraße 4
01307 Dresden

Dipl.-Ing. Frank Rexhäuser
Fachbereich Vorentwicklung Prüftechnologien

Tel.: +49 351 652 888-0

Fax: +49 351 652 888-22

Web: www.fsd-web.de

E-Mail: sekretariat@fsd-web.de



Inhalt

1	Motivation	5
2	Untersuchungsziele	5
3	Untersuchung	5
3.1	Vorbetrachtung	5
3.1.1	Untersuchungsfahrzeug	5
3.1.2	Verwendete Messmittel und Diagnosetools	6
3.1.3	Ablauf der Untersuchung.....	6
3.2	Durchführung der Untersuchung	7
3.2.1	Ausgangszustand.....	7
3.2.2	Durchführung der Messfahrten.....	8
3.2.3	Fahrzeugzustand nach Reinigungsphase	8
3.2.4	Fahrzeugzustand nach Abschluss aller Messfahrten	9
4	Auswertung der Untersuchung	10
4.1	Analyse der Messfahrten.....	10
4.2	Analyse Reinigungswirkung auf Verkokung	12
4.3	Analyse der Motorkennwerte.....	14
4.4	Analyse von Beschleunigungsfahrten Teilstrecke der Fahrversuche	15
5	Zusammenfassung und Ausblick	16
6	Anhang	17



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Darstellung der Messstrecke in Google Maps.....	6
Abb. 2 AGR-Ventil mit Rußablagerungen (Ausgangszustand).....	7
Abb. 3 Einlasskanäle des Zylinderkopfes mit Rußablagerungen (Ausgangszustand).....	7
Abb. 4 AGR-Ventil mit Rußablagerungen (nach Zustand 3).....	8
Abb. 5 Einlasskanäle des Zylinderkopfes mit Rußablagerungen (nach Zustand 3)	8
Abb. 6 ausgebautes AGR-Ventil mit Rußablagerungen (nach Zustand 6)	9
Abb. 7 Einlasskanäle des Zylinderkopfes mit Rußablagerungen (nach Zustand 6)	9
Abb. 8 Vergleich ausgestoßener Schadstoffe bei deaktivierter AGR vor und nach der GERnano®-Behandlung..	11
Abb. 9 Vergleich ausgestoßener Schadstoffe bei aktivierter AGR vor und nach der GERnano®-Behandlung.....	11
Abb. 10 Kolbenlaufflächen im Ausgangs- (oben) und Endzustand (unten)	12
Abb. 11 Ein- und Auslasskanäle im Ausgangs- (links) und Endzustand (rechts)	12
Abb. 12 Drosselklappe im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Vorderansicht	13
Abb. 13 Drosselklappe im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Rückansicht.....	13
Abb. 14 AGR-Ventil im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Vorderansicht	13
Abb. 15 AGR-Ventil im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Rückansicht.....	13
Abb. 16 Leistungsmessung im Ausgangszustand (rot) und nach Endzustand (rot)	14
Abb. 17 NO _x -Ausstoß vor und nach GERnano®-Behandlung während Beschleunigungsfahrt	15

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Übersicht der untersuchten Fahrzeugzustände ('keine erneute Einfüllung).....	6
Tab. 2 Anteile der verschiedenen Streckentypen an der Messstrecke.....	6
Tab. 3 ausgewertete Messwerte mit AVL Concerto V4.8	10
Tab. 4 Übersicht der veränderten Schadstoffwerte nach der GERnano®-Behandlung.....	11
Tab. 5 Leistungsmessung vor und nach GERnano®-Behandlung	14
Tab. 6 gemessene Kompressionsdrücke vor und nach GERnano®-Behandlung	14



1 Motivation

Die Firma GERnano® wurde durch den Fernsehbericht „Exklusiv im Ersten: Keine Luft zum Atmen (ARD)“ auf die FSD GmbH aufmerksam.

Im Anschluss an die Ausstrahlung des Fernsehbeitrages nahm die Firma GERnano® Kontakt mit der FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH auf und bot an „GERnano®“ vorzustellen. Die Präsentation seitens GERnano® wurde am 09.08.2017 in Radeberg gehalten. GERnano® soll zusammenfassend folgende positive Auswirkungen im Einsatz erreichen können:

- signifikante Reduzierung des Ölverbrauchs und Verlängerung der Laufzeit des Schmierstoffes
- Reinigung von Verkokungen (Auslöser AGR)
- Vorbeugung von Verkokungen
- Leistungssteigerung des Motors
- Kraftstoffersparnis
- Reduzierung der Schadstoffe NO_x, HC und CO (laut Aussage von Herrn Matthias Pahlke bis zu 30% Reduzierung der NO_x-Ausstöße)
- Reinigung der Reibungsflächen im Motor
- Verminderung des Verschleißes und der elektrochemischen Korrosion der Reibungsflächen

2 Untersuchungsziele

- Untersuchung der Wirksamkeit von GERnano® bzgl. der o. g. Verbesserungen

3 Untersuchung

3.1 Vorbetrachtung

3.1.1 Untersuchungsfahrzeug

Für die Untersuchung wurde folgendes Fahrzeug herangezogen:

- Eigenschaften: Hohe Laufleistung mit Verkokung
- Hersteller: VW
- Typ: Passat B6
- Verkaufstyp: 3C5196
- FIN: WVVZZZ3CZ9E028732
- Erstzulassung: 28.07.2008
- Motorkennung: CBAB
- Leistung: 103 kW
- Hubraum: 1968 cm³
- Kraftstoffart: Diesel
- Abgasnorm: EURO 4
- Typgenehmigung: e1*2001/116*0307*16
- Laufleistung: ca 305000 km



3.1.2 Verwendete Messmittel und Diagnosetools

Als portables Abgasmesssystem wurden die AVL Systeme „GAS PEMS iS“ und „PN PEMS iS“ genutzt.

