



Luft nach oben – SCR-Nachrüstung von PKW-Bestandsfahrzeugen dank aktivem Thermomanagement auf Euro 6 Niveau

Besuchen Sie das 11. FAD Webseminar
am 29.09.2023 mit unserem Vortrag zum Thema!
Anmeldung unter: www.fad-diesel.de



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

gefördert durch

Inhalt

- Treibende Kraft von Nachrüstungsprojekten
- Technische Förderrichtlinie
- Beschreibung des HJS-Konzeptes für die Nachrüstung
- Vorgehensweise im Projekt

Ergebnisse der erfolgreichen SCR-Nachrüstung:

- VAG 4 Zyl. Passat
- VAG 6 Zyl. Touareg
- MB 4 Zyl. E 220 CDI
- MB 6 Zyl. E 300 CDI

Situation der Luftqualität in Deutschland

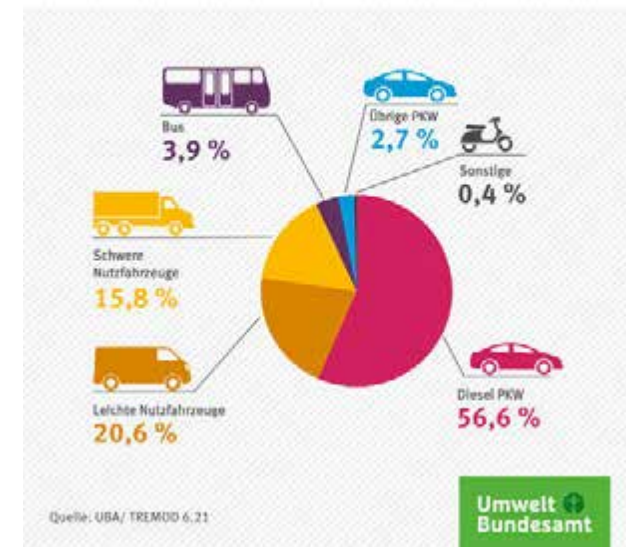
Dirk Messner (Präsident UBA): "Für eine wirklich gesunde Luft muss die Schadstoffbelastung dauerhaft und flächendeckend gesenkt werden.

Es besteht dringender Handlungsbedarf über die bereits im Luftreinhalteprogramm festgelegten Maßnahmen hinaus: Ziel muss es sein, unsere Luft so sauber wie möglich zu bekommen".

Anteil der Stationen mit Überschreitung	Interim Target 1	Interim Target 2	Interim Target 3	Interim Target 4	WHO-Richtwert
PM_{2,5}: Jahresmittelwert	0% > 35 µg/m ³	0% > 25 µg/m ³	0% > 15 µg/m ³	36% > 10 µg/m ³	1% > 5 µg/m ³
PM₁₀: Jahresmittelwert	0% > 70 µg/m ³	0% > 50 µg/m ³	0% > 30 µg/m ³	5% > 20 µg/m ³	40% > 15 µg/m ³
NO₂: Jahresmittelwert	0.5% > 40 µg/m ³	14% > 30 µg/m ³	39% > 20 µg/m ³	kein Interim Target	22% > 10 µg/m ³
Ozon: Max. tägl.8-Stundenwert, 99. Perzentil	0% > 160 µg/m ³	29% > 120 µg/m ³	kein Interim Target	kein Interim Target	0.4% > 100 µg/m ³

Quelle, UBA, 10.02.2022 - Luftqualitätsgrenzwerte in Deutschland 2021

Stadtverkehr: Diesel-Autos stoßen das meiste NO₂ aus



Auszug aus der Förderrichtlinie (Bundesanzeiger 07.01.2021)

1. Förderziel und Verwendungszweck, Rechtsgrundlage

1.1 Förderziel und Verwendungszweck

Zweck der Förderung ist es, durch einen finanziellen Anreiz die Entwicklung von Systemen zur Hardware-Nachrüstung bei Dieselmotorkraftfahrzeugen und mobilen Maschinen zu schaffen und damit einen spürbaren und anhaltenden Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität in belasteten Städten und anliegenden Landkreisen zu leisten.

2. Gegenstand der Förderung (u.a.)

Die zu entwickelnden Systeme müssen in ihrem Anwendungsbereich folgende Technische Anforderungen erfüllen:

- e) Anforderungen an Stickoxid-Minderungssysteme (NO_x-Minderungssysteme) mit hoher Minderungsleistung zur Einhaltung eines Emissionswerts von weniger als 270 mg/km NO_x für Kraftfahrzeuge mit Selbstzündungsmotor (NO_xMS-Pkw) gemäß Anlage XXII der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 26. November 2019 (BGBl. I S. 2015) geändert worden ist.

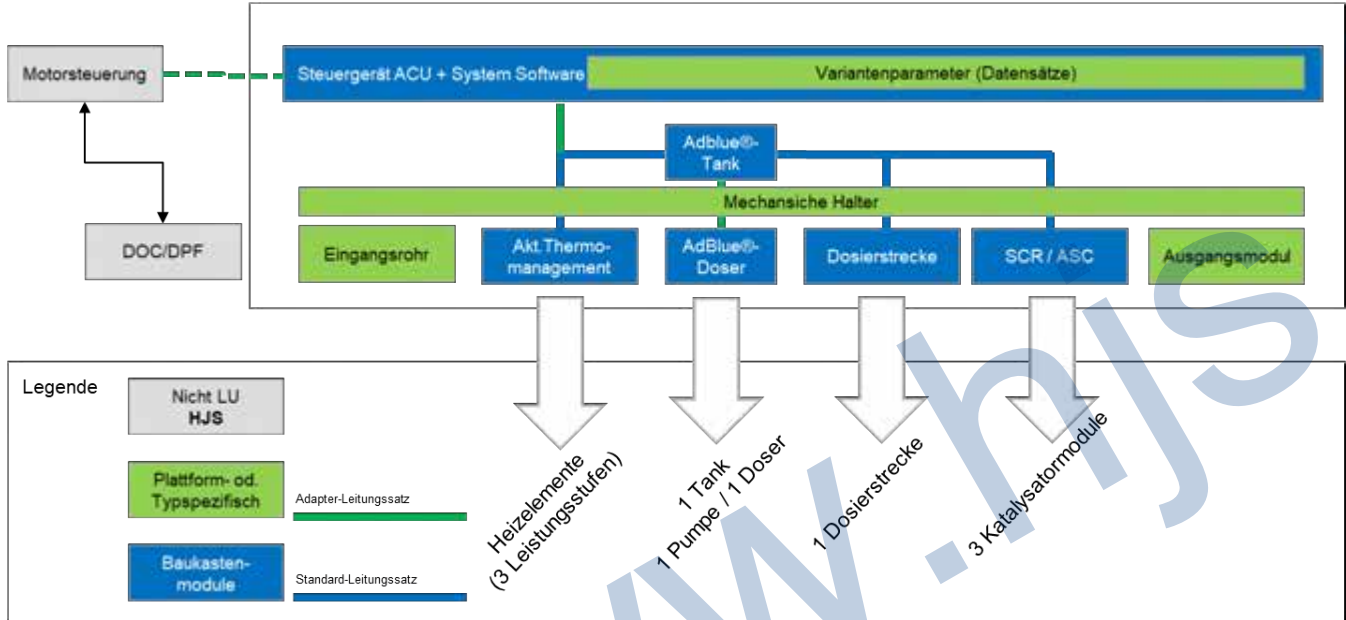
Auszug aus den technischen Anforderungen an NO_x-Reduktionssysteme für Nachrüstsysteme (NO_x-MS-PKW)

