

Kurzfassung

Zunehmende Emissionsrestriktionen sowie verschärfte Umweltrandbedingungen bei der Emissionsermittlung im praktischen Fahrbetrieb (RDE) können nicht mehr allein durch rein motorstrategische Maßnahmen erfüllt werden. Die Sicherstellung der Funktionalität von abgasführenden Komponenten und Systemen unter allen Randbedingungen in Verbindung mit intelligenten Motorbetriebskonzepten ist demnach unabdingbar. Insbesondere systembedingte Kaltstartbedingungen im Kurzstreckenverkehr ergeben eine besondere Herausforderung. Unter diesen Betriebsbedingungen lassen sich erhöhte Schadstoffemissionen durch innermotorische Effekte und ungünstige Betriebsbedingungen der Abgasnachbehandlungssysteme festmachen. Zusätzlich nehmen die Abgasbestandteile unter Einwirkung differenter Ablagerungsmechanismen einen erheblichen Einfluss auf den Ablagerungs- und Verschmutzungsprozess von abgasführenden Bauteiloberflächen sowie auf die Leistungseffizienz der Abgasnachbehandlungssysteme.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Abgaszusammensetzung von einem Benzin- als auch Dieselmotor bei Umgebungs- und Motorstarttemperaturen von -22 °C bis 23 °C auf der Basis realer Fahrzyklen näher betrachtet. Dabei sind insbesondere die primären Mechanismen der Ablagerungsbildung auf den abgasführenden Bauteiloberflächen in den Fokus gerückt. Die Kaltstartuntersuchungen werden sowohl an einem modernen Otto- als auch Diesel-Serienmotor mit der jeweiligen Serienmotorperipherie durchgeführt. Mit dem Fokus auf einem realistischen Motorbetrieb unter kalten Umgebungsbedingungen werden zum einen motorspezifische Betriebsstrategien berücksichtigt und zum anderen ein dynamisches Fahrverhalten unter realen Fahrbedingungen hinzugezogen. Dabei kommt ein echtzeitfähiger, automatisierter Luft- und Motorkühlmittel-Konditionierungsprüfstand zum Einsatz. Die Kaltstartzyklen basieren sowohl auf dem innerstädtischen Teil des WLTC-Fahrzyklus sowie auf realistischen, motorspezifischen Fahrprofilen auf Basis des städtischen RDE-Fahrbetriebs.

Zur Analyse und Charakterisierung der Belagsschichten auf abgasführenden Bauteiloberflächen wird ein neuartiges Messverfahren hinzugezogen. Dies umfasst einen Probelplättchenhalter mit kleinen, keramischen Versuchsträgern, der innerhalb des Abgassystems positioniert ist. Die Probelplättchen lassen sich dabei in ihrer rotatorischen und translatorischen Ausrichtung zur Strömungsrichtung des Abgases verändern. Darüber hinaus kann zwischen aktiv gekühlten und ungekühlten Versuchsträgern differenziert werden, um damit einhergehend den Einfluss der Bauteiloberflächentemperatur auf die Ablagerungsneigung zu analysieren. Eine detailliertere Analyse der Belagzusammensetzung auf den Probelplättchenoberflächen nach einem Kaltstartzyklus wird unter Einbezug der Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (GC/MS) vorgenommen. Zusätzlich kann mittels temperaturprogrammierter (gravimetrischer) Oxidation (TPO/TGA) die Rußreaktivität bestimmt werden, die wiederum weitere Informationen über die Ablagerungseigenschaften liefert. Darüber hinaus ermöglicht die Elementaranalyse (EA) und die hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) in Kombination mit Bildauswertungsalgorithmen die Untersuchung der Ablagerungszusammensetzung von der mikro- bis zur molekularen Ebene. Eine nähere Charakterisierung des Ablagerungsprozesses von abgasführenden Komponenten unter hoch-dynamisch variierender Abgaszusammensetzung im instationären Motorbetrieb ist durch den Einsatz zusätzlicher Messsysteme möglich. Vorwiegend die inhomogene Gemischbildung sowie unvollständige Verbrennung im Rahmen des dynamischen Motorkaltstartbetriebs resultiert in erhöhten, partikulären als auch gasförmigen Emissionskomponenten. Zur Analyse der Partikelgrößenverteilung und der Partikelanzahl wird auf ein Partikelspektrometer (Cambustion DMS500) zurückgegriffen sowie mit Hilfe der Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (mks MultiGas 2030 HS FTIR) weitere Gasmoleküle im Abgas zeitaufgelöst detektiert. Um den Einfluss von niedrigen Umgebungstemperaturen auf die Depositionsneigung zu untersuchen, werden die Wechselwirkungen zwischen den Ablagerungsbildungsmechanismen unter definierten Randbedingungen und der dynamisch sich ändernden Abgaszusammensetzung mit Fokus auf einem realen Fahrbetrieb analysiert.