3.1.3 Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung erfolgte in sechs Etappen:

Zustand	AGR	Ölwechsel	GERnano®	Messfahrten	Bemerkung
1	off	ja	nein	3	Auswirkungen auf NO _x ohne AGR
2	on	nein	nein	5	Originalzustand
3	on	ja	ja (2,0 ml/l Motoröl)	4	Bezeichnung als „Reinigungsphase“
4	on	ja	ja (1,5 ml/l Motoröl)	2	Nach Ölwechsel
5	on	nein	nein ¹	5	nach 1500km Betrieb
6	off	nein	nein ¹	3	Auswirkungen auf NO _x ohne AGR

Tab. 1 Übersicht der untersuchten Fahrzeugzustände (¹keine erneute Einfüllung)

Die Messstrecke wurde so ausgewählt, dass möglichst gleichmäßige Anteile von Autobahn, Land und Stadt vertreten waren (Tab. 2) und eine Reproduzierbarkeit der Messergebnisse erreicht werden konnte. Die Messstrecke ist in Abb. 1 dargestellt.

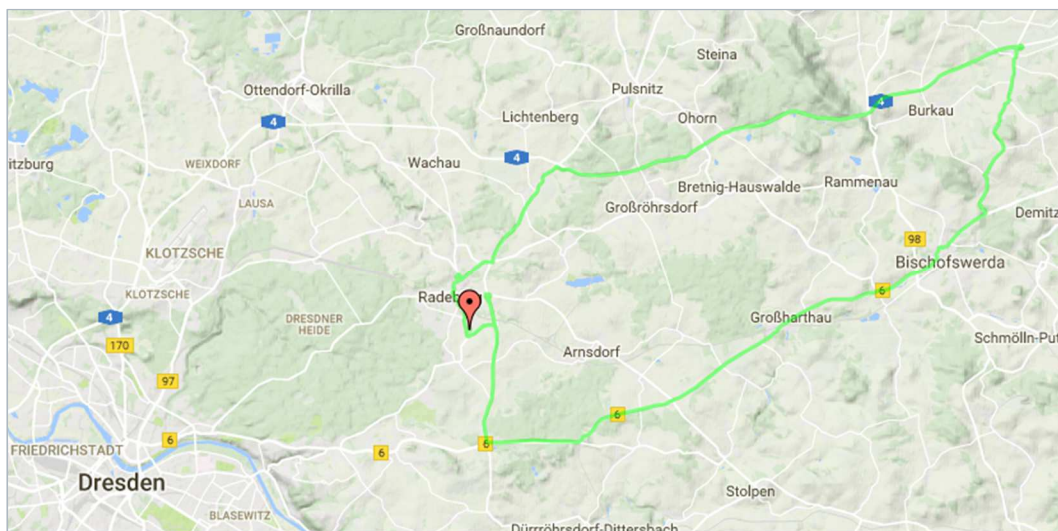


Abb. 1 Darstellung der Messstrecke in Google Maps

Streckentyp	Streckenlänge	Anteil
Autobahn	~20 km	30,3 %
Landstraße	~35 km	53,0 %
Innerorts	~11 km	16,7 %
Gesamt	~66 km	100%

Tab. 2 Anteile der verschiedenen Streckentypen an der Messstrecke



Die Abgasrückführung wurde zur besseren Vergleichbarkeit der Messergebnisse in den Zuständen 1 und 6 softwareseitig deaktiviert. So sollen die Effekte von GERnano® unabhängig von der Abgasrückführung bewertet werden. Zudem ist die AGR-Steuerung und -Regelung nicht zwangsläufig vorhersehbar und eine Abschaltung dieser kann eine bessere Reproduzierbarkeit der Messergebnisse ermöglichen.

Im Rahmen der Untersuchung wurden außerdem die Kompressionsdrücke vor und nach der GERnano®-Behandlung gemessen, sowie Leistungsmessungen durchgeführt.

3.2 Durchführung der Untersuchung

3.2.1 Ausgangszustand

Am Beginn der Untersuchung wurden den Motorkomponenten des Versuchsfahrzeugs teilweise demontiert. Zusätzlich wurden das Kurbelgehäuse, der Turbolader und der Abgaskrümmer im montierten Zustand untersucht. Alle Bauteile wurden detailliert fotografiert (siehe Anl. 1-3). Die Bauteile wiesen starke Ablagerungen durch Ruß auf (Abb. 2, Abb. 3). Anschließend wurden alle Bauteile ohne Reinigung wieder montiert.

Vor der Ausgangsmessung wurde ein Service mit Ölwechsel (4 l Motoröl) am Versuchsfahrzeug durchgeführt. Nach den Messungen Zustand 1 und 2 wurde GERnano® (2,0 ml/l Motoröl) in den erwärmten Motor eingefüllt. Der Motor wurde daraufhin 5-10 Minuten im Leerlauf betrieben.



