

# Entwicklung eines Simulationsmodells für die hochfrequenz- gestützte Zustandsdiagnose von Drei-Wege-Katalysatoren

Vladimir Malashchuk, M. Sc.

## Zusammenfassung

Um die gesetzlich vorgegebenen Emissionsgrenzwerte für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor einzuhalten, werden bei stöchiometrisch betriebenen Otto-Motoren sog. Dreiwege-Katalysatoren eingesetzt. Für hohe Umsatzraten der Schadstoffe ist die Kenntnis der momentanen Sauerstoffbeladung im aktiven Washcoat erforderlich. Bisherige Messmethoden basieren auf indirekten Verfahren, wie z.B. einer Sauerstoffbilanzierung in Kombination mit Lambda-Sonden im Abgasstrang. Eine neue Herangehensweise ist die direkte Messung der Sauerstoffbeladung mittels der Mikrowellenresonator-Störungsmethode.

In dieser Arbeit wurde ein kommerzieller Drei-Wege-Katalysator mit dem Durchmesser von 4,66 Zoll hinsichtlich seiner Sauerstoffspeicherfähigkeit charakterisiert. Hierfür wurden Oxidations- und Reduktionsversuche mit Sauerstoff/Stickstoff bzw. Wasserstoff/Stickstoff-Gemischen bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt. Während der Messungen wurde die Luftzahl  $\lambda$  mit vor und hinter dem Katalysator installierten Lambda-Sonden überwacht. Gleichzeitig wurden die Hochfrequenzparameter mit Hilfe eines Netzwerkanalysators aufgezeichnet und anschließend mit den Signalen der Lambda-Sonden korreliert.

Während der Oxidation des Katalysators erhöhte sich die Resonanzfrequenz und während der Reduktion erniedrigte sich diese auf den ursprünglichen Wert. Entgegengesetztes Verhalten wurde beim inversen Gütefaktor beobachtet. Die Änderungen der Resonanzfrequenz und des inversen Gütefaktors lassen sich auf die Änderungen der elektrischen Permittivität sowie der Leitfähigkeit im Ceroxid zurückführen. Im oxidierten Materialzustand weist das Ceroxid eine niedrigere Leitfähigkeit und eine niedrigere Permittivität als im reduzierten Zustand auf.

Für ein besseres Verständnis des Einflusses der Materialeigenschaften auf die Resonanzfrequenz und den inversen Gütefaktor wurde ein Modell in COMSOL Multiphysics 5.4 erstellt. Unter der Berücksichtigung der Strömung und des Massentransportes der einzelnen Gaskomponenten wurden auch chemische Reaktionen im Washcoat sowie die Sauerstoffein- und -auspeicherung in Abhängigkeit der Temperatur simuliert. Für die Simulation erforderlichen Materialkennwerte sowie kinetische Parameter wurden der Literatur entnommen. Als Ergebnis der Simulation konnte das grundsätzliche Katalysatorverhalten mit dem Modell nachgebildet werden. Die absoluten Werte für die Resonanzfrequenz sowie den inversen Gütefaktor für den vollständig reduzierten bzw. oxidierten Katalysator stimmen mit den gemessenen Werten hervorragend überein.

### Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Ralf Moos

Telefon: +49 921 55 7401

E-Mail: [Funktionsmaterialien@Uni-Bayreuth.de](mailto:Funktionsmaterialien@Uni-Bayreuth.de)