



Auto Service

Inhaltsübersicht

1. Motivation	Seite 3
2. Ansprechpartner	Seite 4
3. Konzeption und Projektabschnitte	Seite 5
a. Fahrzeuge & Technologien (AGN)	Seite 5
b. Abschnitte	Seite 6
4. Projektplan/Ablaufplan	Seite 11
5. Ergebnisse	Seite 12
a. Testergebnisse	Seite 12
i. Ausrollwerte zu WLTP	Seite 12
ii. Emissionsmessungen Endwerte	Seite 18
iii. Emissionsmessungen Modalwerte	Seite 22
b. Kommentierung	Seite 24
6. Fazit	Seite 26
7. Kostenaufstellung	Seite 27
8. Zusammenfassung	Seite 28
9. Anhang	Seite 29



Auto Service

1. Motivation

Mit Übersendung des Konzeptpapiers an die BMW AG am 24.09.2015 unterbreitete der TÜV SÜD einen ersten Vorschlag (Projektskizze) für die eigenständige Durchführung von Überprüfungsmessungen an BMW-Pkw. Ziel der Messungen war es, dass BMW für firmeninterne Zwecke Erkenntnisse darüber erlangen kann, ob beim Betreiben der Fahrzeuge auf einem Abgasrollenprüfstand und damit durch eine etwaige Aktivierung eines Rollenmodus` an den überprüften Fahrzeugen emissionsrelevante Eingriffe am Fahrzeug geleistet werden, die gegenüber dem „Nicht-Prüfstandsbetrieb“ signifikante Veränderungen der Emissionswerte hervorrufen. Weiter sollten die Messungen dazu dienen, Messergebnisse zum Emissionsverhalten im Typprüfzyklus-nahen Motorbetrieb und im erweiterten Motorbetrieb, mit Orientierung an kommende RDE-Straßenfahrten zu erhalten.

Das Konzeptpapier wurde daraufhin zwischen der BMW AG und dem TÜV SÜD diskutiert, es wurde vom TÜV SÜD weiter geschärft und nochmals vorgestellt. Ein zugehöriges Angebot (TÜV SÜD Angebotsnummer: 20150930-5) wurde am 30.09.2015 an die BMW AG übersendet. Es erfolgte die Beauftragung des TÜV SÜD (BMW Bestellnr. F31JF4R) am 02.10.2015, sowie der unmittelbare Projektstart am 05.10.2015.



städtisch +10% / außerstädtisch +5%
städtisch +20% / außerstädtisch +10%
städtisch +30% / außerstädtisch +15%
ausgewählt. Damit einhergehend wurden erhöhte Beschleunigungen und erhöhte motorische Leistungen gegenüber dem Standard-NEDC erzeugt.