- **NO_x Emission: < 270 mg/km im RDE-Zyklus**
- Zusätzlicher Kraftstoffverbrauch < 6%
- Funktionsfähigkeit ab - 7 °C Umgebungstemperatur (betriebswarmes Fahrzeug)
- Lebensdauer 100.000 km oder 5 Jahre
- Die Funktionsfähigkeit des ursprünglich installierten DOC/DPF darf nicht beeinträchtigt werden.
- Vorhanden OBD-Funktionalität muss erhalten bleiben
- AdBlue-Tankfüllstand und Qualitätskontrolle sind obligatorisch
- Das Hardware-Nachrüstsystem muss über einen NH₃-Sperrkatalysator verfügen
- Dauerhaltbarkeit ist durch wiederkehrende Messungen an im Feld befindlichen Fahrzeugen nachzuweisen

Durchgeführte Testzyklen und Ziel

- NFTZ: als Eingangskontrolle für die verwendeten Prüffahrzeug haben wir einen NFTZ durchgeführt, um zu prüfen, ob die Emissionswerte im Bereich der Typwertprüfung liegen
- WLTC: vor und nach Installation des SCR-Systems wurden die Zyklen zur Ermittlung des Kraftstoffmehrverbrauchs gefahren. Der Mehrverbrauch musste unter 6% liegen
- PEMS: die PEMS-Messungen (angelegt an RDE-Zyklus) wurden bei den Fahrzeugen durch einen externen Dienstleister durchgeführt und dienten als Grundlage für den ABE-Antrag
- ABE: Erlangung einer Allgemeine Betriebserlaubnis (ABE) des Kraftfahrtbundesamt KBA)

HJS Konzept für die Nachrüstung von Euro 5 Fahrzeugen mit SCR



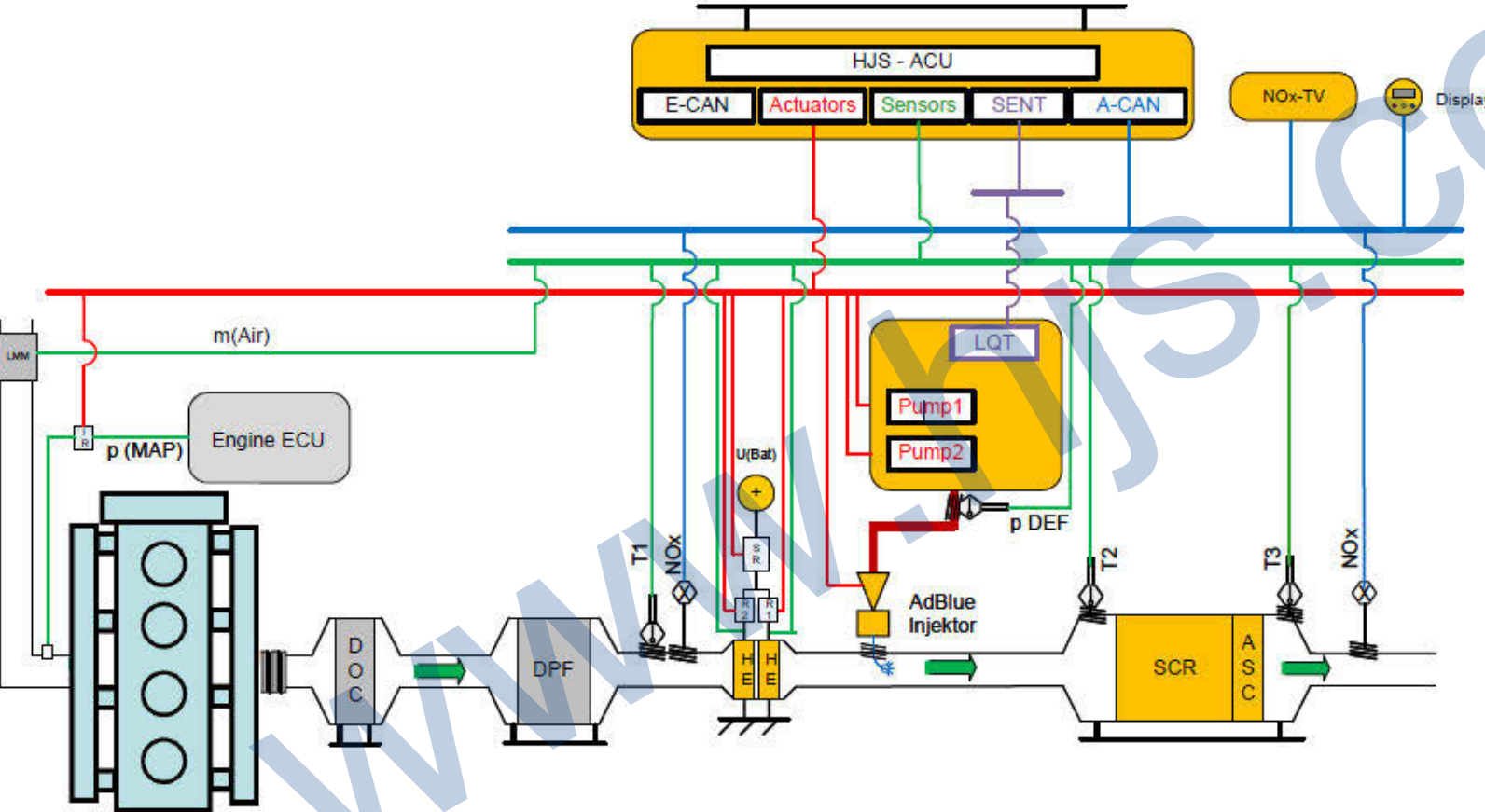
- Das Konzept basiert auf fahrzeug-spezifischen und modularen Komponenten
- Graue Komponenten sind fahrzeug-gebunden
 - Motorsteuergerät (ECU)
 - DOC/DPF
- Blaue Komponenten sind baukastenbasiert
 - ACU und System Software
 - Thermo-Management
 - AdBlue Dosierung
 - Dosierstrecke
 - SCR/ASC
- Grüne Komponenten sind fahrzeug-spezifisch
 - Varianten-Parameter-Datensätze
 - Ein- und Auslässe
 - Halterungen (SCR-System, ACU, AdBlue-Tank,...)



Das Konzept basiert auf den folgenden Funktionsumfängen

- Erkennung des Motorbetriebs
- Aktivierung des AdBlue Dosiersystems (Druckaufbau in der Leitung)
- Messung von Abgastemperatur, Luftmasse und NO_x-Konzentration
- **Aktives Thermomanagement**
- Kontinuierliche Berechnung der AdBlue-Dosiermenge zur Erreichung der maximal möglichen Konversionsrate
- Parallele, kontinuierliche Berechnung des NH₃-Speicherstandes im SCR-Katalysator
- Kontinuierliche Messung von AdBlue-Tankfüllstand und AdBlue-Qualität
- Anzeige von Serviceinformationen und Fehlfunktionen auf dem Display
- Auslösung einer Inducement (Fahrzeugnotfahrt), z.B. wenn trotz wiederholter Aufforderung kein AdBlue nachgefüllt wird
- Abschaltung/Deaktivierung des Systems nach Abstellen des Motors.