Abstract

Increasing emission restrictions and aggravating environmental boundary conditions for determining emissions under real driving conditions (RDE) can no longer be met by purely strategic engine measures alone. To ensure the functionality of the exhaust gas aftertreatment systems under all boundary conditions, the conjunction with intelligent engine operating concepts is therefore indispensable. In particular, system-related cold-start conditions in short-haul traffic present a special challenge. These operating conditions are associated with increased pollutant emissions caused by internal engine effects and unfavorable operating conditions of the exhaust gas aftertreatment systems. In addition, the exhaust gas components have a considerable influence on the fouling and deposition process of exhaust gas-carrying component surfaces as well as on the performance efficiency of the exhaust gas aftertreatment systems under the influence of different deposition mechanisms.

In this thesis, the exhaust gas composition of a gasoline as well as a diesel engine at ambient and engine start temperatures of $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ is examined in more detail on the basis of real driving cycles. Particular focus is placed on the primary mechanisms of deposit formation on the exhaust gas-carrying component surfaces. The cold-start tests are carried out on both a modern gasoline and diesel production engine with the respective production engine peripherals. With the focus on realistic engine operation under cold ambient conditions, engine-specific operating strategies are considered on the one hand and dynamic driving behavior under real driving conditions is added on the other. A real-time, automated air and engine coolant conditioning test bench is used. The cold-start cycles are based on both the inner-city part of the WLTC driving cycle and realistic, engine-specific driving profiles based on urban RDE driving.

For the analysis and characterization of the coating layers on exhaust gas-carrying component surfaces, a novel measurement method is used. This involves a sample plate holder with small, ceramic test carriers positioned within the exhaust system. The sample plates can be varied in their rotational and translational orientation relative to the flow direction of the exhaust gas. In addition, a distinction can be made between actively cooled and non-cooled test specimens in order to analyze the influence of the component surface temperature on the deposition tendency. A more detailed analysis of the deposit composition on the sample plate surfaces after a cold start cycle is carried out using gas chromatography with mass spectrometry coupling (GC/MS). In addition, temperature-programmed (gravimetric) oxidation (TPO/TGA) can be used to determine soot reactivity, which in turn provides further information on deposition characteristics. In addition, elemental analysis (EA) and high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) combined with image analysis algorithms enable the study of deposit composition from the micro to the molecular level. A more detailed characterization of the deposition process of exhaust gas-carrying components under highly dynamically varying exhaust gas composition in transient engine operation is possible by using additional measurement systems. In particular, inhomogeneous mixture formation and incomplete combustion during dynamic engine cold-start operation result in increased particulate and gaseous emission components. For the analysis of the particle size distribution and the particle number, a particle spectrometer (Cambustion DMS500) is used and with the help of Fourier-transform-infrared spectroscopy (mks MultiGas 2030 HS FTIR) further gas molecules in the exhaust gas are detected with high time resolution. In order to investigate the influence of low ambient temperatures on the deposition tendency, the interactions between the deposition formation mechanisms under defined boundary conditions and the dynamically changed exhaust gas composition are analyzed with a focus on a real driving operation.

