

# **International Exhibition and Conference on Electromagnetic Compatibility (EMV 2020)**

Creating a Compatible Future

Cologne, Germany  
17 – 19 March 2020

ISBN: 978-1-7138-1587-7

**Printed from e-media with permission by:**

Curran Associates, Inc.  
57 Morehouse Lane  
Red Hook, NY 12571



**Some format issues inherent in the e-media version may also appear in this print version.**

Copyright© (2020) by Mesago Messe Frankfurt GmbH  
All rights reserved.

Printed with permission by Curran Associates, Inc. (2021)

For permission requests, please contact Mesago Messe Frankfurt GmbH  
at the address below.

Mesago Messe Frankfurt GmbH  
Rotebuehlstrasse 83-85  
70178 Stuttgart Germany

Phone: 49 711 619 460  
Fax: 49 711 619 4690

[info@mesago.com](mailto:info@mesago.com)

**Additional copies of this publication are available from:**

Curran Associates, Inc.  
57 Morehouse Lane  
Red Hook, NY 12571 USA  
Phone: 845-758-0400  
Fax: 845-758-2633  
Email: [curran@proceedings.com](mailto:curran@proceedings.com)  
Web: [www.proceedings.com](http://www.proceedings.com)

# Inhaltsverzeichnis

## Awardnominierungen EMV 2020

YE: nominiert für den Young Engineer Award

BP: nominiert für den Best Paper Award

### Sensoren

- Modellierung und Validierung einer isotropen Magnetfeldsonde** 3  
Marcel Messer, AUDI AG
- Einfluss parasitärer Effekte einer Rahmenantenne bei Magnetfeldmessungen unter 30 MHz** 11  
Maik Rogowski, Prof. Dr. Heyno Garbe, Leibniz Universität Hannover
- Statisches Verfahren zur Kalibrierung von luftgeschützten VHF-Messantennen** 19  
Karsten Schubert, Prof. Dr. Jens Werner, Prof. Dr. Jens Wellhausen, Yannik Schildt, Oliver Diedrich, Martin Kumm, Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth
- Herstellung von EMV-Messantennen mittels 3D-Druck** 27  
Prof. Dr. Harm-Friedrich Harms, Gabriel Ott, Prof. Dr. Gavin Kane, Hochschule Emden/Leer; Javad Heidari, University of Tehran

### Ladeinfrastruktur

- Ursache von Gleichtaktstörströmen in induktiven Ladesystemen (WPT-Systeme) und Vergleich zwischen gemessenen Störströmen mit der Feldstärkemessung** 37  
Dr. Christof Ziegler, Dr. Stefan Weber, TDK Electronics AG; Georg Heiland, Finepower GmbH
- Modellierung von Wireless Power Transfer (WPT) Systemen zur Analyse der magnetischen Feldemissionen** 47  
Manuel Haug, Michael Beltle, Dr. Stefan Tenbohlen, Universität Stuttgart
- Entwicklung einer Ersatzlast zur Nachbildung des Fahrzeugs bei Emissionsmessungen an induktiven Ladesystemen** 55  
Dr. Sebastian Jeschke, Marc Maarleveld, Jörg Bärenfänger, EMC Test NRW GmbH; Amelie Burkert, Prof. Dr. Benedikt Schmülling, Bergische Universität Wuppertal

<b>Störfestigkeitsanforderungen an die Auslegung der PLC-Schnittstelle für das konduktive Laden von Elektrofahrzeugen</b>	63
Matthias Trebeck, Westsächsische Hochschule Zwickau; Dr. Bernd Körber, Norman Müller, Thomas Opp, Forschungs- und Transferzentrum e. V. an der WHZ; Prof. Dr. Matthias Richter, Westsächsische Hochschule Zwickau	