Abb. 2 AGR-Ventil mit Rußablagerungen (Ausgangszustand)

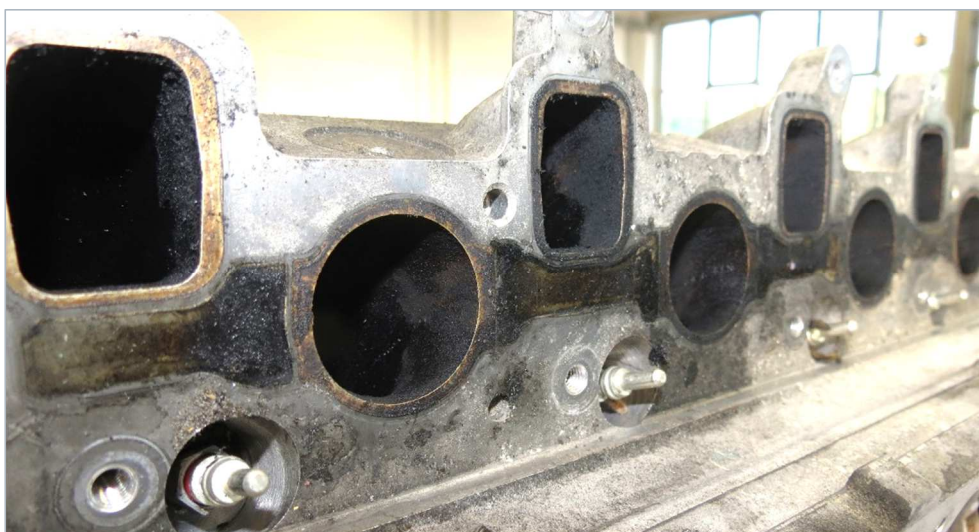


Abb. 3 Einlasskanäle des Zylinderkopfes mit Rußablagerungen (Ausgangszustand)

3.2.2 Durchführung der Messfahrten

Die Messfahrten der Zustände 1, 2, 4-6 konnten wie geplant durchgeführt werden. Bei zwei Messfahrten des Zustands 3 fiel das EFM (Exhaust Flow Meter) aus, wodurch die Umrechnung auf Ausstoß/km entfiel.

3.2.3 Fahrzeugzustand nach Reinigungsphase

Der Ansaugbereich mit AGR des Untersuchungsfahrzeugs wurde nach ca. 300 km Reinigungsphase erneut demontiert und der Zustand dokumentiert. Die Oberflächen der Komponenten weisen keine gravierenden Unterschiede zum Ausgangszustand auf. Zusätzlich wurde erneut ein Öl- mit Filterwechsel durchgeführt und GERnano® (1,5 ml/l Motoröl) in den erwärmten Motor eingefüllt.

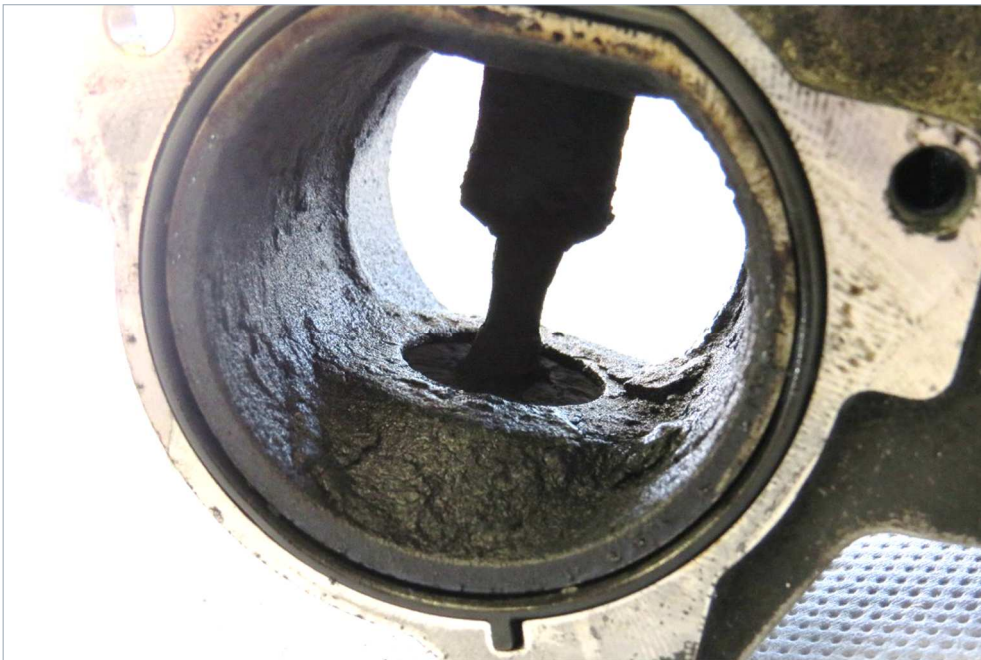


Abb. 4 AGR-Ventil mit Rußablagerungen (nach Zustand 3)

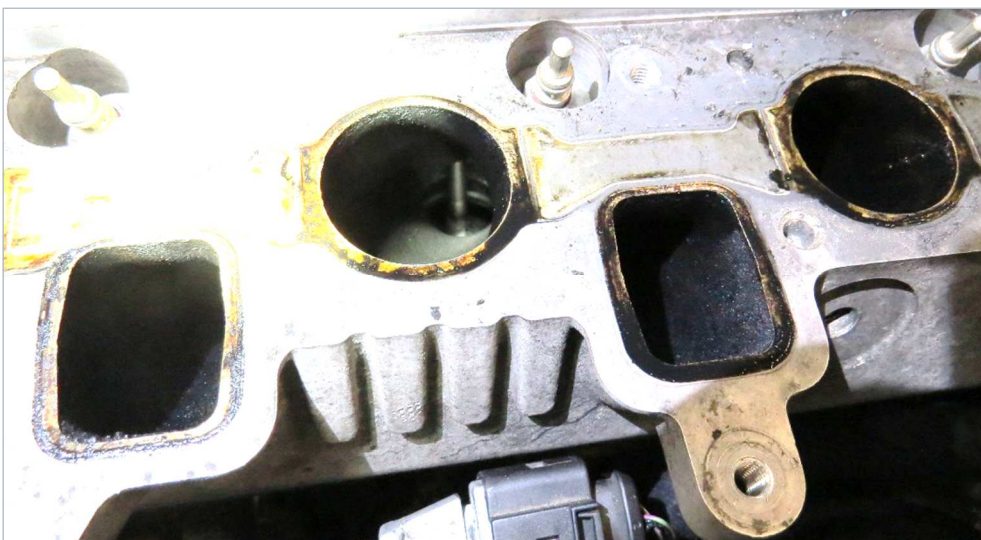


Abb. 5 Einlasskanäle des Zylinderkopfes mit Rußablagerungen (nach Zustand 3)

3.2.4 Fahrzeugzustand nach Abschluss aller Messfahrten

Der Ansaugbereich und Zylinderkopf des Untersuchungsfahrzeugs wurde nach ca. 3500 km mit GERnano® erneut demontiert und der Zustand der Komponenten dokumentiert. Auch hier sind keine deutlichen Unterschiede zum Ausgangszustand ersichtlich. Alle Detailfotos werden als Digitaler Anhang zur Verfügung gestellt.