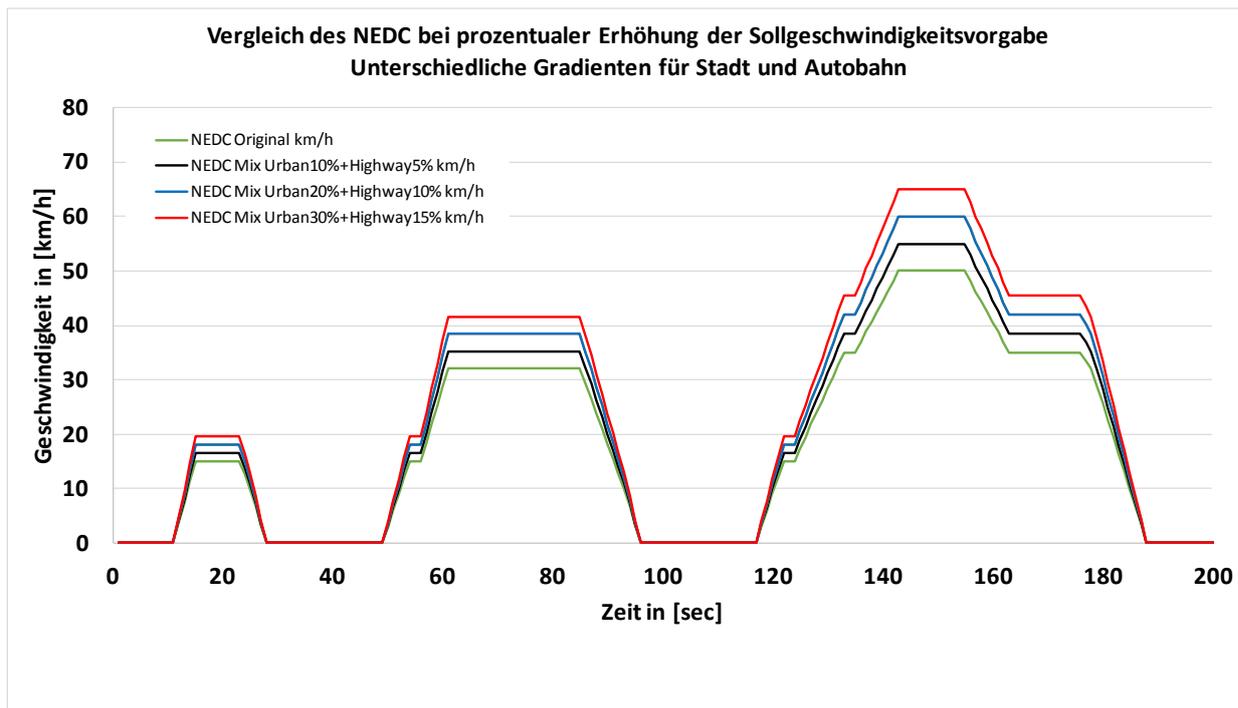


Bild 1 – Varianten der Geschwindigkeitsprofil/Sollvorgabe (Auszug UDC)

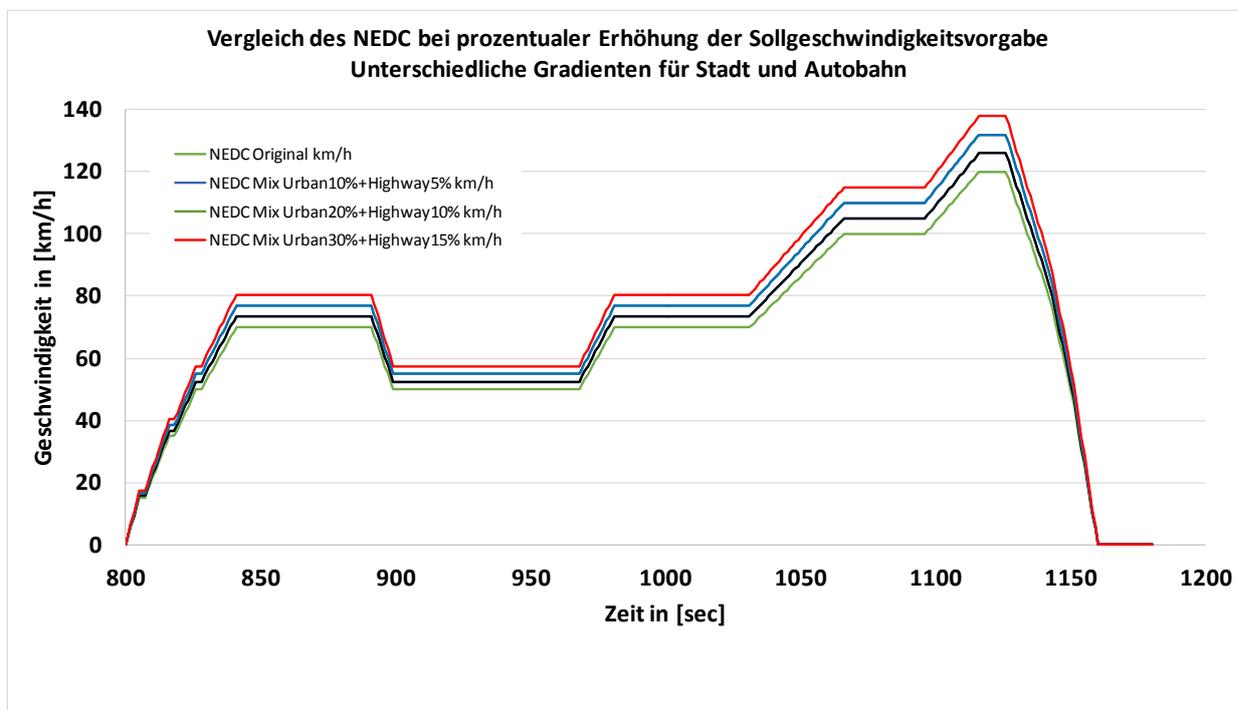


Bild 2 – Varianten der Geschwindigkeitsprofil/Sollvorgabe (Auszug EUDC)

- Abschnitt RDE Straßenmessungen:

Beim TÜV SÜD / TÜV Hessen in Pfungstadt wurden in der Vergangenheit mehrere RDE konforme Strecken entwickelt. Es wurde in Abstimmung mit BMW die sogenannte Soft-Route vom TÜV Hessen ausgewählt. Diese weist im Wesentlichen gemäßigte Steigungen auf (absolute Höhe auf der Route liegt zwischen 90 und 150m, siehe Bild 3).