Signallauf

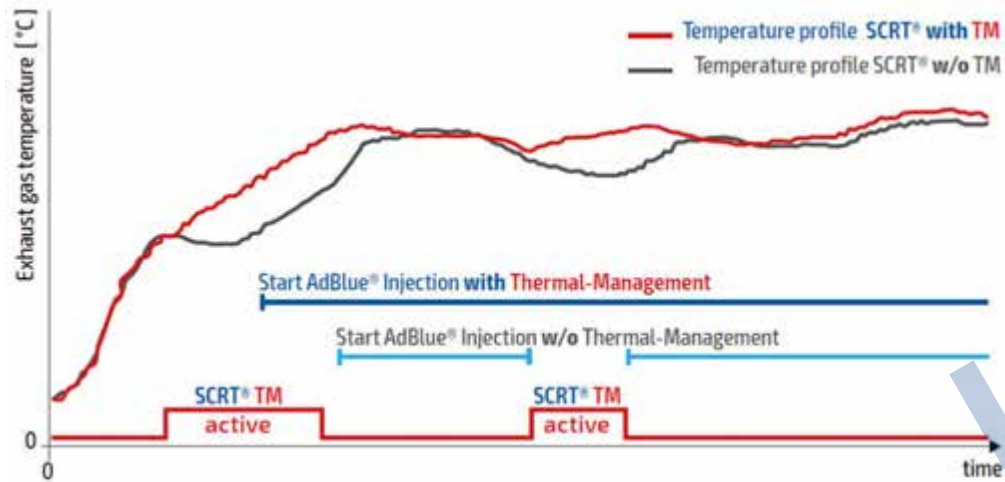


HJS-Umfang in Gelb:

- SCR- mit Slipkatalysator
- Heizer (mehrstufig)
- AdBlue Hydraulik inkl. Dosierung, Pumpe und Tank
- Sensorik (3xT und 2xNOx)
- Steuerung und Heizungs-relais
- Kabelbaum und Display

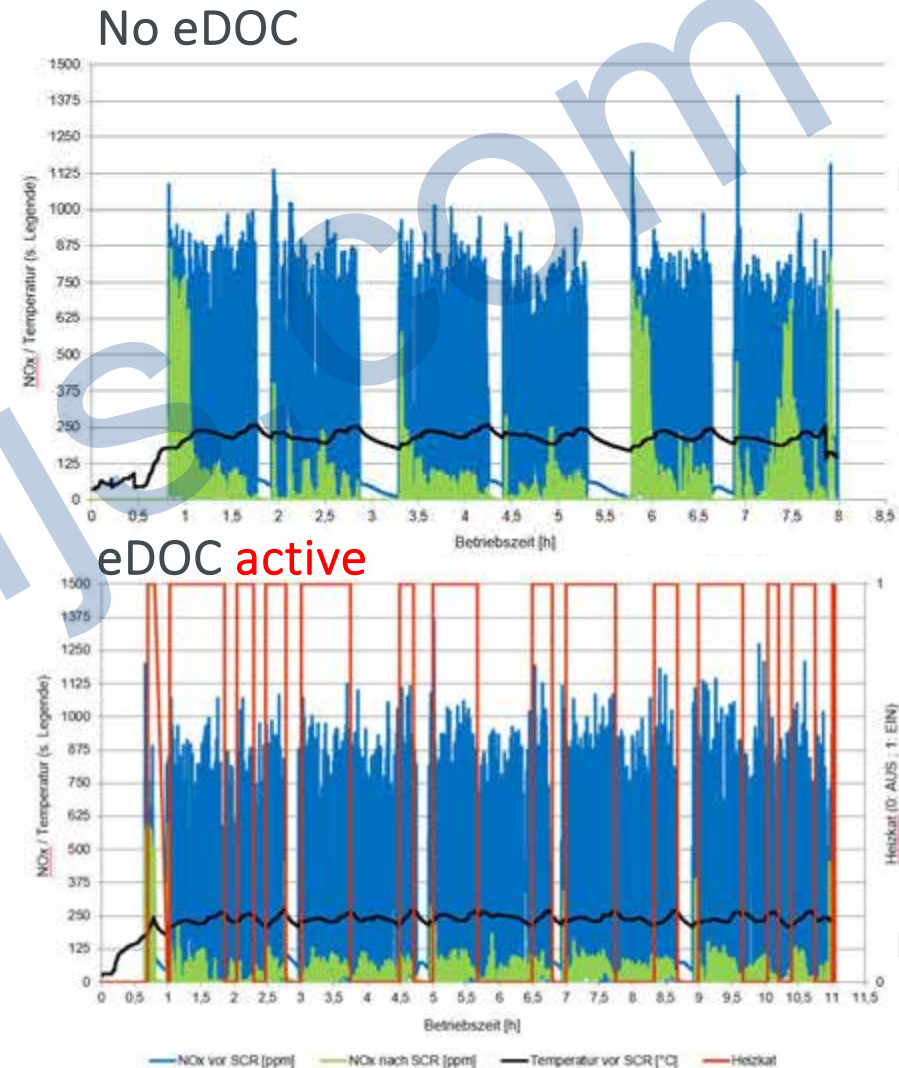


Einfluss des Thermomanagements



Frühzeitiges Starten und kontinuierliche AdBlue-Dosierung mit Heizer (rote Kurve) ermöglicht eine höhere NO_x-Umsetzung als ein herkömmliches SCRT und vermeidet Kristallisationen

Rechts: Typ. Beispiel aus einer Bus-Applikation



78%
NO_x-Reduction

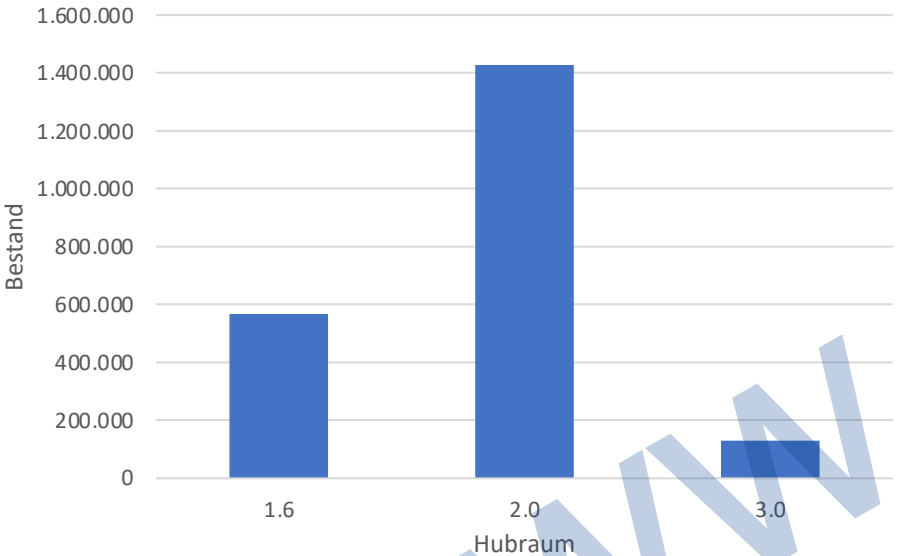


97%
NO_x-Reduction

Projekthalte (Arbeitspakete)

1. Spezifische Produktdatenrecherche und –Erfassung, Systemspezifikation und Konzeptdetaillierung, Identifikation und Auswahl von Lieferanten und Technologiegebern
2. Entwicklung und Realisierung des Systembaukastens zur Hardwarenachrüstung: Hardware, Funktionsmodule, Peripherie, Elektronik
3. Applikationsspezifische Systemintegration
4. Definition und Spezifikation des prototypischen Systems, Fertigungsprozesse und Betriebsmittel, Realisierung und Validierung prototypischer Systeme
5. Entwicklung und Realisierung Fahrzeugapplikation und Aufbau von nachgerüsteten Demonstratorfahrzeugen, Funktionsverifikation, Ableitung und Durchführung von Optimierungen
6. Systemvalidierung, Komponententests, Leistungsmessungen und Produkt-/Projektdokumentation

