

1 Einleitung

In modernen Kraftfahrzeugen kommt eine zunehmende Anzahl elektrischer und elektronischer Systeme zum Einsatz. Dadurch stellt die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ein sehr relevantes Thema bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugen dar. Die Elektromagnetische Verträglichkeit ist in [VDE 0870] definiert als die „Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen“. Zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit werden daher Prüfungen zur Ermittlung der Störfestigkeit und der Störaussendung an Kraftfahrzeugen durchgeführt. Ziel ist es, Beeinflussungen elektrischer und elektronischer Systeme innerhalb und außerhalb des Kraftfahrzeugs feststellen zu können und entsprechende Abhilfemaßnahmen zu treffen.

Bei einer Störaussendungsprüfung werden zum Einen die gesetzlichen Anforderungen an die Fernentstörung der Kraftfahrzeuge [UN/ECE R10] auf ihre Einhaltung hin geprüft. Des Weiteren wird so sichergestellt, dass der Rundfunkempfang im Kraftfahrzeug nicht durch die eigene Störaussendung des Kraftfahrzeugs beeinträchtigt wird. Um Letzteres sicherzustellen, finden Grenzwerte nach [CISPR 25] oder Derivate davon bei Herstellern von Kraftfahrzeugen Anwendung. Die Erfassung und Bewertung von Rundfunkempfangsbeeinträchtigungen durch Funkstörungen auf Grund elektromagnetischer Unverträglichkeit stellt den Kernpunkt dieser Arbeit dar.

Zum Schutz des Rundfunkempfangs wurden über die Jahre hinweg zahlreiche Prüfverfahren und Messgeräte entwickelt. Zur Bewertung der Störungen in Radioempfängern mit ursprünglicher AM-Modulation wurden speziell an den Störeindruck angepasste Messverfahren und Grenzwerte entwickelt, die in fast jedem Funkstörmessempfänger implementiert sind (sogenannte CISPR-16 EMI-Receiver). Nach der Demodulation liefert ein Funkstörmessempfänger als Anzeige eine bewertete Störspannung. Diese Bewertung durch Funkstörmessempfänger wird seit Jahrzehnten praktiziert und ist in Standards festgeschrieben.

In der jüngsten Vergangenheit kamen immer mehr digitale Rundfunkdienste auf, die sich insbesondere hinsichtlich Modulationsverfahren und Frequenzallokation von analogen Rundfunkdiensten unterscheiden. Damit ändert sich auch die Einflussnahme der Funkstörungen auf den empfangenen Rundfunksignalinhalt. Der klassische Funkstörmessempfänger bzw. seine Bewertung weist deshalb Unterschiede zum Störeindruck beim tatsächlichen Rundfunkempfänger im Fahrzeug auf. Die derzeitige Verwendung des Funkstörmessempfängers und die damit einhergehende Bewertung der Funkstörungen entsprechen häufig nicht mehr den tatsächlich auftretenden Empfangsbeeinträchtigungen.

Als Abhilfe kommt die in dieser Arbeit vorgestellte neue Prüfmethode in Frage, bei der die tatsächlichen Empfangsbeeinträchtigungen auf ein Nutzsignal bewertet werden. Die Bewertung des Rundfunksignals (sowohl Hörfunk als auch Fernsehen) findet nach der Demodulation im Basisband statt. Diese Methode ist damit von der Modulationsart und dem Rundfunkdienst unabhängig, es sind lediglich entsprechende Geräte im Prüfaufbau notwendig. Zusätzlich werden die spezifischen Eigenschaften der im Fahrzeug verwendeten Rundfunkempfänger berücksichtigt.

Zunächst wird das Rundfunkempfangssystem im Kraftfahrzeug, das als Störquelle betrachtet wird, vorgestellt. Im darauf folgenden Kapitel wird auf die Erfassung von Funkstörungen, beginnend beim Prüfaufbau über die Messgeräte bis hin zu Störmodellen und der Bewertung von Störsignalen, eingegangen. Das nächste Kapitel erläutert die Vielfalt zu schützender analoger und digitaler Rundfunksignale. Der Gegenstand dieser Arbeit wird im darauffolgenden Kapitel vorgestellt: eine neue Prüfmethode, bei der die tatsächliche Empfangsbeeinträchtigung eines Rundfunkempfangssignals durch Funkstörungen für prinzipiell alle Rundfunkdienste im Kraftfahrzeug ermittelt werden kann. Dieses Kapitel gliedert sich in die Beschreibung des benötigten Prüfaufbaus, den Ablauf der Prüfung, die Bewertung der Empfangsbeeinträchtigung und der dazu erstellten Bediensoftware. Für digitale und analoge Hörfunksignale wurden die instrumentellen Audioqualitätsbewertungsverfahren PESQ und PEAQ zur Bewertung von Empfangsbeeinträchtigungen verwendet, während bei digitalen Fernsehsignalen eine effiziente Bewertung durch eine Testperson Anwendung fand. Zusätzlich zur Bewertung der Empfangsbeeinträchtigung wird mit dem Prüfaufbau eine Störsignaldämpfung ermittelt, die für eine definierte Empfangsqualität angewandt werden muss. Nach der Vorstellung der neuen Prüfmethode werden Beispiele für die Anwendung der Prüfmethode gegeben, bei denen generische aber auch reale Funkstörungen, die in Kraftfahrzeugen auftreten können, untersucht wurden. Zur grafischen Gegenüberstellung der Störsignaldämpfung, die mit dem neuen Prüfaufbau ermittelt wurde, und der Störsignalbewertung durch die Detektoren eines Funkstörmeßempfängers werden in dieser Arbeit Scatter-Plots als geeignetes Werkzeug eingeführt. Diese Darstellung ermöglicht neben der Visualisierung vieler einzelner Messwerte zusätzlich eine Hilfestellung zur Definition von Grenzwerten für die unterschiedlichen Detektoren. Als Alternative zur Verwendung der vorgestellten Prüfmethode mit einem Prüfaufbau wird ein Ansatz mittels Softwaresimulation im vorletzten Kapitel vorgestellt. Abschließend wird das Resümee gezogen mit einem möglichen weiteren Zukunftsblick.