Abb. 6 ausgebautes AGR-Ventil mit Rußablagerungen (nach Zustand 6)



Abb. 7 Einlasskanäle des Zylinderkopfes mit Rußablagerungen (nach Zustand 6)

4 Auswertung der Untersuchung

4.1 Analyse der Messfahrten

Während den Messfahrten 7, 8, 16 und 19 wurde durch die Motorsteuerung die Dieselpartikelfilter-Regeneration aktiviert. Aufgrund der Zusatzeinspritzung und des verbrennenden Rußes im Filter steigen die Schadstoffwerte an. Aus diesem Grund wurden diese Messungen nicht in die Auswertung einbezogen, könnten aber in Folge auf Teilbereiche ausgewertet werden.

Messung	Zustand 1	Zustand 2	Zustand 3	Zustand 4	Zustand 5	Zustand 6
Anzahl Messungen	3	3	2	2	3	3
Strecke in km	66,3	66,5	66,4	66,3	66,3	67,7
Kraftstoffverbrauch in l/100km	5,4	5,9	5,7	5,3	5,3	4,7
Drehzahl in min ⁻¹ (ø)	1522	1524	1500	1522	1520	1467
Drehmoment in Nm (ø)	37,6	40,3	39,8	39,0	40,1	35,3
Leistung in Nm (ø)	6,4	6,8	6,6	6,6	6,8	5,7
Arbeit in kWh (ø)	7,0	7,6	7,6	7,3	7,6	7,1
Abgasluftmasse in kg (ø)	132,2	97,1	97,6	92,1	91,9	133,8
Außentemperatur in °C (ø)	17,4	14,8	15,7	18,1	12,1	17,6
Feuchtigkeit in % (ø)	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6
CO ₂ in g/km	144	156	149	140	141	124
CO in g/km	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,04
NO in g/km	1,15	0,49	0,42	0,33	0,33	1,07
NO ₂ in g/km	0,24	0,12	0,11	0,06	0,10	0,17
NO _x in g/km	1,39	0,61	0,53	0,42	0,43	1,20
Geschwindigkeit in km/h (ø)	60,3	59,8	57,9	59,8	59,3	55,2
Anteil Stadt	31,8%	30,5%	32,5%	29,9%	34,7%	36,5%
Anteil Land	33,3%	33,6%	37,5%	39,4%	34,2%	31,1%
Anteil Autobahn	34,9%	35,9%	30,0%	30,6%	31,1%	32,3%

Tab. 3 ausgewertete Messwerte mit AVL Concerto V4.8

Die Messwerte (Tab. 3) zeigen eine signifikante Reduzierung aller gemessenen Schadstoffe nach der GERnano®-Behandlung im Vergleich zum Ausgangszustand. Die CO-Messwerte (Anl. 4) schwanken jedoch deutlich stärker als alle anderen Schadstoffwerte, dies lässt sich aber anhand des sehr geringen CO-Ausstoßes begründen. Sollten CO-Veränderungen relevant sein, müssten diese mit weiteren Messungen abgesichert werden (Prüfstand).



Veränderung der Schadstoffwerte	CO ₂	NO	NO ₂	NO _x
aktivierte AGR	- 9,5%	- 32,7%	- 17,5%	- 29,8%
deaktivierte AGR	- 14,3%	- 6,8%	- 30,0%	- 13,9%

