

## **8 Zusammenfassung und Ausblick**

Im Rahmen der On-Board-Diagnose (OBD) müssen alle Komponenten und Systeme, die bei Fehlfunktion zu einer Verschlechterung der Abgasemissionen führen, während des Fahrzeugbetriebs überwacht werden. Fehlerhafte Komponenten werden anhand von Diagnosefunktionen ermittelt, die konsequent weiterentwickelt werden müssen, um die immer strengeren gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Applikation, die eine robuste Gut- bzw. Schlechterkennung ermöglichen muss und die Diagnose an bestimmte Betriebszustände (Einschaltbedingungen) des Motors bindet.

Aufgrund der immer komplexer werdenden Funktionalität von Motorsteuerungen und der zunehmenden Anzahl der Fahrzeugvarianten und Diagnosen wurde in dieser Arbeit eine Automatisierung der Applikation am Beispiel der Katalysatordiagnose umgesetzt. Dies führt zu einer erheblichen Zeitersparnis für den Applikationsingenieur und zu einer Verkürzung der Entwicklungszeit.

Dazu wurden die zu ermittelnden Parameter der Katalysatordiagnosefunktion identifiziert und deren Einflüsse auf die Diagnose untersucht. Der wichtigste Parameter ist das Grenzkat-Kennfeld Cat1.KFOSCD, über dessen Werte zwischen Gut- und Schlechtkat unterschieden wird. Das Kennfeld ist über die Achsen Abgasmassenstrom und Katalysatortemperatur aufgespannt und beinhaltet die Sauerstoffspeicherfähigkeit eines Grenzkatalysators, bei dem ca. 150 % der vorgeschriebenen Abgasgrenzwerte im Fahrzyklus gemessen werden. Das vorderrangige Ziel der Applikation ist die Bestimmung dieses Kennfelds. Dafür wurde mit ECU-TEST ein automatisiertes Verfahren entwickelt, welches anhand unterschiedlicher Testabläufe bestimmte Betriebspunkte des Motors anfährt und die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators vermisst. Die automatisierten Testabläufe können am Motorprüfstand durchgeführt werden und beinhalten folgende Messverfahren:

- Stationäre Messungen bei Regelung auf einen konstanten Abgasmassenstrom oder Drehzahl-Last-Punkt.
- Dynamische Messungen bei Aufheizen bzw. Abkühlen des Katalysators und Regelung auf einen konstanten Abgasmassenstrom.

Mit Hilfe einer automatisierten Auswertung im Kennfeldrechner können die Messdaten verarbeitet werden. Die Auswertung liefert folgende Ergebnisse:

- Verteilung der OSC-Messpunkte im Kennfeld mit den Achsen Abgasmassenstrom und Katalysatortemperatur
- Auswertung des Katalysatortemperaturmodells

- Approximation der Messpunkte durch eine Fläche
- Statistische Auswertung der Messdaten relativ zur approximierenden Fläche nach den Kriterien Häufigkeit, Flächenmittelpunkt, RMSE und relativer RMSE
- Iterative Ermittlung von optimalen Einschaltbedingungen durch Filterung der Messdaten und wiederholte statistische Auswertung
- Erstellung des Grenzkat-Kennfelds Cat1.KFOSCD
- Bewertung der Lambdasprunghöhe in der Magerphase

Zuletzt kann die Katalysatordiagnose im gesetzlich vorgeschriebenen Fahrzyklus optimiert werden, indem die Bedingungen zur Diagnoseaktivität individuell nach applizierbaren Einschaltbedingungen berechnet werden können. Zudem sind Rückschlüsse auf die Diagnosehäufigkeit und die optimalen Werte einiger Diagnoseablauf-Parameter möglich.

Die drei Hauptschritte der Applikationsautomatisierung OSC-Vermessung, Auswertung und Applikation im Fahrzyklus konnten erfolgreich einzeln automatisiert bzw. teilautomatisiert werden. Bei vielen Teilschritten ist das Expertenwissen des Applikateurs nötig, um bestimmte Abläufe zu parametrieren (z.B. Zusammenstellung und Parametrierung der Testabläufe, Kennfeldbearbeitung bei der automatisierten Auswertung), so dass der Ingenieur nicht komplett durch die Automatisierung ersetzt werden kann. Sie ist so aber auch flexibler, trägt im erheblichen Maße zur Unterstützung und Zeitersparnis bei und führt zu reproduzierbaren Ergebnissen.

Das große Potential der Applikationsautomatisierung wird in Zukunft bei weiteren On-Board-Diagnosen genutzt werden. Die in dieser Arbeit entwickelte Applikationsmethodik kann einen Teilbeitrag dazu leisten, obwohl die Applikationsverfahren und Auswertungen sehr diagnosespezifisch sind. Lambdasondendiagnosen beispielsweise werden anhand eines Drehzahl-Last-Kennfelds appliziert, welches mit der in dieser Arbeit entwickelten Methode zur Regelung von stationären Drehzahl-Last-Punkten vermessen werden kann. Auch die im Rahmen der automatisierten Auswertung entwickelten Statistikverfahren und Standarddarstellungen können zur Visualisierung von Applikationsergebnissen beitragen.

Eine effektive Messdatenerfassung kann durch die Automatisierung auf dem Motorprüfstand erzielt werden, welche in dieser Arbeit erfolgreich umgesetzt wurde. Die Herausforderung kommender Motorengenerationen besteht in der immer schnelleren Entwicklung bei gleichzeitiger Kostenersparnis und gleich bleibender Qualität. Gerade der Motorprüfstand bietet diese Möglichkeiten, da reproduzierbare Ergebnisse in automatisierbaren Testabläufen gewonnen werden können. Ein Ziel könnte sein, die Applikation der OBD bei gegebenen

Kapazitäten immer weiter vom Fahrzeug auf den Motorprüfstand zu verlagern und nur noch die Validierung und die Abgastests im Fahrzeug durchzuführen.