Bestand Euro 5 VAG-Diesel-Fahrzeuge in 01/2023



Hersteller	Hubraum	Anzahl der FZG
AUDI	1598	33.961
AUDI (H)	1598	688
SEAT (E)	1598	11.433
SKODA (CZ)	1598	86.421
VOLKSWAGEN-VW	1598	436.022
Gesamtergebnis		568.525
AUDI	1968	202.679
AUDI (H)	1968	5.022
SEAT (E)	1968	42.464
SKODA (CZ)	1968	163.144
VOLKSWAGEN-VW	1968	1.013.640
Gesamtergebnis		1.426.949
AUDI	2967	102.031
PORSCHE	2967	4.951
VOLKSWAGEN-VW	2967	32.220
Gesamtergebnis		139.202



Familienbildung (Punkt 4 , Anlage XXII StVZO)

		1.6 EA 189	2.0 EA 189	3.0 EA 897
Zylinderanzahl und - anordnung		R4	R4	V6
Ansaugsystem		VTG	VTG	VTG
Einspritzsystem		CR	CR	CR
Gesamtzylinderhub- volumen	[mm ³]	1598	1968	2967
Wirkprinzip der schadstoffreduzierenden Maßnahmen				
Abgasrückführung		Hoch	Hoch	Hoch
Abgasrückführung		gekühlt	gekühlt	gekühlt
PMS		DOC/DPF	DOC/DPF	DOC/DPF
NOx-Speicherkat.		-	-	-
SCR-Katalysator		-	-	-
Emissionsklasse		5	5	5
Stückzahl		568.526	1.426.952*	127.793

Für die Durchführung der Prüfung des NO_xMS-Pkw können Fahrzeugemissionstypen in PEMS-Prüffamilien zusammengefasst werden. Innerhalb der jeweiligen PEMS-Prüffamilien ist ein repräsentatives Fahrzeug zu bestimmen, an dem die Prüfung durchgeführt werden soll (Prüffahrzeug).

*Bestandszahl enthält einen geringen Anteil an Fahrzeugen neuer Baureihen mit veränderter Abgasrückführung, die im Projekt nicht betrachtet werden.



Auswahl Prüffahrzeug

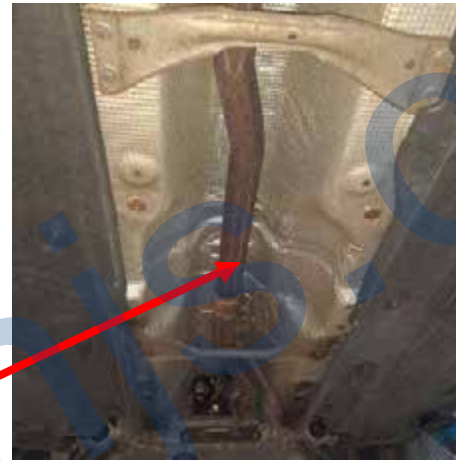
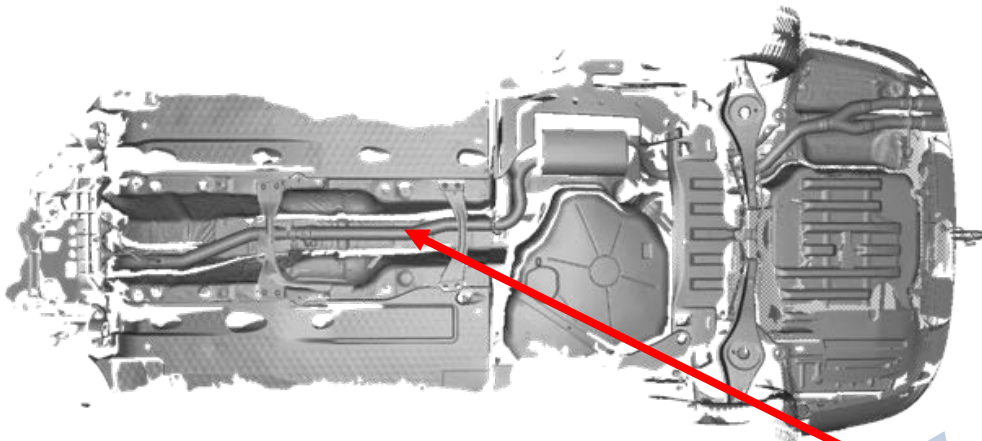
- Prüffahrzeug VW Passat 2.0 TDI (E189) mit 125 kW
- Laufleistung: 114.620 km, Erstzul. 02.08.2012
- Volumenrelevant im Bestand (201.911)

Hersteller	Baureihe	Bezeichnung	Abgasnorm	Bauzeitraum	Motorkennbuchstaben	Leistung				Drehzahl	Drehmoment	Drehzahl
						55	kW	75	PS			
VW	EA 189	1.6 TDI	Euro 5	2009–2013	CAYA	55	kW	75	PS	4000 min ⁻¹	195 Nm	1500–2000 min ⁻¹
VW	EA 189	1.6 TDI	Euro 5	2009–2013	CAYB	66	kW	90	PS	4200 min ⁻¹	230 Nm	1500–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	1.6 TDI	Euro 5	2009–2015	CAYC	77	kW	105	PS	4400 min ⁻¹	250 Nm	1500–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	2.0 TDI	Euro 5	2009–2013	CAAA	62	kW	84	PS	3500 min ⁻¹	220 Nm	1250–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	2.0 TDI	Euro 5	2009–2016	CAAB	75	kW	102	PS	3500 min ⁻¹	250 Nm	1250–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	2.0 TDI	Euro 5	2009–2013	CBDC, CFFD	81	kW	110	PS	4200 min ⁻¹	280 Nm	1500–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	2.0 TDI	Euro 5	2007–2014	CBAB, CFFB	103	kW	140	PS	4200 min ⁻¹	320 Nm	1750–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	2.0 TDI	Euro 5	2009–2015	CFHD, CAGA, CICA, CBAC	105	kW	143	PS	4200 min ⁻¹	320 Nm	1750–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	2.0 TDI	Euro 5	2009–2014	CAHA, CBBB, CFGB	125	kW	170	PS	4200 min ⁻¹	350 Nm	1750–2500 min ⁻¹
VW	EA 189	2.0 TDI	Euro 5	2012–2015	CFGC, CGLC	130	kW	177	PS	4200 min ⁻¹	380 Nm	1750–2500 min ⁻¹



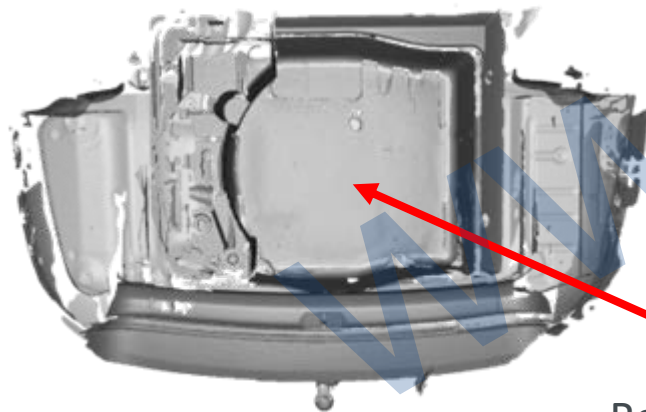
		NEFZ (neu)	NEFZ (Typprüfwerte)
NOx	[mg/km]	188,32	152,3
HC+NOx	[mg/km]	208,92	169,9
CO	[mg/km]	66,69	101,9

Bauraumuntersuchung Prüffahrzeug Passat 2.0 TDI



Scan u. Bild des Abgastunnel zeigt Bauraum für den abgasleitenden Teil der SCR-Anlage

