

6 Zusammenfassung und Ausblick

Dieselpartikelfilter sind im Abgasstrang von Kraftfahrzeugen in zylindrischen Metallgehäusen verbaut. Da diese Gehäuse elektrisch leitfähig sind, wirken sie als Hohlraumresonator für elektrische Wellen. Die Wellen können sich dort bei bestimmten Frequenzen, den sog. Resonanzfrequenzen, als stehende Wellen und somit äußerst verlustarm ausbreiten. Unterhalb einer Grenzfrequenz sind die Wellen nicht ausbreitungsfähig, was sich in enormen Dämpfungen zwischen Eingangs- und Ausgangssignal bemerkbar macht. Der Hohlraumresonator kann auch als Zweitor betrachtet werden. Bei Messung der Streuparameter, im vorliegenden Fall von $|S_{21}|$, kann auf die Dämpfung der Resonatoren geschlossen werden und die Resonanzfrequenzen können dabei bestimmt werden. Durch die im Betrieb zunehmende Beladung mit Rußpartikeln verändern sich die frequenzabhängigen Dämpfungen und dabei vor allem auch die Lage und der Betrag der Resonanzfrequenzen.

Die Einheit aus DPF und Metallgehäuse kann auch als Übertragungskanal für Funksignale verwendet werden. Dazu wird in dieser Arbeit ein kostengünstiges Kommunikationssystem aus zwei baugleichen Transceiver ICs entworfen. Ein Transceiver fungiert dabei als Sender-, der andere als Empfängermodul. Über einen Mikrocontroller erfolgt die Ansteuerung und Auswertung. Aufgrund von Störsignalen, die vom Sendemodul ausgehend in die Datenleitungen des SPI einkoppeln und dort abstrahlen, muss ein räumlich getrennter Aufbau mit zwei MCU und zwei PCs umgesetzt werden. Dies dient dazu, dass nur das Signal, welches sich über den Übertragungskanal DPF ausbreitet, empfangen und ausgewertet wird. So werden die empfangenen Bytes und Pakete mit den gesendeten verglichen und auf Bitfehler, die bei der Übertragung inklusive Modulation und Demodulation entstehen, untersucht. Als Prüfkörper stehen dazu drei baugleiche DPF-Gehäuse-Einheiten zur Verfügung, die sich lediglich in der Rußpartikelbeladung der Filter unterscheiden. Diese sind ein unbeladener, ein mit 4,6 g und ein mit 13,6 g Ruß beladener DPF. Bei der Messung der Dämpfung ($|S_{21}|$) mittels NWA kann aufgezeigt werden, dass sich die Resonanzfrequenzen mit zunehmender Beladung zu niedrigeren Frequenzen hin verschieben. Außerdem ist bei zunehmender Beladung eine höhere Dämpfung bei den Resonanzfrequenzen sichtbar. Das Funkmodul kann jedoch nur zwischen 290 und 1020 MHz senden, was unterhalb der ersten Resonanzfrequenzen der Prüfkörper und teilweise gar im Bereich der Grenzfrequenzen der Resonatoren liegt. Bei 868, 915 und 1010 MHz ist eine Abbildung der gemessenen Dämpfungsunterschiede auf die Fehlerraten möglich, wobei die Dämpfungsverhältnisse hier umgekehrt zur ersten Resonanzfrequenz sind. Der höchstbeladene Filter hat dort die geringste Dämpfung. Dies lässt sich auch an den Fehlerraten ablesen. Die Unterschiede der gemessenen Dämpfungen (in dB) lassen sich teilweise, jedoch nicht immer präzise, durch die Variation der Sendeleistung

(in dBm) abbilden. Somit ist bei diesen Frequenzen eine Beladungserkennung, bei vorliegender Kenntnis über die Dämpfungsverhältnisse bei der jeweiligen Frequenz, möglich.

Bei der Modulation des Sendesignals fällt auf, dass bei einer FSK-Modulation besonders der Modulationsindex und die zusätzliche Gaußfilterung des binären Signals Auswirkungen auf die Entstehung von Bitfehlern haben. Eine leichte Erhöhung des Modulationsindex reduziert die Bitfehler bereits auf ein Minimum. Die zusätzliche Gaußfilterung erhöht die Fehlerraten deutlich mit abnehmendem BT. Eine Modulation des Signals mittels OOK führt zu keinen aussagekräftigen Fehlerraten, da hier keine Einzelbitfehler auftreten. Es werden ganze Pakete, wie dies teilweise auch bei der FSK-Modulation der Fall ist, falsch übertragen. Da dies jedoch nur in geringem Ausmaß geschieht, die Fehlerraten marginal sind und es nicht von der jeweiligen Dämpfung abhängt, kann mit dieser Modulation bei bestehendem Versuchsaufbau keine Beladungserkennung erfolgen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass mittels einfacher, leistungsarmer und kostengünstiger Technik, in diesem Fall Transceiver ICs und Mikrocontroller, eine Beladungserkennung für DPF durchaus möglich ist. Es muss darauf geachtet werden, bei welcher Frequenz gemessen wird und wie sich dort die Dämpfung des Resonators bei zunehmender Beladung verhält. Bei ausgewählten Frequenzen lassen sich die Dämpfungsunterschiede, die mittels teurer Labormesstechnik (NWA) vermessen werden, auf die Fehlerraten der Transceiver abbilden.

Interessant wäre eine Messung mittels Transceiver ICs im Bereich der Resonanzfrequenzen. Da dort die Dämpfungsunterschiede größer sind, sollten auch deutlichere Unterschiede in den Fehlerraten sichtbar werden. Auch eine PSK-Modulation, mit anderen Transceivermodulen, kann noch betrachtet werden. Für einen Einsatz im Abgasstrang müssen Umwelteinflüsse, wie Abgastemperatur und die Messung im Betrieb weiter untersucht werden. Dort können die gemessenen Fehlerraten, während einer zunehmenden Rußbildung in einem DPF, mit den hier gewonnenen Ergebnissen verglichen werden. Auch interessant ist, ob bei einer Messung von beschichteten DPF, bspw. mit Platin, ähnliche Ergebnisse erzielt werden können.