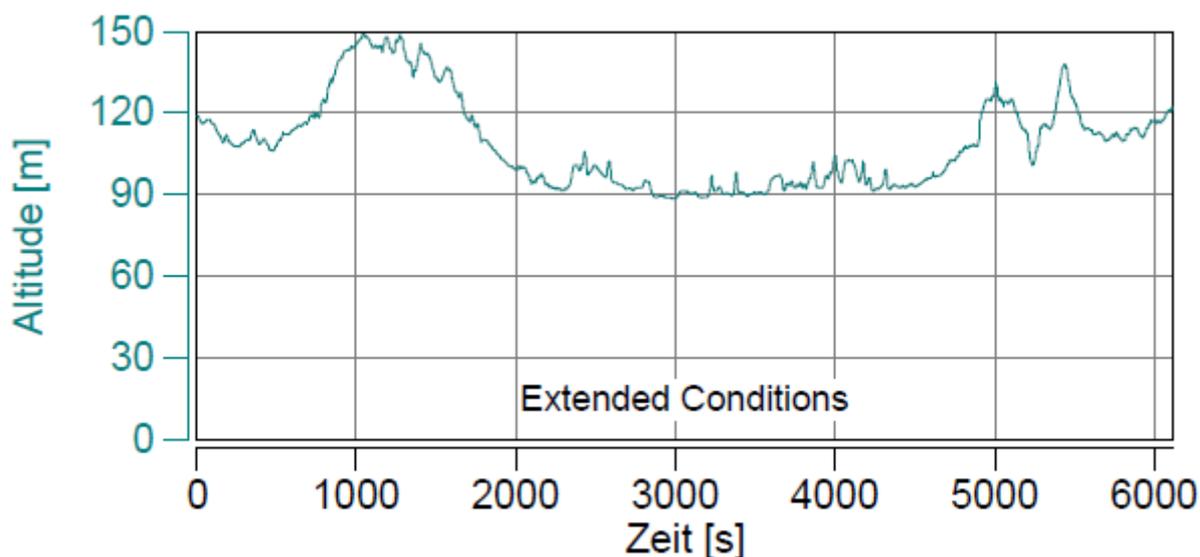


Bild 3 – Beispiel des Höhenprofils (BMW 320d PEMS Route Soft Normal – 09.11.2015)

- Abschnitt RDE Abgasrollenprüfstand:

Beim TÜV SÜD / TÜV Hessen in Pfungstadt besteht die Möglichkeit, reale Straßenfahrten inkl. Fahrwiderstände aus bergauf und bergab Fahrten, sowie Kurvenfahrten quasiidentisch am Abgasrollenprüfstand nachzufahren. Hierzu wird die reale Strecke vermessen (GPS) und am Prüfstand in eine Simulationsumgebung eingespielt. Damit ergibt sich die Möglichkeit, auf dieser Strecke am Prüfstand freie Fahrten zu absolvieren, im simulierten Verkehr zu fahren, oder das reale Geschwindigkeitsprofil einer RDE-Straßenfahrt nachzufahren.

Es wurde für alle Fahrzeuge ein 30min Ausschnitt aus der sogenannten Soft-Route vom TÜV Hessen herangezogen (der Ausschnitt ab ca. 4600s) und das zugehörige Geschwindigkeitsprofil der „normalen“ Fahrweise jeweils nachgefahren. Aus Gründen der Vergleichbarkeit (Straße/Prüfstand - Motorbetriebstemperatur) wurde am Abgasrollenprüfstand eine 750s andauernde Warmfahrt durchgeführt. Die Emissionen wurden in 2 Phasen (Beutelmessung und Modal-messung) erfasst (Bild 5).