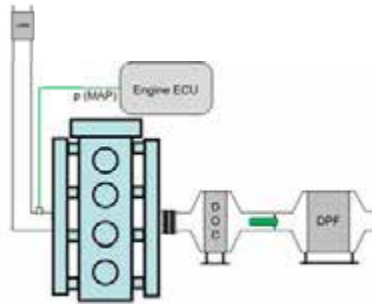
Abgastunnel



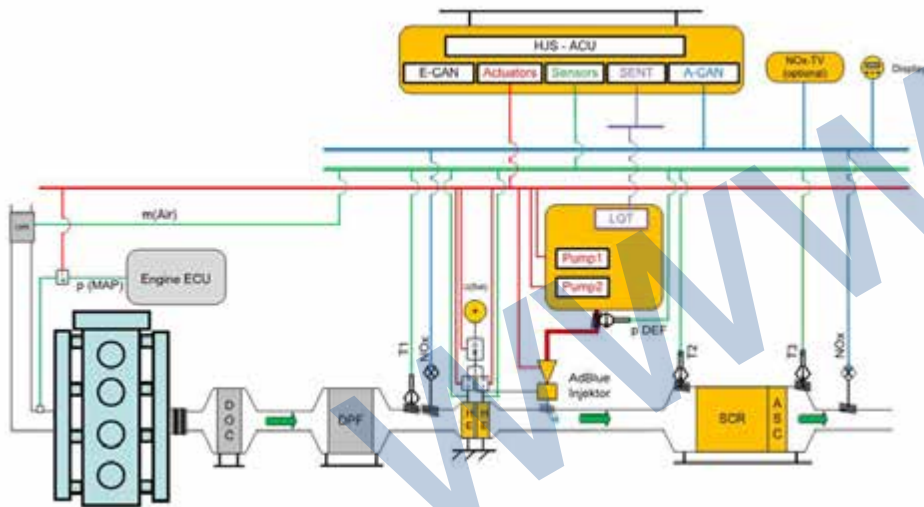
Scan u. Bild der Reserve-
radmulde zeigt Bauraum
für den AdBlue-Tank,
Steuergerät und
Leistungselektronik

Reserveradmulde

Fahrzeugintegration SCR-Nachrüstsyst \ddot{u} m Passat 2.0 TDI



Original



HJS-Systemumfang in gelb



SCR-System inkl. Schlupfkatal.

← AdBlue Dosierung
← Abgas

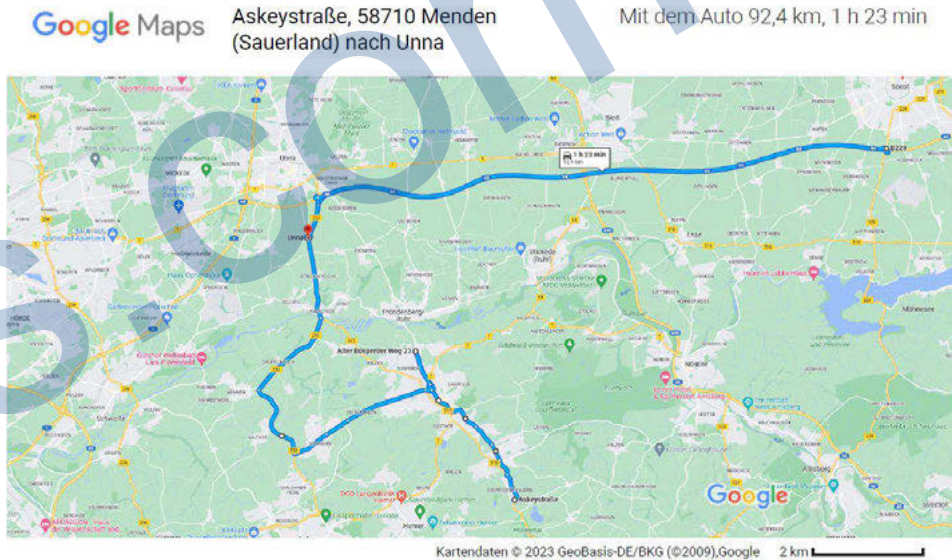
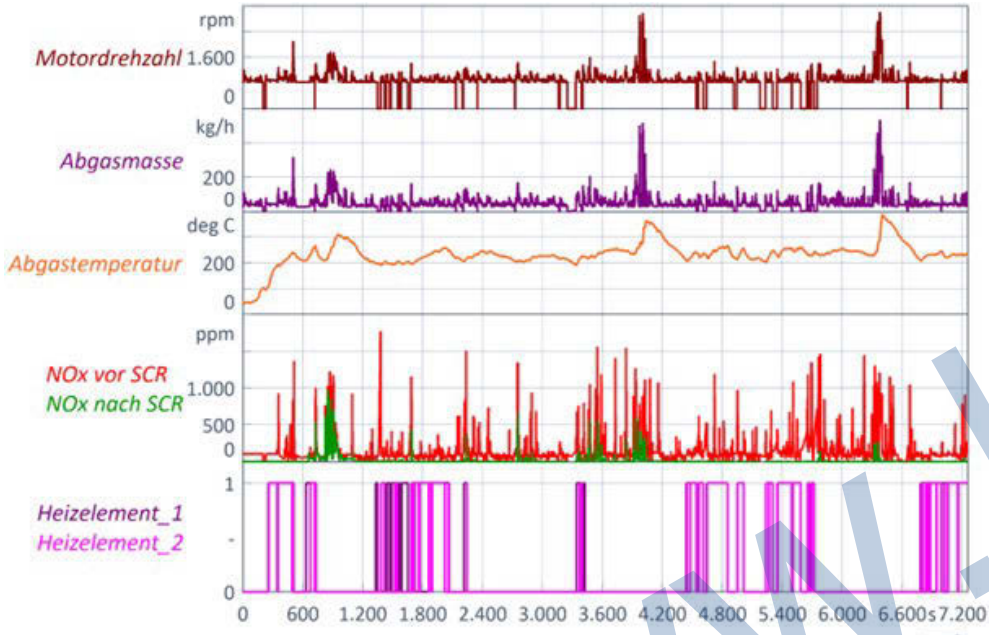


AdBlue Tank und Elektronik
für Reserveradmulde



SCR-System + Heizer

Ergebnisse Messfahrten und RDE-Messung Passat 2.0 TDI



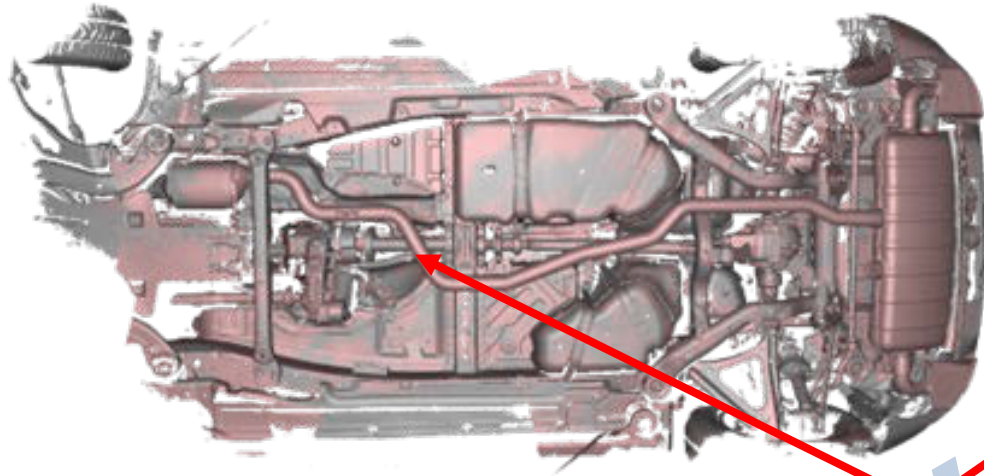
Anteile

- Stadt 39%
- Land 30%
- Autobahn 31%
- NOx Reduktion von 95 %

		RDE
NOx_ges.	[mg/km]	42,4
NOx_S+L	[mg/km]	72,0
Grenzwert	[mg/km]	270,0

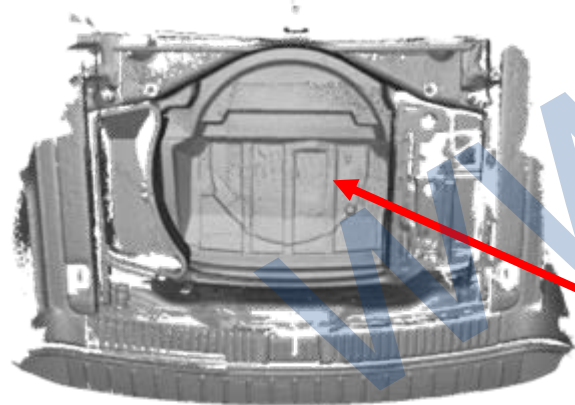


Bauraumuntersuchung Prüffahrzeug Touareg 3.0 TDI



Scan u. Bild des Abgastunnel zeigt Bauraum für den abgasleitenden Teil der SCR-Anlage