1 Einleitung und Motivation

Mit dem wachsenden Mobilitätsbedürfnis im Zuge der voranschreitenden Globalisierung sowie der Zunahme im Individualverkehr sind neue Antriebstechnologien in zahlreichen Verkehrssparten auch in Zukunft strengen Emissionsvorschriften ausgesetzt [Tschöke, 2019; United Nations Economic Commission for Europe, 2021]. Dabei kommt dem Personenkraftfahrzeugverkehr mit dem größten Anteil an der globalen Mobilität im Zusammenhang mit einem steigenden Gesundheits- und Umweltbewusstsein ein wichtiger Stellenwert zu [Srivastava et al., 2018]. Die Einhaltung der strengen Emissionsvorschriften findet auch im Entwicklungsbereich von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ihre Berücksichtigung. Für eine realitätsbezogene Bewertung der Abgasemissionen von neuen Personenkraftfahrzeugen wurde in der Europäischen Union im September 2017 der bis dahin gültige, synthetische Vergleichszyklus (NEFZ) vom Realfahrzyklus (*Worldwide harmonized Light Vehicles Test Cycle*; kurz WLTC) in Kombination mit der Emissionsmessung im praktischen Fahrbetrieb (*Real Driving Emissions*, kurz RDE) abgelöst [Tschöke, 2019]. Damit einhergehend lassen sich in Abhängigkeit der Umgebungseinflüsse im öffentlichen Straßenverkehr die Emissionen von Personenkraftfahrzeugen unter realen Fahrbedingungen bewerten. Zusätzlich werden mit Einführung des RDE3-Paketes im Januar 2021 die Emissionen beim Motorkaltstart mitberücksichtigt. Insbesondere bei niedrigen Temperaturen lassen sich, bedingt durch ungünstige Betriebsbedingungen sowie unvollständige Verbrennung, erhöhte Emissionswerte beim Motorstart detektieren [Boulter, 1997]. Die zukünftige Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich emittierter Abgasbestandteile bei Fahrzeugen mit Diesel- oder Ottomotoren allein durch eine reine Motorstrategie stellt eine besondere Herausforderung dar. Die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von abgasführenden Komponenten und vorwiegend von Abgasnachbehandlungssystemen unter allen Randbedingungen in Verbindung mit intelligenten Motorbetriebskonzepten ist demnach unabdingbar.

Dabei stellen vor allem systembedingte Kaltstartbedingungen im Kurzstreckenverkehr eine große Herausforderung dar [Abarham et al., 2009a; Abarham et al., 2010; Abd-Elhady et al., 2011; Bika et al., 2012; Hong et al., 2011; Malayeri et al., 2013; Sluder et al., 2008; Teng und Regner, 2009b; Warey et al., 2012]. Unter diesen Rahmenbedingungen sind erhöhte Schadstoffemissionen durch innermotorische Effekte und ungünstige Betriebsbedingungen für Abgasnachbehandlungssysteme festzustellen [Sluder et al., 2008]. Inhomogene Gemischbildung sowie unvollständige Verbrennung aufgrund niedriger Bauteiltemperaturen führen zu einer hochdynamischen und sich kontinuierlich ändernden Abgaszusammensetzung, insbesondere

bei instationärem Motorkaltstartbetrieb. Damit einhergehend lassen sich überwiegend an kalten Bauteiloberflächen von abgasführenden Motorkomponenten zunehmende Belagsschichten detektieren, die auf die Wechselbeziehung zwischen Abgaszusammensetzung sowie Ablagerungsmechanismen bei niedrigen Umgebungstemperaturen zurückzuführen sind [Abraham et al., 2010]. Dabei beeinflussen die Strömungsbedingungen des Abgasmassenstroms durch die immer komplexer werdenden Abgasnachbehandlungssysteme das Ablagerungsverhalten an systemrelevanten Bauteiloberflächen. Zur Erfüllung der Emissionsvorgaben ist die Gewährleistung der Funktionsweise sowie der Effizienz von Abgasnachbehandlungssystemen bei Diesel- und Ottomotoren unabdingbar geworden. Demzufolge ist das Verständnis über die Wechselbeziehung zwischen Abgaszusammensetzung und Ablagerungsmechanismen bei niedrigen Umgebungsbedingungen Grundvoraussetzung für die zukünftige Weiterentwicklung der Antriebstechnologien im Bereich von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.

Basierend auf dem FVV-Forschungsvorhaben (Nr. 1316) „*Exhaust Gas Composition at Low Temperatures*“ werden im Rahmen dieser Arbeit die Abgaszusammensetzung bei niedrigen Motorkaltstarttemperaturen und die daraus resultierenden Ablagerungen an abgasführenden Bauteilen bei einem Otto- und einem Dieselmotor analysiert. Erste Erkenntnisse im Rahmen der ottomotorischen Belagsbildung sind [Appel et al., 2021] zu entnehmen. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt vor allem auf realitätsnahen Motorkaltstarts bei niedrigen Umgebungstemperaturen. Dazu gehören zum einen motorspezifische Betriebsstrategien, zum anderen das dynamische Fahrverhalten unter realen Fahrbedingungen. Die Untersuchungen werden auf einem echtzeitfähigen, automatisierten Klimaprüfstand bei Umgebungstemperaturen von 23 °C bis -22 °C durchgeführt. Die Kaltstarttests basieren sowohl auf dem innerstädtischen Teil des *Worldwide harmonized Light Vehicles Test Cycle* (WLTC) als auch auf realistischen, motorspezifischen Fahrprofilen im innerstädtischen Bereich (RDE).