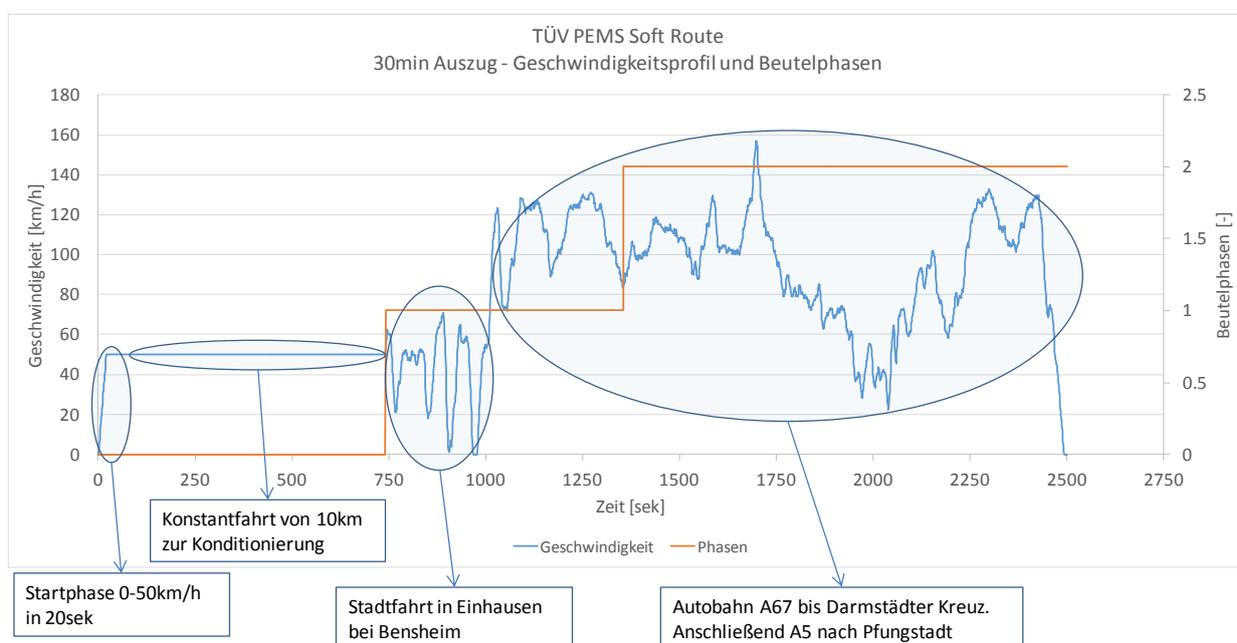


Bild 5 – Geschwindigkeitsprofil/Sollvorgabe der 30min RDE Fahrt am Abgasrollenprüfstand



4. Projektplan/Ablaufplan

Die unter 3. vorgestellten, einzelnen Projektabschnitte sind im nachstehenden Projektplan tabellarisch aufgeführt (Tabelle 2) und wurden vollständig absolviert.

1) NEDC Rolle / alles mit Fahrwiderständen und SMK aus Typprüfung / Fahrwiderstände kamen von BMW							Status	
a)	1.	Ausrollen/Lastanpassung + 3x EUDC	Warm				erledigt	
b)	2.	NEDC	Kalt	8. NEDC	Kalt/PEMS	16. NEDC	Kalt/PEMS	erledigt
	3.	3xEUDC	Warm					erledigt
	4.	NEDC	Warm					erledigt
	5.	3xEUDC	Warm					erledigt
	6.	NEDC	Warm					erledigt
	7.	3xEUDC	Warm	9. 3xEUDC	Warm/PEMS	21. 3xEUDC	Warm/PEMS	erledigt
c)	22.	NEDC + Verbraucher ein	Kalt/PEMS	PEMS ist "nur" mit aufgebaut				erledigt
d)	10.	NEDC +5%	Warm/PEMS	PEMS ist "nur" mit aufgebaut				erledigt
	11.	3xEUDC	Warm/PEMS	PEMS ist "nur" mit aufgebaut				erledigt
e)	12.	NEDC +10%	Warm/PEMS	PEMS ist "nur" mit aufgebaut				erledigt
	13.	3xEUDC	Warm/PEMS	PEMS ist "nur" mit aufgebaut				erledigt
f)	14.	NEDC +15%	Warm/PEMS	PEMS ist "nur" mit aufgebaut				erledigt
	15.	3xEUDC	Warm/PEMS	PEMS ist "nur" mit aufgebaut				erledigt
2) WLTP Rolle / tatsächliche Fahrwiderstände und tatsächliches Gewicht für SMK								
a)	1.	tatsächliche Fahrwiderstände/ Teststrecke					erledigt	
	17.	Lastanpassung am Prüfstand					erledigt	
	18.	Adaption Schaltpunkte / "Precon-WLTC"	Warm/PEMS				erledigt	
	19.	WLTC	Kalt/PEMS				erledigt	
	20.	WLTC	Warm/PEMS				erledigt	
3) NEDC Strasse --> Teststrecke								
a)	1.	3xEUDC	Warm/PEMS				erledigt	
	2.	NEDC	Kalt/PEMS				erledigt	
	3.	3xEUDC	Warm/PEMS				erledigt	
	4.	NEDC	Warm/PEMS				erledigt	
4) RDE Runde, TÜV SÜD/TÜV Hessen								
a)	1.	RDE Runde mit normaler Fahrweise	Warm/PEMS				erledigt	
	2.	RDE Runde mit normaler Fahrweise	Warm/PEMS				erledigt	
b)	3.	RDE Runde mit sportlicherer Fahrweise	Warm/PEMS				erledigt	
	4.	RDE Runde mit sportlicherer Fahrweise	Warm/PEMS				erledigt	
5) RDE fahrt auf Rolle, tatsächliche Fahrwiderstände / "Entwicklungsbegleitung"								
a)	1.	Auszug RDE Runde ~ 30min mit normaler Fahrweise	Warm/PEMS				erledigt	
	2.	Auszug RDE Runde ~ 30min mit normaler Fahrweise	Warm/PEMS				erledigt	