## **Normung und Regulierung**

<b>Neue Anforderungen zur Störspannung 9 kHz – 150 kHz incl. neuer integrierter Grenzwerte aus CIS/H/JWG-6</b>	73
Frank Deter, Miele & Cie. KG; Cédric Lavenu, EDF – R&D; Thilo Kootz, Bundesnetzagentur	
<b>Diskussion des in CISPR 32 eingeführten Höhenscans bei der Emissionsmessung oberhalb 1 GHz</b>	81
Prof. Dr. Sven Battermann, Fachhochschule Bielefeld; Kurt Hemmerlein, Bundesnetzagentur	
<b>Charakterisierung eines Referenztestaufbaus für die HPEM-Normenentwicklung</b>	89
Dr. Thorsten Pusch, Dr. habil Michael Suhrke, Benjamin Jörres, Fraunhofer INT	
<b>Anwendung der neuen Funkanlagenrichtlinie (RED) 2014/53/EU für ortsfeste Anlagen</b>	97
Volker Briddigkeit, CETECOM GmbH	

## **In-Situ Messungen**

<b>Erweiterte Analysemethoden zur Unterscheidung der Prüflingsemissionen von überlagerten Umgebungsstörungen bei in-situ Messungen</b>	105
Tobias Groß, Jens Medler, Rhode & Schwarz GmbH & Co.KG	
<b>Bestimmung der Fernfeldregion von Windkraftanlagen</b>	111
Sven Fisahn, Prof. Dr. Heyno Garbe, Hoang Duc Pham, Sergei Sandmann, Leibniz Universität Hannover; Sebastian Koj, IAV GmbH	
<b>Analyse der Feldverteilung von Windkraftanlagen</b>	113
Cornelia Reschka, Prof. Dr. Heyno Garbe, Leibniz Universität Hannover; Sebastian Koj, IAV GmbH	
<b>Potentiale der kombinierten H- und E-Feldmessung für die Bestimmung von Spannungs- und Stromverteilungen in Leiterbahnen</b>	121
Anika Henke, Robert Jan Nowak, Stephan Frei, Technische Universität Dortmund	

## **Aktive Filter im E-Kfz**

**Verbesserung des EMV-Verhaltens getakteter MOSFETs mithilfe synthetisierter Ansteuerungssignale auf Grundlage einer Netzwerkanalyse und des EKV-Modells** 131

Caroline Krause, Andreas Bendicks, Stephan Frei, Technische Universität Dortmund

**Entwicklung und Evaluierung eines aktiven EMV-Filters induktiver Topologie für KFZ-Anwendungen** 139

Mario Kießlich, Dr. Bastian Arndt, Dr. Peter Olbrich, AVL Software and Functions GmbH

**Erweiterung und Fahrzeugverifikation eines aktiven Hybrid-Filter-Konzeptes zur Reduktion transienter Gleichtaktstörungen ab der Schaltfrequenz eines HV Inverters** 145

Dr. Peter Olbrich, Dr. Bastian Arndt, Hartwig Reindl, AVL Software and Functions GmbH; Christian Waldera, VW

**Zeit- und frequenzbereichsbasierte Bestimmung der Grundfrequenz von Störsignalen zur Anwendung in der aktiven Störunterdrückung mithilfe von synthetisierten Signalen** 151

Tobias Dörlemann, Andreas Bendicks, Stephan Frei, Technische Universität Dortmund

## **Numerische Methoden**

**Störfestigkeitsanalyse von Automobilsensoren durch Projektion der Anregung auf Eigenmoden** 163

Jan Benz, Jan Hansen, Robert Bosch GmbH

**Effiziente Berechnung der Einkopplung durch elektrisch große Aperturen in elektrisch lange Leiter im Inneren von Hohlraumresonatoren** 171

Jörg Petzold, Prof. Dr. Ralf Vick, Otto-von-Guericke-Universität

**Numerische Simulation der Einkopplung transienter elektromagnetischer Felder in nichtlinear-abgeschlossene Leitungsnetzwerke mit einem SPICE-Netzwerksimulator** 179

Dr. Mathias Magdowski, Prof. Dr. Ralf Vick, Otto-von-Guericke-Universität

**Makromodellierung linearer, passiver elektromagnetischer Systeme basierend auf modalen Netzwerken** 187

Sebastian Südekum, Prof. Dr. Marco Leone, Otto-von-Guericke-Universität

## **Leitungsgeführte Störungen**

- BP/YE** **Bewertung der Sensitivität eines hybriden Gleichtaktfilters für Traktionsinverter gegenüber Variationen der Betriebsparameter** 197  
Denis Müller, Michael Beltle, Prof. Dr. Stefan Tenbohlen, Universität Stuttgart
- Phasenrichtige HF-Störstrommessung und HF-Stromeinspeisung mit kalibrierten Impedanzzangen** 205  
Martin Harm, Oliver Kerfin, Technische Universität Braunschweig
- Herausforderungen bei der Durchführung von reproduzierbaren BCI-Messungen** 213  
Prof. Dr. Bernd Deutschmann, Prof. Dr. Gunter Winkler, Technische Universität Graz