Für die dynamische Messung von Partikeln und gasförmigen Emissionskomponenten im Abgas wird einerseits ein Partikelspektrometer zur Analyse der Partikelgrößenverteilung und der Partikelanzahl verwendet. Andererseits wird zur Bestimmung der gasförmigen Bestandteile im Abgas, die einen entscheidenden Einfluss auf den Ablagerungsbildungsprozess nehmen, die Fourier-Transform-Infrarotspektrometrie (FTIR) mit einbezogen. Die Untersuchung sowie Charakterisierung der Ablagerungen in abgasführenden Bauteilen stellt vor allem im Rahmen des Ottomotors eine außerordentliche Herausforderung dar und ist in dieser Form bisher noch nicht untersucht worden. In diesem Zusammenhang wird ein neuartiges Probenahmeverfahren mit Potential als standardisierte Messmethodik zur Untersuchung der Abgaszusammensetzung bei kalten Temperaturen eingeführt, bei dem kleine keramische Probeplättchen auf einem Probeplättchenhalter fixiert werden und innerhalb des Abgassystems nach dem

Abgasturbolader definiert positioniert sind. Die chemische Zusammensetzung der Ablagerungen auf der Probepföchtchenoberfläche wird im Nachgang eines Kaltstartzyklus näher analysiert. Hierzu wird die Belagsschicht einerseits mittels thermogravimetrischer Analyse (TGA) mit einem gekoppelten Gasanalysator untersucht, andererseits wird eine Analyse der flüchtigen Stoffe nach Extraktion der Ablagerungen mit der Gaschromatographie (GC) unter Verwendung verschiedener Detektoren durchgeführt sowie eine Elementaranalyse (EA) und hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) mit einbezogen. Weiterführende Untersuchungen umfassen vorwiegend die Bestimmung organischer, volatiler Anteile im Abgaskondensat mittels gaschromatographischer Verfahren mit Hinblick auf die Identifikation der Wechselwirkung zwischen Wasserkondensation und Ablagerungsschichten auf abgasführenden Bauteiloberflächen.

Einhergehend mit der Identifikation und Bewertung einzelner Einflussgrößen auf den Ablagerungsprozess wird im Rahmen dieser Arbeit die Korrelation dieser Einflussgrößen für otto- und dieselmotorische Kaltstartzyklen angestrebt. Dabei sind insbesondere unter den dynamischen Fahrbedingungen hochkomplexe, chemisch-physikalische Wechselwirkungen festzuhalten, die eine lokale Reproduzierbarkeit sowie demzufolge eine quantitative Bewertung der Ablagerungsschichten erschweren. Die vorgenommene Reduktion des Depositionsmechanismus auf seine Hauptkomponenten ermöglicht jedoch eine modellhafte Beschreibung des komplexen Belagsbildungsprozesses sowie ein verbessertes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Fahrverhalten und Ablagerungen an abgasführenden Bauteiloberflächen.

2 Forschungsstand

2.1 Abgasnachbehandlungssysteme

Im Zuge der immer strenger werdenden Emissionsrichtlinien stehen Abgasnachbehandlungssysteme zunehmend im Fokus bei der Entwicklung von verbrennungsmotorischen Fahrzeugantrieben. Neben innermotorischen Strategien ermöglicht vorwiegend der Einsatz hochkomplexer Systeme im Abgasstrang, Emissionsbestandteile größtenteils zu minimieren [Deutschmann und Grunwaldt, 2013]. Bedingt durch die Einsatzgrenzen der Abgasnachbehandlungssysteme selbst kann jedoch eine höhere Effizienz der Systeme nicht immer gewährleistet werden [He und Ahmadi, 1998; Hörnig, 2012; Völk, 2014]. Dabei nimmt die Wechselwirkung zwischen kalten Bauteiltemperaturen bei niedrigen Umgebungstemperaturen und dem Abgasmassenstrom einen großen Einfluss auf die Effizienz der Abgasnachbehandlungssysteme [He und Ahmadi, 1998]. Im Folgenden werden typische Vertreter von emissionsmindernden Bauteilen im Abgassystem und deren Effizienzeinbußen durch Wandanlagerungen bei niedrigen Temperaturen aufgegriffen.