Tabelle 2: Übersicht zum Projektplan & Projektabschnitte



Auto Service

5. Ergebnisse

a. Testergebnisse

i. Ausrollwerte zu WLTP

Für die WLTC Messungen am Abgasrollenprüfstand sollten die tatsächlichen Fahrwiderstände der Fahrzeuge herangezogen werden. Zum einem erfolgte dies, da die kommende WLTP Gesetzgebung (auf Basis GTR No. 15) für jedes spezifische Fahrzeug Emissions- und CO₂-Werte fordern* wird, zum anderen werden die CO₂-Werte des jeweils fahrzeugzugehörigen WLTC als Basis für die EMROAD Auswertung (Bestandteil der kommenden RDE Gesetzgebung) der RDE Straßenmessungen benötigt. Daher wurde entschieden, die tatsächlichen Fahrwiderstände je Fahrzeug zu ermitteln und später am Abgasrollenprüfstand exakt einzustellen, um das möglichst präziseste WLTC Ergebnis je Fahrzeug zu erzeugen.

*Die Forderung beinhaltet nicht zwangsläufig das Messen jedes einzelnen Fahrzeugs. Die Ermittlung der Fahrwiderstände muss mind. für das sogenannte „L“ und „H“ Fahrzeug (in Bezug auf den Minimal- und Maximalwert aus der Kombination von Luftwiderstand, Rollwiderstand und Fahrzeuggewicht) pro Typprüffamilie gemessen werden. Die Fahrwiderstände der darin umfassenden Fahrzeugvarianten können per Korrelationsrechnung ermittelt werden oder auch gemessen werden. Gleiche Vorgehensweise betrifft das Messen der Emissions- und CO₂-Werte am Abgasrollenprüfstand, Korrelation oder Messung ist möglich.

Nachstehend sind die Messprotokolle der einzelnen Ausrollversuche in Miramas aufgeführt.

ii. Emissionsmessungen Endwerte

Sämtliche Emissionsmessungen am Abgasrollenprüfstand (NEDC, NEDC+x%, WLTC, RDE Fahrten) wurden mit Beutelmessung und Modalmessung (10Hz) durchgeführt und aufgezeichnet. Während der Emissionsmessungen auf der Teststrecke und für die RDE Straßenfahrten kamen Pkw-PEMS Messgeräte zum Einsatz.

Die unter 3. vorgestellten und in 4. tabellarisch aufgeführten Emissionsmessungen wurden im Projektverlauf an BMW bereits in folgender Form übermittelt:

Testprotokoll mit Datenübersicht vom Abgasrollenprüfstand, sowie der Basisinformationen zu den Emissionswerten als Endergebnisse und als Phasenergebnisse. An das Testprotokoll sind jeweils die Datenkolonnen der Modalwerte vom Prüfstand angehängt gewesen. Zu den RDE Straßenfahrten sowie zu den Emissionsmessungen von der Teststrecke sind die Rohdaten der PEMS Messtechnik übermittelt worden. Tabelle 3 zeigt die Übersicht der Messergebnisse (Endergebnisse der Test / CO, CO₂, NO_x) aller Prüfstandstests und der RDE Straßenfahrten, Tabelle 4 zeigt die Übersicht der Messergebnisse von der Teststrecke.

Hinsichtlich der RDE Straßenfahrten und der zum Einsatz kommenden PEMS Messtechnik ist folgendes zu sagen. Die CO-Konzentrationen nach dem Abgasnachbehandlungssystem (AGN) sind vor allem bei betriebswarmen Motor gegen 0 gehend. Auch bei transienten Motorbelastungen werden die CO-Rohemissionen beinahe vollständig durch die AGN in CO₂ konvertiert. Die mittels PEMS zum Einsatz kommende Messtechnik kann um den Nullpunkt nur bedingt aussagefähig messen. So ist zu erklären, dass das Messsignal während der Messung um den Nullpunkt zwischen +/-30ppm schwanken kann bzw. dauerhaft auch im negativen Bereich messen kann (siehe Bild 6), obwohl tatsächlich z.B. 0 - 5ppm CO im Abgas vorhanden sind. Dies führt dazu, dass der kumulierte CO-Wert bei einer Messung mit PEMS negativ ausfallen kann, was in der CO-Emissionsberechnung zu negativen Werten führt. Dies ist als prinzipbedingter Fehler in der Auswertung zu betrachten. Entsprechende Messungen sind in Tabelle 3 rot hinterlegt. Es ist anzunehmen dass die realen CO-Emissionen dieser Messungen nahe 0g/km liegen, jedoch nicht als 0g/km zu erklären sind, da zu jeder Messung aufgrund von transienten Motorbetrieb kleine CO-Peaks vorhanden sind, die zu CO-Emissionen größer 0g/km führen.

