

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>i</b>
<b>Summary</b>	<b>iii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 NH <sub>3</sub> -SCR-Abgasnachbehandlung	3
2.1.1 Reaktionen und Grundlegendes	3
2.1.2 SCR-Katalysatormaterialien	5
2.2 Hochfrequenzgestütztes Messverfahren	7
2.3 Stand der Technik	10
2.3.1 Abgasnachbehandlungssysteme für Dieselmotoren	10
2.3.2 Harnstoffdosierung und NH <sub>3</sub> -Durchmischung	14
2.3.3 Regelung eines SCR-Systems	16
2.3.4 Hochfrequenzgestützte Zustandsdiagnose in der Abgasnachbehandlung	17
<b>3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit</b>	<b>19</b>
<b>4 Experimentelle Methoden</b>	<b>21</b>
4.1 Untersuchte SCR-Katalysatoren	21
4.2 Hochfrequenzgestütztes Messverfahren und Datenanalyse	24
4.3 Synthesegasprüfstand	26
4.4 Motorprüfstand	28
4.5 Regelungssystem zur Harnstoffdosierung	30
4.6 Finite-Elemente-Modellierung	32
4.6.1 Hohlraumresonatoren	32
4.6.2 Modellbasierte Permittivitätsbestimmung aus Messdaten	34
<b>5 Studie zur Eignung aktueller SCR-Katalysatoren am Synthesegasprüfstand</b>	<b>37</b>
5.1 Grundlegende Betrachtung von Einflussgrößen auf die NH <sub>3</sub> -Beladungserkennung	37
5.1.1 NH <sub>3</sub> -Konzentration und Temperatur	37
5.1.2 NH <sub>3</sub> -Oxidation bei metallkationenausgetauschten Zeolithen	42
5.1.3 Einfluss von Kohlenwasserstoffen, Wasserstoff und Kohlenmonoxid	47

5.1.4 Vergleich der Materialeffekte und Ansatz zur Permittivitätsabschätzung	50
5.2 Charakterisierung neuer und gealterter Serien- und Forschungskatalysatoren	61
5.2.1 Testverfahren	61
5.2.2 Chemische Charakterisierung	65
5.2.3 Hochfrequenzsignal und Feuchteinfluss	72
5.3 Zusammenfassende Betrachtung der Eignungsstudie	77
<b>6 Untersuchungen am Motorprüfstand unter stationären Bedingungen</b>	<b>79</b>
6.1 Beobachtungen am HF-geregeltem SCR-System	79
6.1.1 Funktionstest und Einfluss der Harnstoffdosiererrate	79
6.1.2 Stöchiometrische Harnstoffdosierung	82
6.1.3 Einfluss der $\text{NH}_3$ -Beladung auf den Katalysatorumsatz	83
6.1.4 Temperaturabhängigkeit des Hochfrequenzsignals	89
6.1.5 Abgasfeuchte und Kaltstartwasser	90
6.2 Vergleichende Diskussion des Hochfrequenzsignals und von Alterungseffekten	94
6.2.1 Temperaturabhängigkeit des HF-Signals auf $\text{NH}_3$ -freie Katalysatoren und dessen $\text{NH}_3$ -Empfindlichkeit	94
6.2.2 $\text{NH}_3$ -Speicherfähigkeit, $\text{NO}_x$ -Umsatz und Zielkurve für transienten Betrieb	98
6.2.3 Kaltstartverhalten	101
6.3 Zusammenfassende Betrachtung der stationären Motorversuche	107
<b>7 Transiente Versuche am Motorprüfstand mit automatischer HF-geregelter Harnstoffdosierung</b>	<b>109</b>
7.1 Transienter Testzyklus	109
7.2 Einfluss der $\text{NH}_3$ -Zielbeladung auf den $\text{NO}_x$ -Umsatz	112
7.2.1 Analyseverfahren	112
7.2.2 Anwendung verschiedener Ansätze der $\text{NH}_3$ -Zielbeladung	116
7.2.3 Vergleich des Umsatzverhaltens von neuen und gealterten Katalysatorsystemen	120
7.3 Betrachtung von Quereinflüssen auf das HF-Signal und Ansatz zur HF-Signalkorrektur	125
7.4 Zusammenfassende Betrachtung der transienten Versuche am Motorprüfstand	129
<b>8 Modellierung des SCR-Katalysatorsystems</b>	<b>131</b>
8.1 Aufbau des chemischen Modells	131
8.2 Anpassung der Modellparameter an Synthesegasmessungen	134
8.3 Übertragung des Modells auf Motorprüfstandsversuche	141
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>145</b>
<b>Anhang</b>	<b>151</b>
A Kalibrierfunktionen des HF-Systems am Motorprüfstand	151

<b>Abkürzungen und Symbole</b>	<b>155</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>159</b>
<b>Verzeichnis eigener Publikationen</b>	<b>173</b>
<b>Danksagung</b>	<b>177</b>
<b>Lebenslauf</b>	<b>179</b>