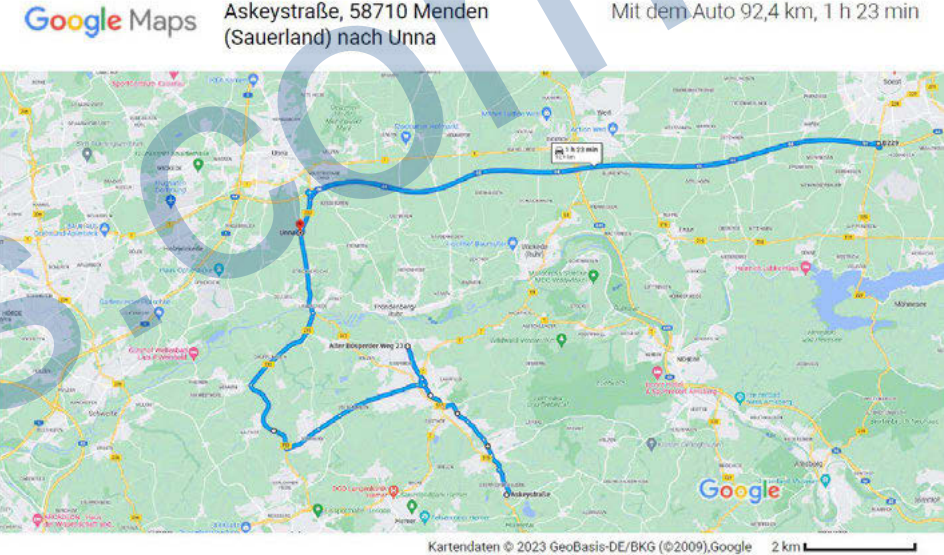
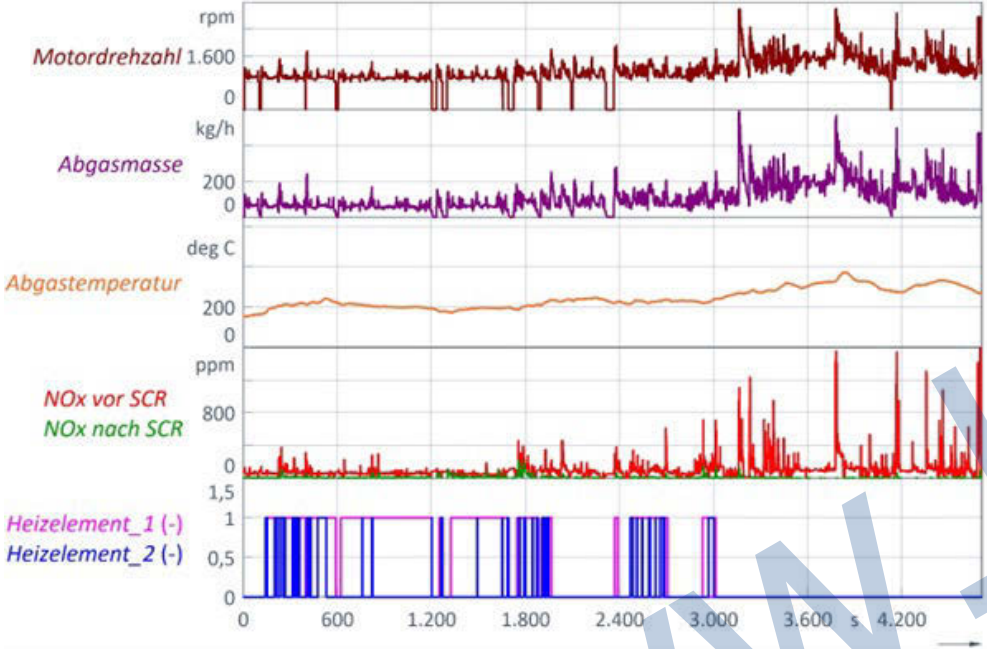
Abgastunnel



Scan u. Bild der Reserve- radmulde zeigt Bauraum für den AdBlue-Tank, Steuergerät und Leistungselektronik