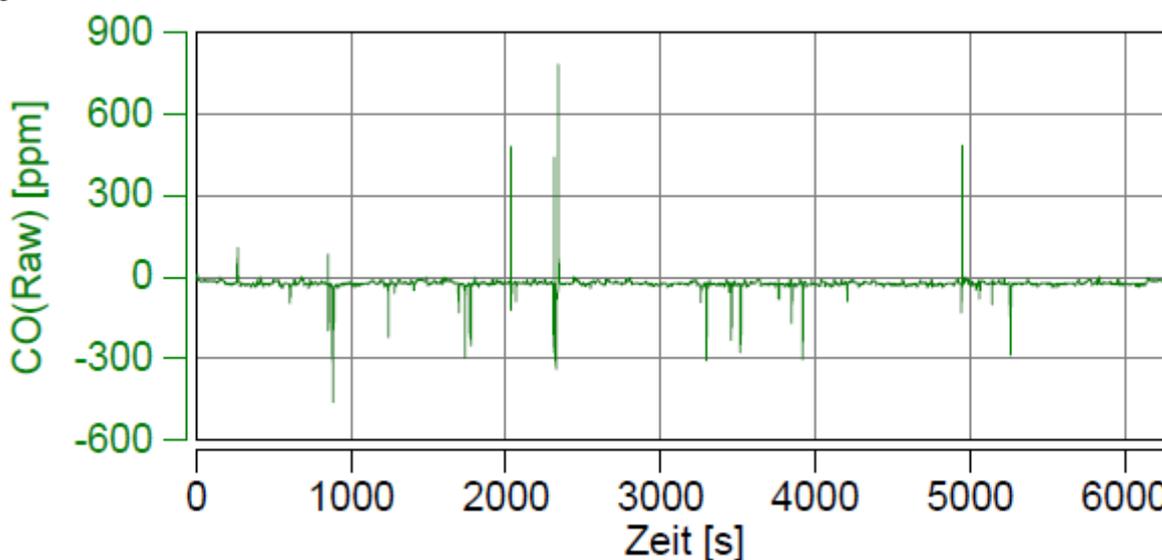


Bild 6 – Verlauf der CO-Konzentration während einer RDE Straßenfahrt
(BMW 320d PEMS Route Soft Normal 2 – 09.11.2015)

b. Kommentierung

Sämtliche durchgeführten Messungen mit allen 5 Fahrzeugen ergaben ein aus motortechnischer und abgasnachbehandlungstechnischer Sicht ein in sich schlüssig Bild, welches wie folgt kurz beschrieben wird.

Teststrecke Miramas:

Ottofahrzeuge

Die Stickoxidwerte (NOx) und die Kohlenmonoxidwerte (CO) liegen beim Kalt- und Warmstart jeweils unter den EURO 6b Limits (NOx 60mg/km / CO 1000mg/km).

Dieselfahrzeuge

Die Kohlenmonoxidwerte (CO) liegen beim Kalt- und Warmstart jeweils unter den EURO 6 Limits (CO 500mg/km). Die Stickoxidwerte (NOx) liegen beim Warmstart jeweils unter oder äußerst gering über den EURO 6 Limits (NOx 80mg/km), gemäß RDE Vorgehensweise ergäbe sich ein Conformity Factor (CF NOx) von <1,07. Einzige Ausnahme stellt der Test (Nr. 108) mit 1,60 dar. Es liegt wahrscheinlich eine DeNOx-Phase des NSC während des Tests vor (Bild 12).

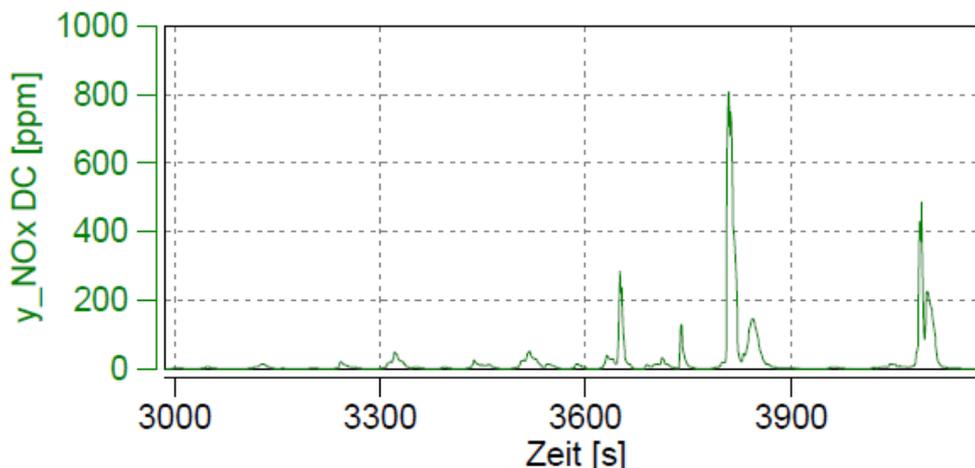


Bild 12 – Verlauf der NOx-Konzentration beim NEDC (Warmstart) auf der Teststrecke [redacted] – 21.10.2015 mit DeNOx Phase) – Teststart bei 3000s