2.1.1 Abgasnachbehandlung bei Ottomotoren

Neben primären Strategien wie der Optimierung des Thermomanagements, der Reibungsminderung, der Elektrifizierung von Nebenaggregaten und dem Einsatz von alternativen Kraftstoffen stehen heutzutage vor allem sekundäre Maßnahmen wie die Effizienzsteigerung von Abgasnachbehandlungssystemen im Fokus. Ein großer Anteil an gasförmigen Emissionsbestandteilen ist vorwiegend beim Motorstart mit kalten Bauteiltemperaturen zu detektieren [Boulter, 1997]. Demnach nimmt die Light-Off Temperatur als unterer Schwellenwert für die Aktivierung eines Drei-Wege-Katalysators mit aktueller Gesetzgebung einen wichtigen Stellenwert ein [Tschöke, 2019]. Besonders die katalytische Reaktion zur Reduktion bzw. Oxidation von reglementierten Abgasemissionen in Abgaskatalysatoren setzt bei Ottomotoren ein bestimmtes Temperaturniveau voraus. Weiterführend entsteht bei nicht betriebswarmen Motoren ein Großteil an ultrafeinen, lungengängigen Partikeln, die bei direkteinspritzenden Ottomotoren auf die relativ kurze Gemischaufbereitungszeit zurückzuführen sind [Tschöke, 2019]. Die zusätzliche Einbindung eines Ottopartikelfilters ist insbesondere bei Motorkaltstarts neben innermotorischen Maßnahmen im Hinblick auf zukünftige regulatorische und gesellschaftliche Anforderungen die aussichtsreichste Lösung zur Reduktion der Partikelanzahl.

Chan et al. untersuchten die Partikelemissionen eines Fahrzeuges mit Benzindirekteinspritzung (GDI) im Vergleich zu den Emissionen bei zusätzlich verbautem GPF sowie eines Fahrzeuges mit Einlasskanaleinspritzung (PFI) unter Einsatz eines Zertifizierungskraftstoffes (E0 und E10) für die Testzyklen FTP-75 und US06 bei niedrigen Umgebungstemperaturen von 22 °C bis -18 °C auf einem Rollenprüfstand. Dabei lässt sich generell festhalten, dass der Kraftstoffverbrauch mit abnehmender Umgebungstemperatur sowie bei aggressiverem Fahrverhalten stark zunimmt. Unter allen Prüfbedingungen ist ferner ein erhöhter Kraftstoffbedarf beim PFI-Fahrzeug festzustellen, was sich letztlich wiederum auch auf die Emissionen auswirkt. Während die emittierten, unverbrannten Kohlenwasserstoffe (THC) bei beiden Fahrzeugvarianten unter Verwendung von E0 über den Fahrzyklus US06 bei abnehmender Umgebungstemperatur leicht ansteigen, werden im Rahmen des FTP-75 Fahrzyklus bei kalten Umgebungstemperaturen von -18 °C um das 20-fache höhere THC-Emissionen als bei Standardtemperaturen von 22 °C ermittelt. Ferner sind unter Einwirkung kalter Umgebungstemperaturen auch erhöhte Partikelemissionen beim Motorkaltstart mit E0 als Kraftstoff zu analysieren. Während die Feststoffpartikelanzahlmission für das PFI-Fahrzeug beim Motorkaltstart im Rahmen des FTP-75 Testzyklus um das 10-fache höher liegt als bei Standardtemperaturen, ist im Vergleich dazu ein Anstieg um 43 % der Feststoffpartikelanzahl beim GDI-Fahrzeug bei Motorkaltstart zu verzeichnen. Unter Einbeziehung eines Ottopartikelfilters (GPF) beim GDI-Fahrzeug unter gleichen Messbedingungen lassen sich die Partikelemissionen auch im Rahmen von Motorkaltstarts signifikant reduzieren. Im Vergleich mit dem GDI-Fahrzeug ist dabei unabhängig von der Umgebungstemperatur die Feststoffpartikelanzahlmission unter Einbezug eines GPF um einen Faktor von bis zu 1/11 niedriger. Tiefe Umgebungstemperaturen nehmen hingegen eher Einfluss auf die ultrafeinen Partikel. Bezogen auf die Partikelmasse lässt sich bei Verwendung eines Ottopartikelfilters eine zunehmende Partikelfiltrationseffizienz beim Motorkaltstart unter niedrigeren Umgebungstemperaturen festhalten. Während die Filtrationseffizienz beim FTP-75 Fahrzyklus bei Standardtemperaturen bei 62 % liegt, sind bei tiefen Temperaturen von -18 °C bis zu 92 % möglich. Bei Betrachtung der Partikelanzahl-basierten Filtrationseffizienz variiert der Wert von 85 % bei Standardtemperaturen bis 80 % bei tiefen Temperaturen. Dabei ist der Einfluss der GPF-Regeneration während des Testzyklus auf die Filtrationseffizienz herauszustellen [Chan et al., 2013].