Reserveradmulde

Ergebnisse Messfahrten und RDE-Messung Touareg 3.0 TDI



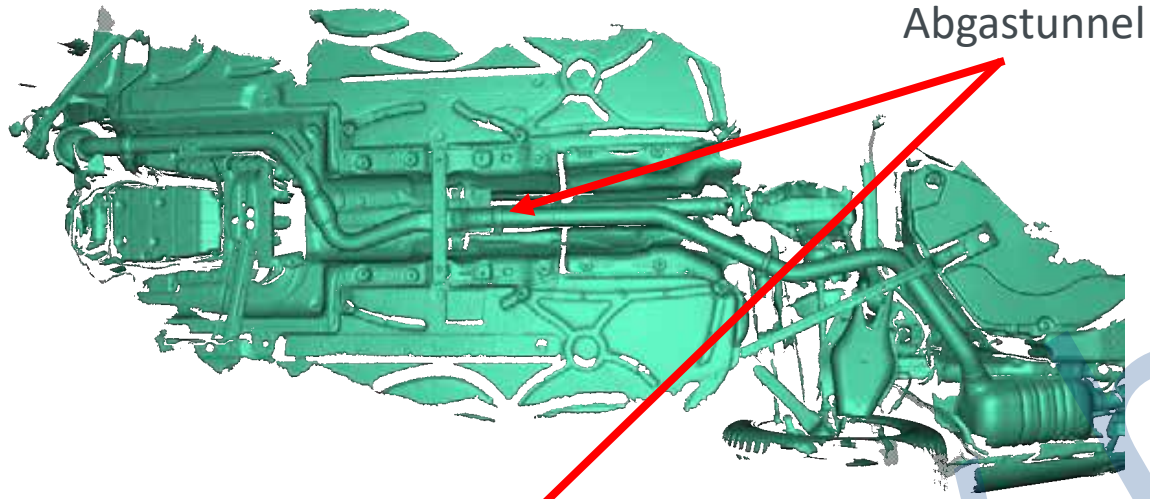
Anteile

- Stadt 39%
- Land 30%
- Autobahn 31%
- NOx Reduktion von 94 %

		RDE
NOx_ges.	[mg/km]	56,40
NOx_S+L	[mg/km]	99,39
Grenzwert	[mg/km]	270,0



Bauraumuntersuchung und SCR Implementierung Prüffahrzeug Mercedes E 220 CDI



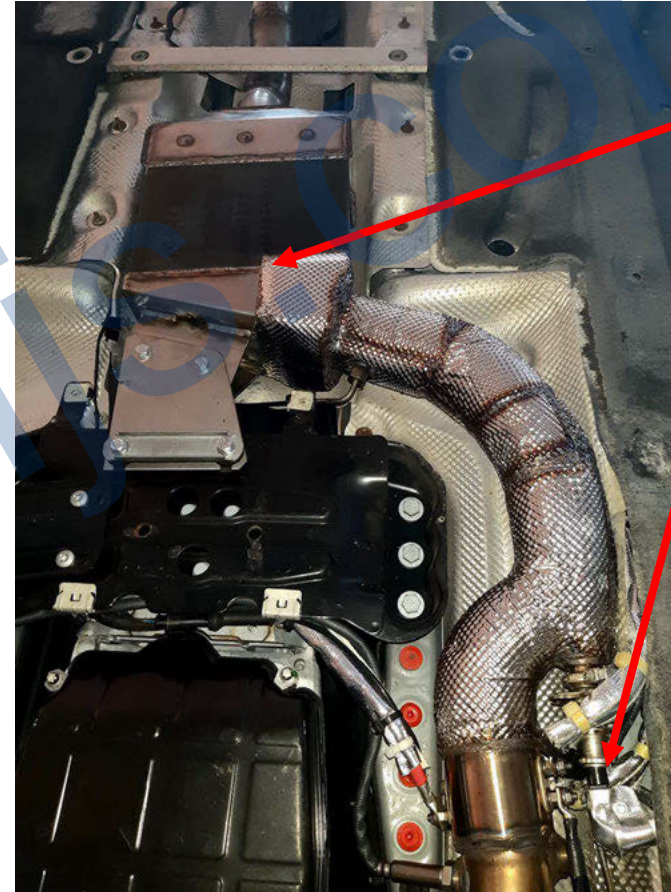
Abgastunnel



02/11/20



Reserveradmulde



SCR-Hardware im Unterboden

AdBlue Eindüsung

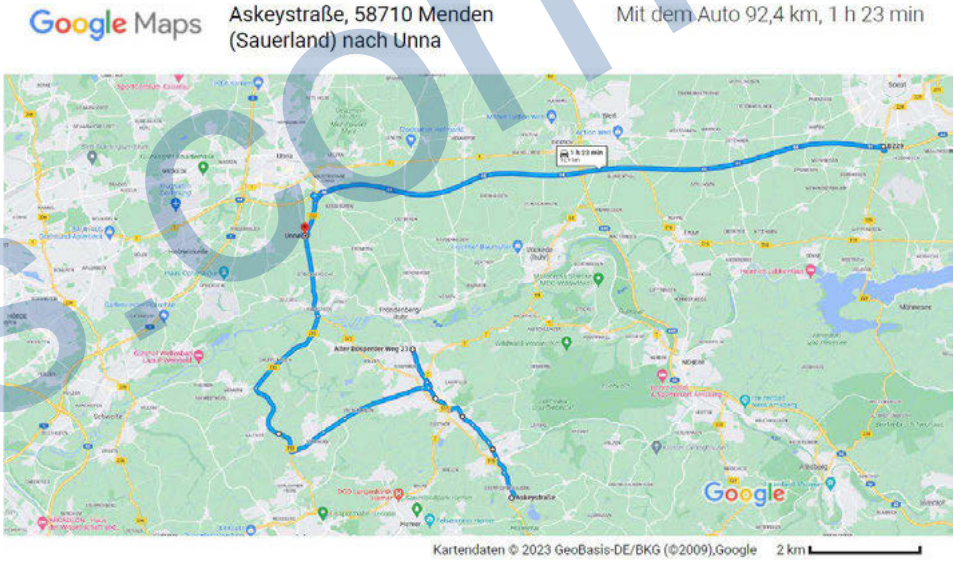
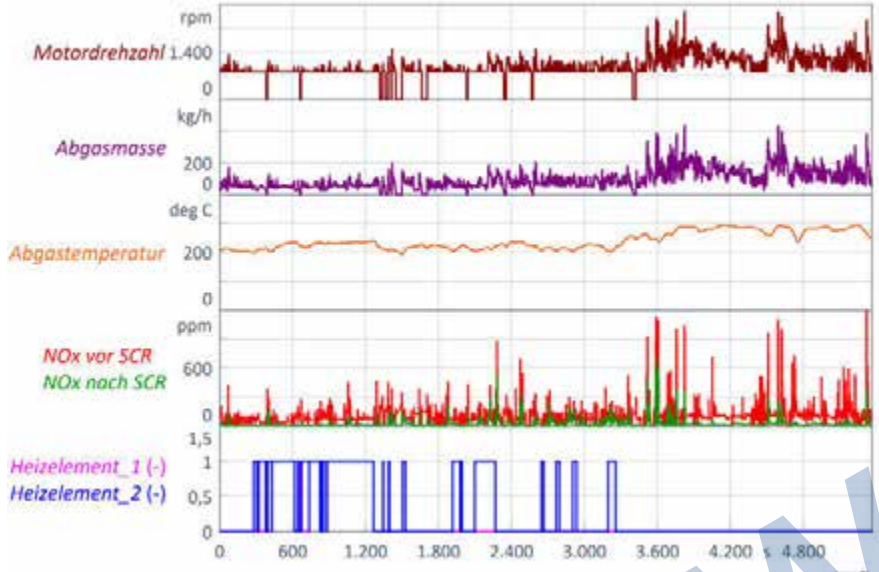
Reserveradmulde



Ergebnisse Messfahrten und RDE-Messung (E 220 CDI)