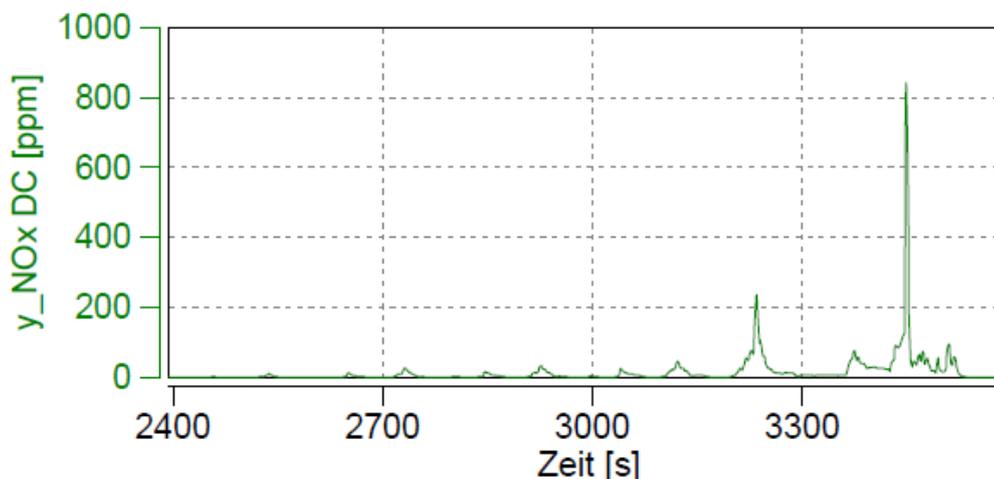


Bild 13 – Verlauf der NOx-Konzentration beim NEDC (Warmstart) auf der Teststrecke [redacted] – 22.10.2015) – Teststart bei 2400s



Die Stickoxidwerte (NO_x) liegen beim Kaltstart jeweils unter oder leicht über den EURO 6 Limits (NO_x 80mg/km), gemäß RDE Vorgehensweise ergäbe sich ein Conformity Factor (CF NO_x) von <1,35. Einzige Ausnahme stellt der Test (Nr. 113) mit 2,37 dar. Es liegt wahrscheinlich ebenfalls eine DeNO_x-Phase während des Tests vor.

Abgasrollenprüfstand:

Ottofahrzeuge

Sämtliche Messungen am Abgasrollenprüfstand liefern bezüglich CO und NO_x keinerlei Auffälligkeiten. Die Fahrzeuge müssen bezüglich Typprüfung prinzipiell den NEDC erfolgreich absolvieren. Dennoch wiesen beide Ottofahrzeuge im WLTC Emissionsergebnisse deutlich unter den entsprechend Limits auf. Auch bei den RDE Fahrten am Abgasrollenprüfstand mit realer motorischer Belastung sind die Emissionsergebnisse deutlich unter den entsprechend Limits geblieben.

Dieselfahrzeuge

Sämtliche Messungen am Abgasrollenprüfstand liefern bezüglich CO keinerlei Auffälligkeiten. Die Ausnahme stellt Test 20 dar, hier wird das CO Limit um ca. 50% aufgrund einer Partikelfilterregeneration überschritten.

(Tests mit Partikelfilterregeneration werden zur Bestimmung der Emissionen gemäß Typprüfung [Typ I Test - NEDC] wie auch im kommenden WLTC und auch bei den kommenden RDE Fahrten nicht berücksichtigt. Zur Bestimmung der ki-Faktoren jedoch werden Tests mit Partikelfilterregeneration herangezogen.)

Die Messungen zum NEDC, NEDC+x% und WLTC am Abgasrollenprüfstand liefern bezüglich NO_x kaum Auffälligkeiten. Gemäß RDE Vorgehensweise ergäbe sich ein Conformity Factor (CF NO_x) von <1,46. Die Ausnahmen stellen der Test Nr. 20 mit 2,63 auf Grund der Partikelfilterregeneration und Test Nr. 37 (es liegt wahrscheinlich eine DeNO_x-Phase während des Tests vor) dar.

Besonders hervorzuheben sind die Messungen der RDE Fahrten am Abgasrollenprüfstand. Die ermittelten Werte für CF NO_x bei diesen Messungen liegen alle unter 2,22, zu großen Teilen bereits auch unter 1,5.

RDE Straßenmessungen:

Ottofahrzeuge

Sämtliche Messungen auf der Straße wurden auf RDE konformen Strecken durchgeführt. Es wurden stets RDE gültige Fahrten (Einhalten der Randbedingungen) absolviert. Alle Fahrten liefern bezüglich CO und NO_x keinerlei Auffälligkeiten.