Tab. 4 Übersicht der veränderten Schadstoffwerte nach der GERnano®-Behandlung

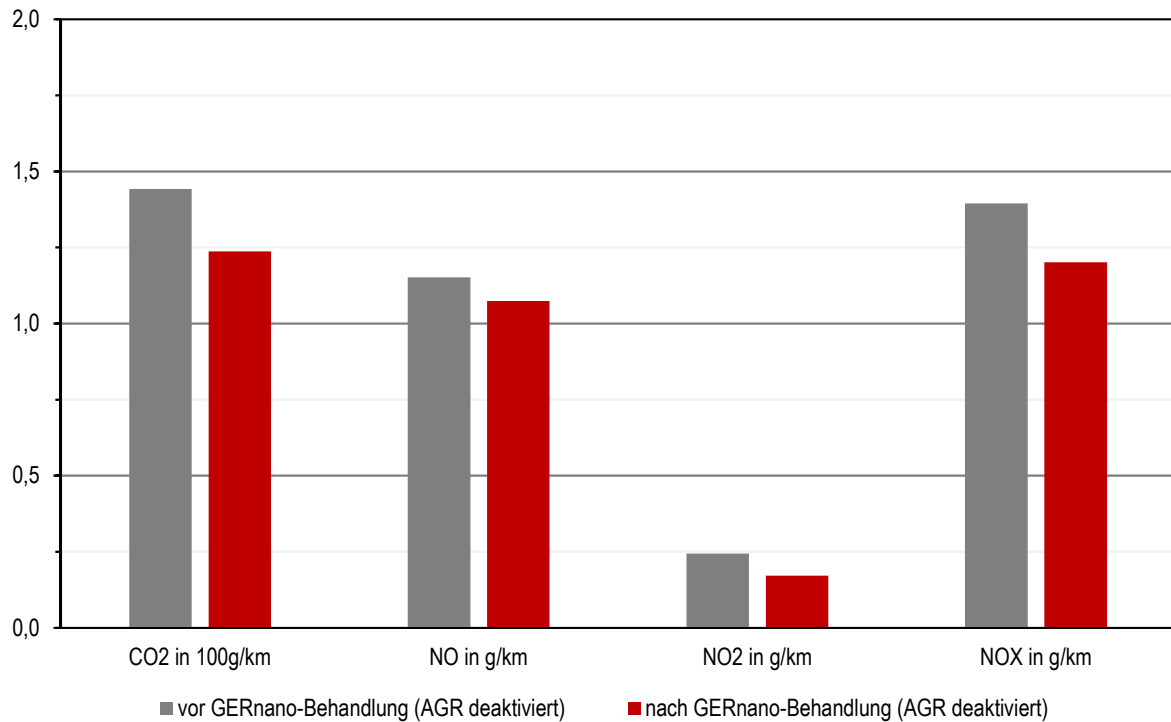


Abb. 8 Vergleich ausgestoßener Schadstoffe bei deaktivierter AGR vor und nach der GERnano®-Behandlung

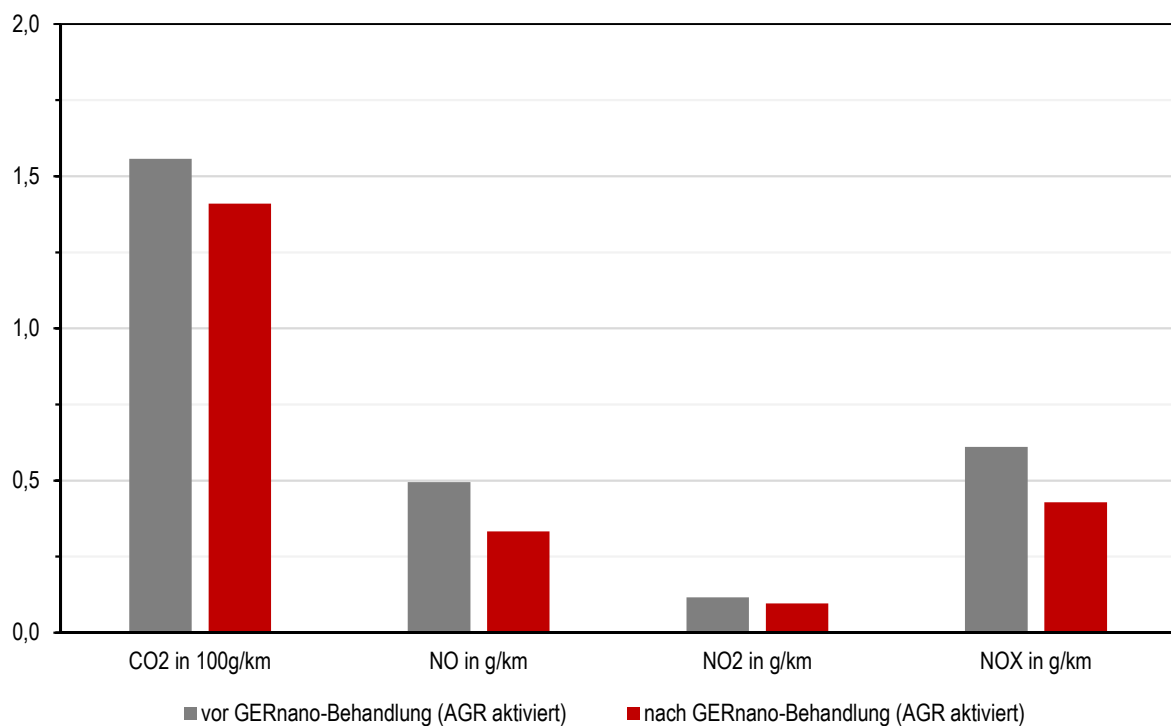


Abb. 9 Vergleich ausgestoßener Schadstoffe bei aktivierter AGR vor und nach der GERnano®-Behandlung



4.2 Analyse Reinigungswirkung auf Verkokung

In den Abb. 10 bis 16 ist der Zustand der Motorkomponenten zu erkennen. Im Motor weisen die Kolbenlaufflächen die stärksten Veränderungen an den beiden äußeren Kolben auf (Abb. 10). Vorhandene Ablagerungen haben sich gelöst (rote Markierungen), aufgrund der nachfolgenden Kompressionsdruckmessung kann hier ein Zusammenhang mit GERnano vermutet werden.

Anhand der restlichen Komponenten im Ansaugtrakt und der AGR (Abb. 11-15) ist kein eindeutiger Reinigungseffekt im Ansaugbereich zu erkennen. Kleine Bereiche scheinen sich verändert zu haben, jedoch ist hier (nach 3500km) keine klare Reinigung zu erkennen.