2.1.2 Abgasnachbehandlung bei Dieselmotoren

Die im Vergleich zum stöchiometrisch betriebenen Ottomotor deutlich magerere Betriebsweise eines Dieselmotors führt zu signifikant geringeren Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxid-Emissionen. Der Einsatz eines Dieseloxydationskatalysators (DOC) ermöglicht damit eine nahezu vollständige Oxidation von HC- sowie CO-Bestandteilen im Abgas in Abhängigkeit der Bauteiltemperatur. Bei einem vorliegenden Sauerstoffüberschuss wird darüber hinaus

Stickstoffmonoxid (NO) zu Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert und begünstigt damit erst die Funktionalität der Abgasnachbehandlungssysteme nach DOC [Deutschmann und Grunwaldt, 2013]. Wie bei den Drei-Wege-Katalysatoren bei Ottomotoren (Kapitel 2.1.1) ist auch beim Dieseloxydationskatalysator die katalytische Reaktion zur Oxidation der Abgasemissionen (THC und CO) im DOC temperaturabhängig.

Boll et al. untersuchten hierzu den Alterungseffekt von seriennahen Abgaskatalysatoren auf Platinbasis (DOC) mit unterschiedlichen Edelmetallbeschichtungen und hydrothermalen Alterungsverfahren im Zusammenhang mit dem Oxidationsverhalten von CO, C₃H₆ und NO sowie Varianz der Partikelgrößen bei verschiedenen Abgastemperaturen. Dabei kann einerseits festgehalten werden, dass bei Variation der CO-Konzentration zwischen 400 ppm und 800 ppm bei verwendetem Analysegas mit 10 % H₂O, 6,7 % CO₂ und 12 % O₂ unabhängig von der Platinbeladung des DOC eine vergleichbare Konvertierungsrate bei zunehmender Gastemperatur vorliegt. Ein ähnliches Verhalten der Konvertierungsrate ist auch bei Untersuchungen der Oxidation von Stickstoffmonoxid bei Variierung der Platinbeladung, der Gastemperatur sowie der Konzentration an NO mit 250 ppm bzw. 500 ppm festzuhalten. Hierzu sind allerdings jeweils Bauteiltemperaturen von über 100 °C (Light-Off - Temperatur) vorauszusetzen. Mit steigenden Gastemperaturen über 300 °C nimmt die Konvertierung von NO hingegen wieder ab. Bei Untersuchungen der Konvertierungsrate von Kohlenwasserstoffen am Beispiel von C₃H₆ in Abhängigkeit der Platinbeschichtung des DOC lässt sich hingegen bei zunehmender C₃H₆-Konzentration eine Abhängigkeit von der Gastemperatur feststellen. Während bei einem Analysegas mit einer definierten C₃H₆-Konzentration von 60 ppm teilweise bei Temperaturen über 100 °C die Konvertierungsrate bei nahe 100 % liegt, sind mit abnehmender Platinbeladung des DOC bei gleichzeitiger Zunahme der C₃H₆-Konzentration auf 300 ppm für eine vollständige Oxidation der Kohlenwasserstoffe Bauteiltemperaturen über 150 °C notwendig. Dieseloxydationskatalysatoren mit verringerter Platinbeschichtung hingegen ermöglichen darüber hinaus eine Verschiebung der Partikelgrößenverteilung zu kleineren Partikeln. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass erst bei Temperaturen über 100 °C eine Konvertierung der Emissionen am Beispiel von NO, CO und C₃H₆ in CO₂, H₂O, N₂ und O₂ einsetzt. Zur Emissionsminderung bei Fahrzeugen mit Dieselmotoren ist demnach vor allem beim Motorkaltstart ein vorzeitiger Aufheizprozess der Abgasnachbehandlungskomponenten anzustellen [Boll et al., 2010].