Dieselfahrzeuge

Sämtliche Messungen auf der Straße wurden auf RDE konformen Strecken durchgeführt. Es wurden stets RDE gültige Fahrten (Einhalten der Randbedingungen) absolviert. Alle Fahrten liefern bezüglich CO keinerlei Auffälligkeiten, auch mit Partikelfilterregeneration (Test Nr. 47) wird das EURO 6 Limit eingehalten.

Bezüglich NO_x werden Werte für CF NO_x zwischen 0,59 und 3,41 ermittelt.



Auto Service

6. Fazit

Die vollständig absolvierten Messungen und erzeugten Emissionsergebnisse zu den Projektabschnitten Teststrecke, Abgasrollenprüfstand und Straßenmessungen ergeben für den TÜV SÜD das eindeutige Bild, dass keine emissionsrelevanten Eingriffe (keine „Manipulation“) an den fünf Fahrzeugen (3x Diesel / 2x Otto) geleistet worden sind.

Alle getesteten Fahrzeuge liegen bei den NOx Werten (die im Fokus stehen) innerhalb der technisch erklärbaren sowie erwarteten Toleranz und zeigen aus TÜV SÜD Sicht ein sehr robustes Abgasverhalten. Dies bestätigt sich vor allem auch durch die absolvierten RDE Fahrten am Abgasrollenprüfstand und die RDE Straßenfahrten.



8. Zusammenfassung

Die TÜV SÜD AG hat der BMW AG ein Konzept vorgeschlagen und angeboten, Überprüfungs-messungen an BMW-Pkw durchzuführen. Ziel der Messungen war es, dass BMW für firmeninterne Zwecke Erkenntnisse darüber erlangen kann, ob beim Betreiben der Fahrzeuge auf einem Abgasrollenprüfstand und damit durch eine etwaige Aktivierung eines Rollenmodus` an den überprüften Fahrzeugen emissionsrelevante Eingriffe am Fahrzeug geleistet werden, die gegenüber dem „Nicht-Prüfstandsbetrieb“ signifikante Veränderungen der Emissionswerte hervorrufen.

Das Projekt wurde von der BMW in KW40 am 02.10.2015 beauftragt. Der Projektstart beim TÜV SÜD erfolgte unmittelbar in KW41 am 05.10.2015 mit der Fahrzeugbeschaffung. In KW42 wurden die Fahrzeuge für die Emissionsmessungen mit mobiler Emissionsmesstechnik (PEMS) vorbereitet und zur BMW Teststrecke nach Miramas (Frankreich) transferiert. In KW43 erfolgten dort die Emissionsmessungen, angelehnt an den Typprüfzyklus (NEDC) vom Abgasrollenprüfstand und die Ausrollversuche gemäß GTR No.15 (WLTP), sowie der Rücktransport zum TÜV SÜD / TÜV Hessen nach Pfungstadt, dem Ausführungsort des Projekts.

Ab KW44 erfolgten die Emissionsmessungen am Abgasrollenprüfstand. Es wurden Serien von Kaltstarts (NEDC), Serien von Warmstarts (NEDC), NEDC-ähnliche Tests (NEDC+x%), je ein Kalt- und Warmstarts als WLTC gefahren, sowie je zwei 30min Ausschnitte einer RDE Straßenfahrt am Abgasrollenprüfstand nachgefahren. Ab KW45 erfolgten auch die RDE Straßenfahrten, je 4 Fahrten pro Fahrzeug. Das Projekt wurde messtechnisch am 16.11.2015. fertiggestellt.

Die vollständig absolvierten Messungen und erzeugten Emissionsergebnisse zu den Projektabschnitten Teststrecke, Abgasrollenprüfstand und Straßenmessungen ergeben für den TÜV SÜD **das eindeutige Bild, dass keine emissionsrelevanten Eingriffe (keine „Manipulation“) an den fünf Fahrzeugen (3x Diesel / 2x Otto) geleistet worden sind.**

Alle getesteten Fahrzeuge liegen bei den NOx Werten (die im Fokus stehen) innerhalb der technisch erklärbaren sowie erwarteten Toleranz und zeigen aus TÜV SÜD Sicht ein sehr robustes Abgasverhalten. Dies bestätigt sich vor allem auch durch die absolvierten RDE Fahrten am Abgasrollenprüfstand und die RDE Straßenfahrten.

TÜV SÜD bedankt sich bei der außerordentlich guten Unterstützung im gesamten Projekt durch die Mitarbeiter der BMW AG [REDACTED], sowie deren Mitarbeiter und die Mitarbeiter im Testcenter Miramas, stellvertretend durch [REDACTED]).

Abschlussbericht vom:	20.11.2015
Berichtsnummer:	76104760-A
TÜV SÜD Angebotsnummer:	20150930-5
BMW Bestellnummer:	F31JF4R
TÜV SÜD Lieferantenummer:	13245152