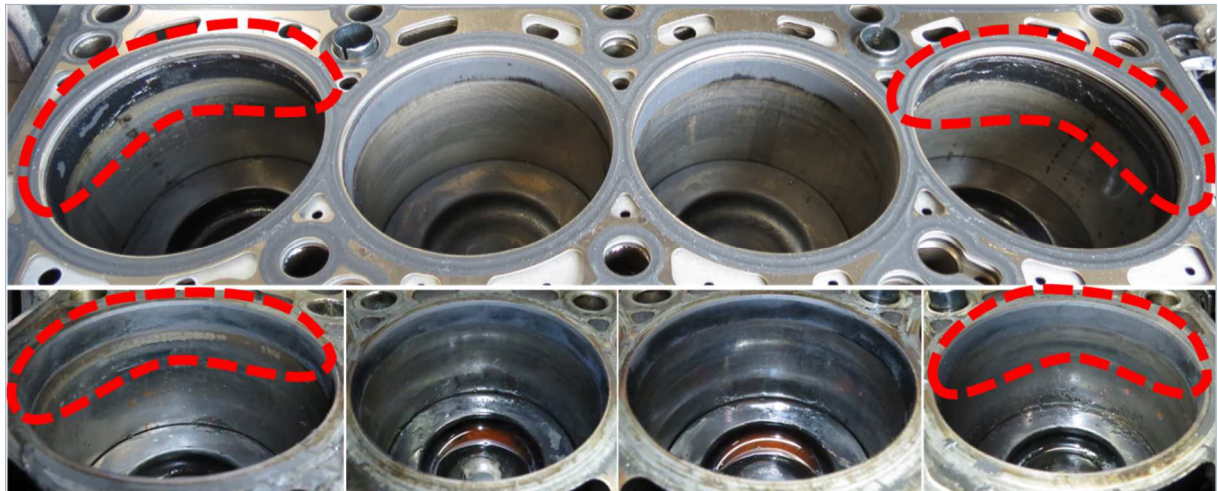


Abb. 10 Kolbenlaufflächen im Ausgangs- (oben) und Endzustand (unten)



Abb. 11 Ein- und Auslasskanäle im Ausgangs- (links) und Endzustand (rechts)

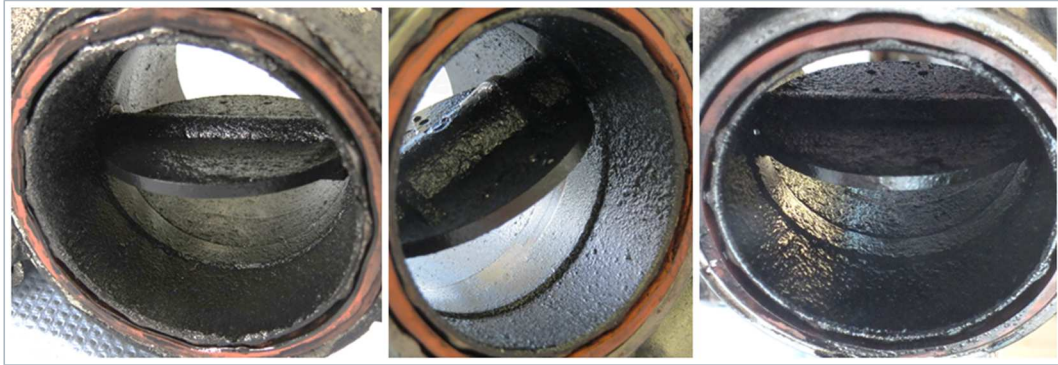


Abb. 12 Drosselklappe im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Vorderansicht

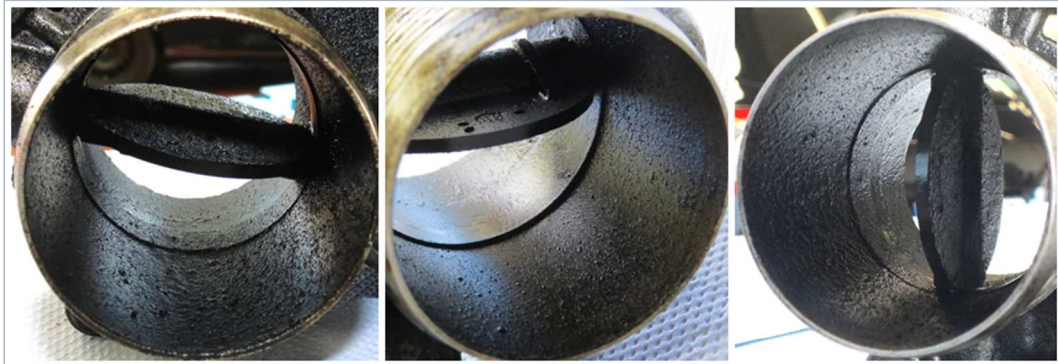


Abb. 13 Drosselklappe im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Rückansicht



Abb. 14 AGR-Ventil im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Vorderansicht



Abb. 15 AGR-Ventil im Ausgangszustand, nach Zustand 3, Endzustand (v. l. n. r.), Rückansicht

4.3 Analyse der Motorkennwerte

Zur weiteren Einordnung der Wirkung einer GERnano®-Behandlung wurde vor und nach den Messfahrten einer Leistungsmessung am Untersuchungsfahrzeug durchgeführt (Abb. 16). Diese ergaben eine Steigerung sowohl des Drehmoments als auch der Leistung nahezu über den gesamten Drehzahlbereich (Tab. 5).