Mit dem Auto 92,4 km, 1 h 23 min



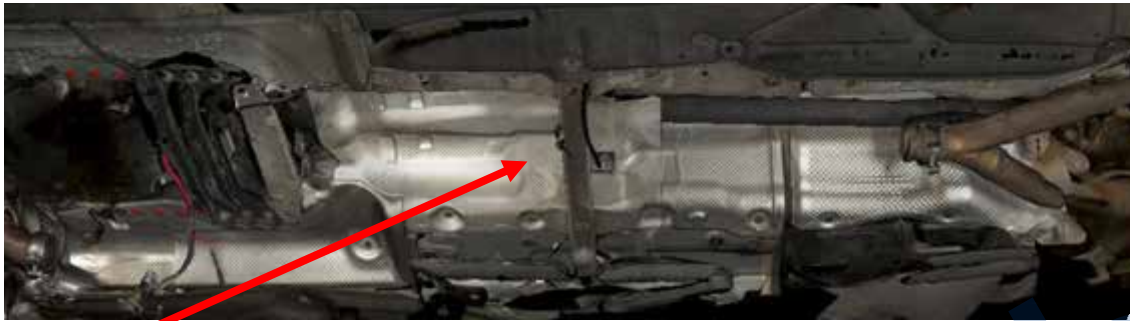
Anteile

- Stadt 39%
- Land 30%
- Autobahn 31%
- NOx Reduktion von 73%

		RDE
NOx_ges.	[mg/km]	156,6
NOx_S+L	[mg/km]	176,9
Grenzwert	[mg/km]	270,0



Bauraumuntersuchung und SCR Implementierung Prüffahrzeug Mercedes E 300 CDI



Abgastunnel

Reserveradmulde



SCR-Katalysator

AdBlue Eindüsung

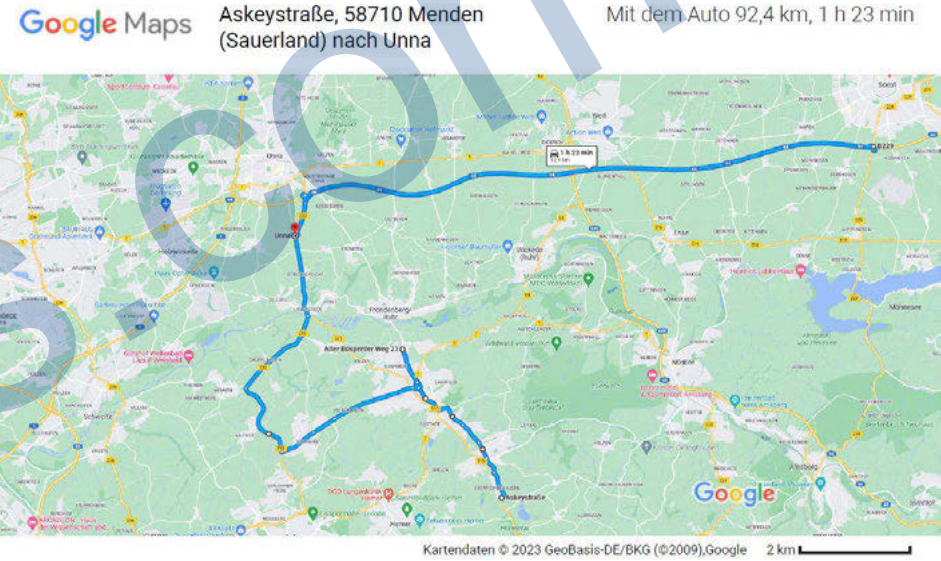
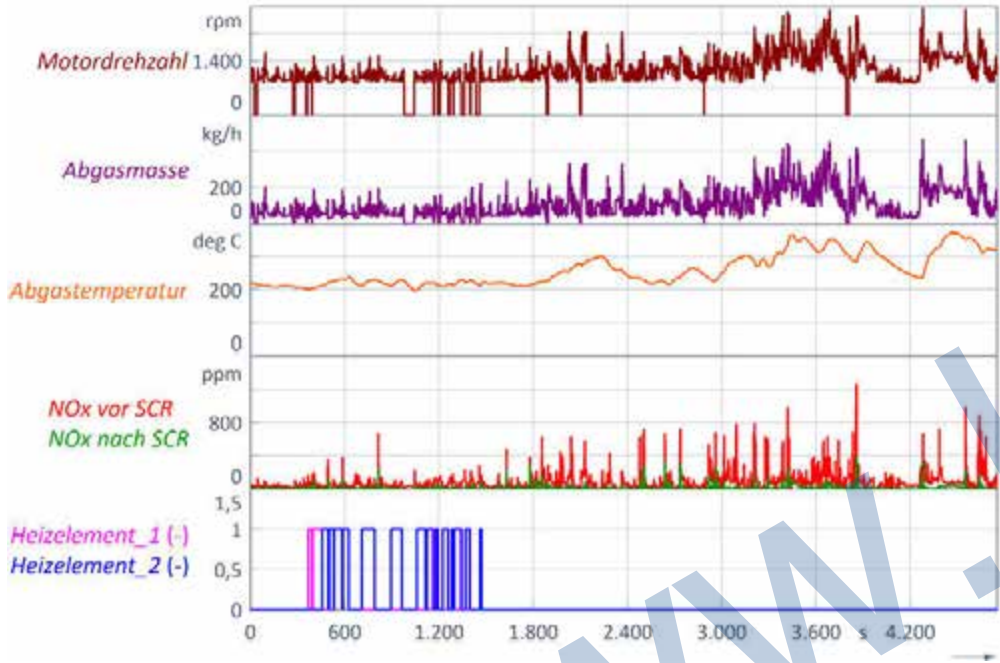


SCR-Hardware im
Unterboden

Ergebnisse Messfahrten und RDE-Messung (E 300 CDI)



Mit dem Auto 92,4 km, 1 h 23 min



Anteile

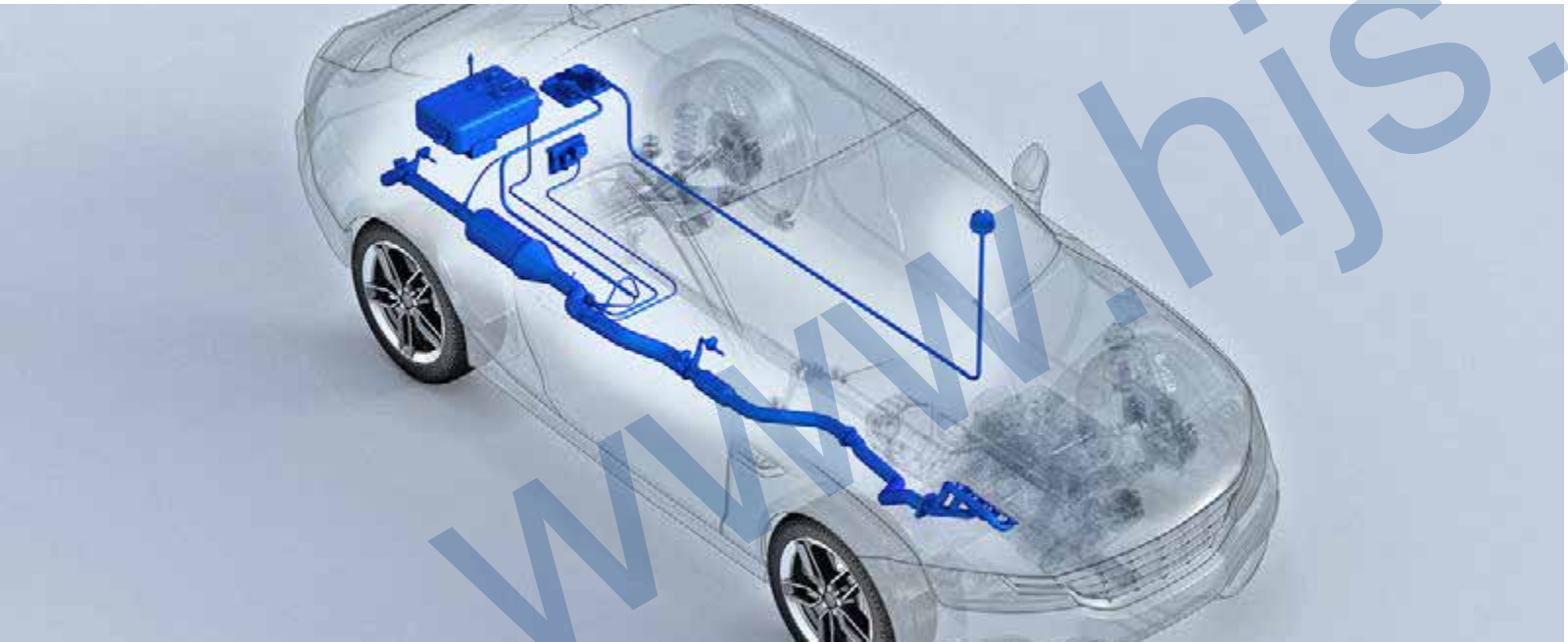
- Stadt 39%
- Land 30%
- Autobahn 31%
- NOx Reduktion von 80%

		RDE
NOx_ges.	[mg/km]	80,2
NOx_S+L	[mg/km]	118,1
Grenzwert	[mg/km]	270,0



Zusammenfassung

- ✓ HJS-Konzept ist erfolgreich und basiert auf einem „Baukasten“
 - ✓ Basiert auf dem HJS-Thermomanagement
 - ✓ SCR-Auslegung und Bedatung bleiben motorspezifisch (Fahrzeug)
 - ✓ Fahrzeugauswahl wichtig hinsichtlich Verfügbarkeit Bauraum
 - ✓ Familienbildungskriterien nutzen
 - ✓ Übertragbarkeit auf Fahrzeuge gleicher Plattformen ist gegeben
 - ✓ Andere Plattformen mit Anpassungen möglich
-
- ✓ Für alle 4 Fahrzeuge wurde bereits eine ABE erteilt



HJS Emission Technology GmbH & Co. KG
Dieselweg 12
D-58706 Menden/Sauerland

Telefon +49 2373 987-0
Telefax +49 2373 987-199

E-Mail: hjs@hjs.com
Internet: www.hjs.com



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

gefördert durch