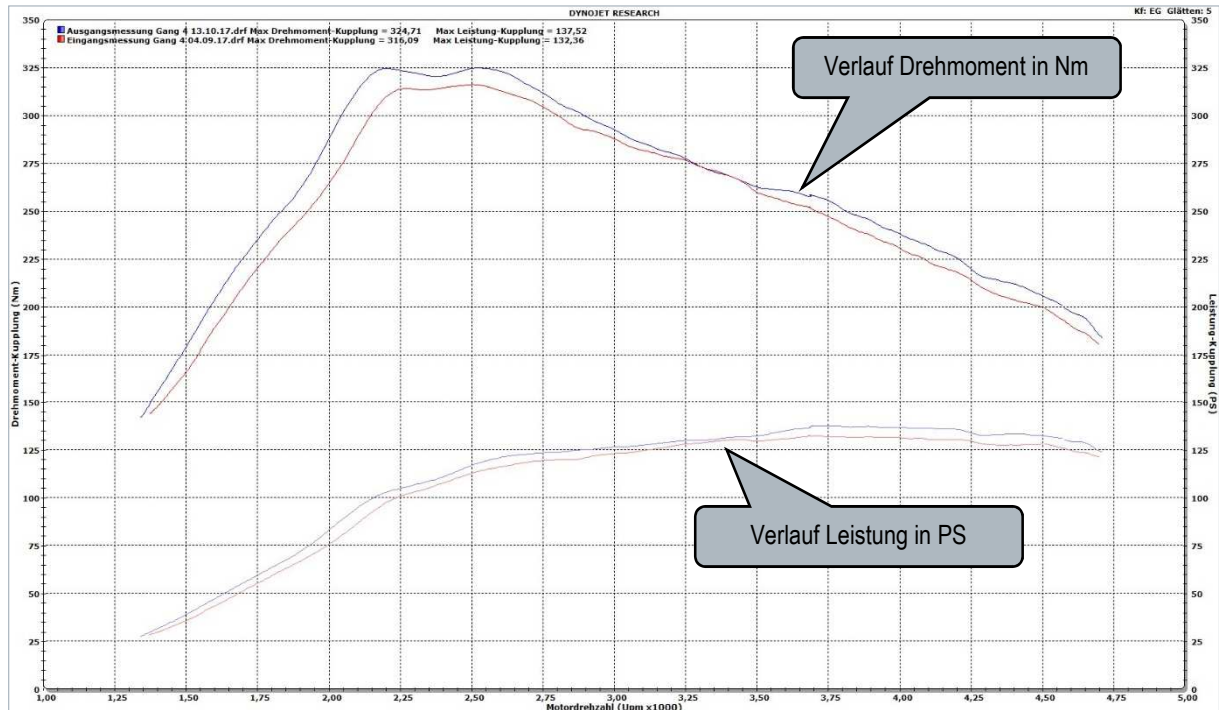


Abb. 16 Leistungsmessung im Ausgangszustand (rot) und nach Endzustand (rot)
 Ausgangszustand: 04.09.17, Gang 4, 20.67°C Umgebungstemperatur., 989.92 mbar Luftdruck, 36% Luftfeuchtigkeit
 Endzustand: 13.10.17, Gang 4, 21.66°C Umgebungstemperatur., 998.99 mbar Luftdruck, 33% Luftfeuchtigkeit

Zustände	Ausgangszustand	Endzustand	Veränderung (abs.)	Veränderung (rel.)
Max. Drehmoment	316,09 Nm	324,71 Nm	+ 8,62 Nm	+ 2,73 %
Max. Leistung	132,36 PS	137,52 PS	+ 5,16 Ps	+ 3,90 %

Tab. 5 Leistungsmessung vor und nach GERnano®-Behandlung

Weiterhin wurden die Kompressionsdrücke je Zylinder vor und nach der Untersuchung gemessen. Die Werte aller Zylinder im Ausgangszustand entsprechen denen eines gebrauchten Motors oberhalb der Verschleißgrenze. Die Kompressionsdrücke im Endzustand liegen hingegen im Bereich eines neuen Motors (Tab. 6, Anl. 5). Es ist zu vermuten, dass durch die ausgewiesene Wirkung auf Reibflächen (Reinigung und Reibminderung) des Schmierstoffzusatzes die Reibleistung im Motor verringert wurde. Dies könnte somit zu einer besseren Anpressung der Kolbenringe an die Zylinderlaufflächen geführt haben, wodurch die Steigerung der Kompressionsdrücke, sowie des erhöhten max. Drehmoment und der Leistung erklärt.

Zustände	Zylinder 1	Zylinder 2	Zylinder 3	Zylinder 4
Ausgangszustand	23,0 bar	23,5 bar	23,5 bar	23,0 bar
Endzustand	25,0 bar	26,0 bar	25,5 bar	25,5 bar

Tab. 6 gemessene Kompressionsdrücke vor und nach GERnano®-Behandlung



4.4 Analyse von Beschleunigungsfahrten Teilstrecke der Fahrversuche

Betrachtung eines Teilstückes der Versuchsstrecke, bei der vergleichbare Bedingungen vorlagen ergaben folgendes. Dabei wurde das Fahrzeug mittels des Fahrzeug-Tempomaten von 70 auf 100 km/h beschleunigt. Die Abgasrückführung bei den dargestellten Versuchen waren deaktiviert (Zustand 1 und 6). Hierbei konnte jedoch keine signifikante Reduzierung des NO_x -Ausstoßes wie in Kapitel 4.1 gemessen werden.

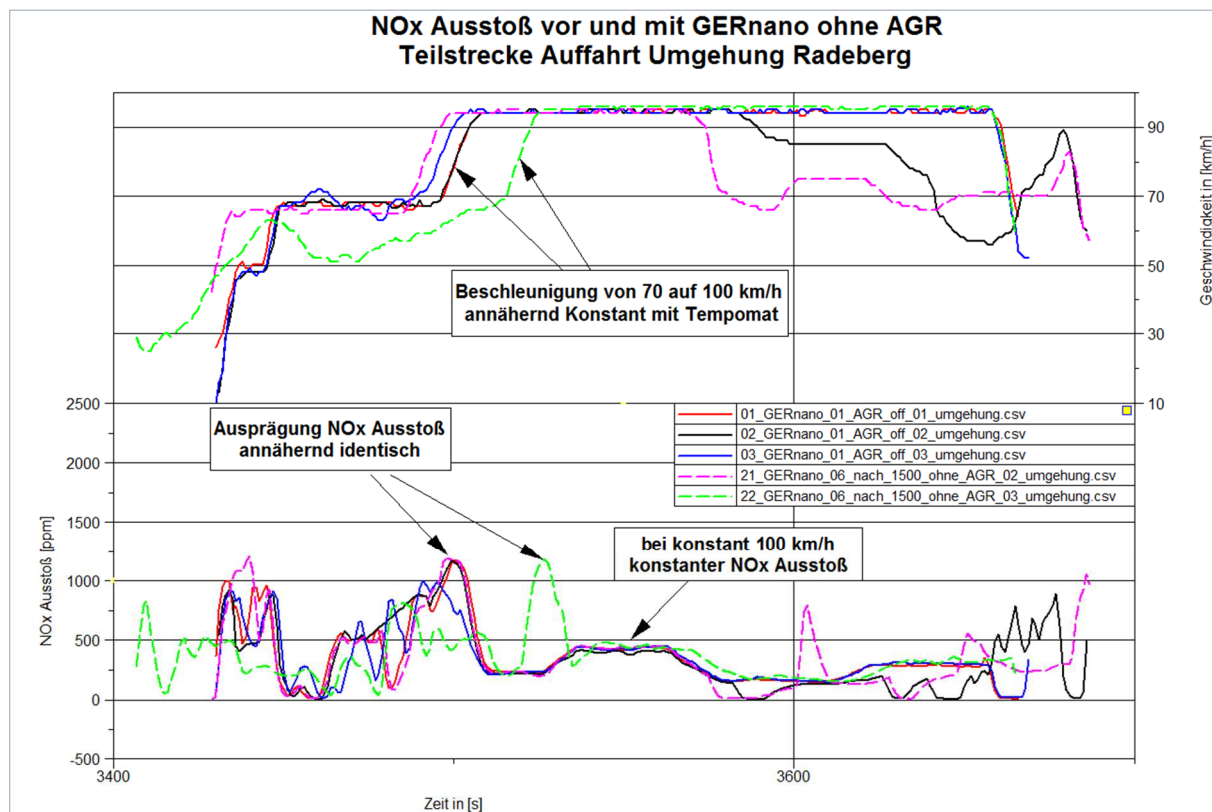


Abb. 17 NO_x -Ausstoß vor und nach GERnano®-Behandlung während Beschleunigungsfahrt

5 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Untersuchung konnten die von GERnano® ausgewiesenen Grundeigenschaften zunächst bestätigt werden. Im Rahmen der Messfahrten haben sich alle gemessenen Schadstoffwerte verbessert. Insbesondere die Reduzierung des NO_x-Ausstoßes während der Messreihe mit AGR um ca. 30% und die Verbrauchsreduzierung sind zu betonen. Allerdings konnte dieser Effekt nur bei der Gesamtbewertung der Fahrten gemessen werden. Bei Betrachtung einer Teilstrecke konnte kein Unterschied vor und nach der GERnano®-Behandlung nachgewiesen werden. Dies lässt die Vermutung nahe, dass die Schadstoffreduzierung bei längeren Fahrten durch die höhere Motorleistung nach der Behandlung zu begründen ist. Diese würde durch die Reinigungsphase von GERnano® zu weniger Reibung am Kolben, einem höheren Kompressionsdruck und somit zu einem besseren Wirkungsgrad des behandelten Motors führen.

Eine Wirkung des Schmierstoffzusatzes im Betrieb der Verbrennung (Mikrozündkerzen) kann mit den durchgeführten Versuchen nicht nachgewiesen werden. Der ausgewiesene Reinigungseffekt konnte nur an den Kolbenaufläufen beobachtet werden. Weitere Motorkomponenten konnten diesen nicht eindeutig belegen. Zur Reduzierung des Ölverbrauchs und Vorbeugung von Verkokungen kann mit den Ergebnissen von PEMS-Messfahrten keine Aussage getroffen werden. Die durchgeführten RDE-Fahrten sind nicht geeignet, um einzelne Wirkungseffekte von GERnano® zu untersuchen. Hierzu wäre eine isolierte Betrachtung z.B. auf einem Motorenprüfstand erforderlich.

In der Diskussion mit Vertretern von GERnano®, hinsichtlich der Reinigungseffekte, zeigten sich diese überzeugt, dass die Oberflächen durch weiteren Betrieb vollständig gereinigt werden könnten. Der in dieser Untersuchung nur gering aufgetretene Reinigungseffekt könne auf den Motor zurückgeführt werden. Dieser verbrauche sehr wenig Öl und der Zusatzstoff GERnano® könne so nur in minimalen Anteilen in den Verbrennungsraum sowie die AGR eintreten. Die Reinigung sei durch eine Anwendung im Treibstoff mit 1 ml GERnano® Konzentrat auf 50 l Diesel deutlich zu beschleunigen.

Die FSD wird in der weiteren Nutzung des Fahrzeugs die Entwicklung der Oberflächenbeschaffenheit weiter beobachten. Um die Ergebnisse dieser Untersuchung zu bestätigen, sollten Messungen an weiteren Fahrzeugen stattfinden. Einzelne Eigenschaften können auf den jeweiligen Prüfständen nachgewiesen werden. Sollte sich die signifikante Verbrauchs- und NO_x-Reduzierung bestätigen und ein positives Abgasgutachten (neue Zusammensetzung der Abgasbestandteile) erteilt werden, kann GERnano® zu einer niedrigeren Belastung für Mensch und Umwelt beitragen.



6 Anhang

- Anl. 1: Fotos der Motorkomponenten im Zustand 0 (Ausgangszustand, JPG)
- Anl. 2: Fotos der Motorkomponenten im Zustand 3 (nach Reinigungsphase, JPG)
- Anl. 3: Fotos der Motorkomponenten im Zustand 6 (Endzustand, JPG)
- Anl. 4: Messwerte bzw. Auswertung (XLSX, PDF)
- Anl. 5: Kompressionsdruckprüfung (PDF)