## **Kfz-Technik**

- Echtzeit-Spektralanalyse zur Identifikation von Störquellen in Kraftfahrzeugen** 223  
Dr. Sebastian Koj, IAV GmbH; Sven Fisahn, Prof. Dr. Heyno Garbe, Leibniz Universität Hannover
- Vergleich zwischen drei Störfestigkeitsmessmethoden an KFZ-Unterbaukomponenten** 231  
Dr. Moawia Al-Hamid, Nitin Aggarwal, Prof. Dr. Ralf Vick, Otto-von-Guericke-Universität
- BP/YE** **Einflussparameter und Grenzen der Gleichtaktauslöschung im gegenphasigen Inverterbetrieb** 239  
Jonas Bertelmann, Michael Beltle, Prof. Dr. Stefan Tenbohlen, Universität Stuttgart; Roland Eidher, Robert Bosch GmbH

## **Analyse komplexer Systeme I**

- BP/YE** **Breitband-Netzwerkdarstellung für die Kopplung von Leitungsstrukturen in geschlossenen Hohlräumen** 249  
Christoph Lange, Prof. Dr. Marco Leone, Otto-von-Guericke-Universität
- BP/YE** **Modales Netzwerkmodell für 3D-Verbindungsstrukturen basierend auf der quasistatischen Feldintegralgleichung** 257  
Christian Bednarz, Prof. Dr. Marco Leone, Otto-von-Guericke-Universität

**Entwicklung von Direct Power Injection Platinen zur Bestimmung der Beeinträchtigung von Mikrocontrollern aufgrund von IEMI bis 1 GHz in Leiterbahnstrukturen** 265  
Felix Burghardt, Prof. Dr. Heyno Garbe, Leibniz Universität Hannover; Johannes Bohse, Hochschule Hannover

## **Feldanalyse**

**Methoden zur Untersuchung von Einflussparametern im Messaufbau von gestrahlten Emissionsmessungen im Komponententest nach CISPR 25** 275  
Jan Schabel, Michael Beltle, Prof. Dr. Stefan Tenbohlen, Universität Stuttgart; Dr. Martin Kull, Dr. Michael Zerrer, mk-messtechnik GmbH

**Geometrische Unsicherheitsbetrachtung von rundkoaxialen TEM-Zellen** 283  
Hoang Duc Pham, Prof. Dr. Heyno Garbe, Leibniz Universität Hannover

**Rückwirkung von Positioniersystemen auf die Feldverteilung in einer GTEM-Zelle** 291  
Max Rosenthal, Otto-von-Guericke-Universität; Dr. Ralf Theo Jacobs, Konstantin Pasche, Technische Universität Dresden; Eike Suthau, Lumiloop GmbH

**Rekonstruktion von Betrag und Phase von Leiterbahnströmen aus phasenlos gemessenen Nahfelddaten** 299  
Robert Jan Nowak, Anika Henke, Prof. Dr.-Ing. Stephan Frei, Technische Universität Dortmund

## **Energietechnik**

**Herausforderungen bei der Umsetzung von EMV-Prüfungen an Fahrzeugen im Anwendungsfall High Power DC Charging – Prüfung bei 80% Ladeleistung** 311  
Marc Maarleveld, Dr. Sebastian Jeschke, Jörg Bärenfänger, EMC TEST NRW GmbH

**Das Verhalten von elektronischen Elektrizitätszählern bei verzerrten Spannungen und nichtlinearen Lasten** 319  
Jörg Kirchhof, Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

**BP/YE Injektorkonzepte zur aktiven Unterdrückung der elektromagnetischen Störungen aller Klemmen eines stationär betriebenen DC/DC-Wandlers** 327  
Marvin Rübartsch, Andreas Bendicks, Prof. Dr. Stephan Frei Technische Universität Dortmund

**Innovative Überwachung, Status-Anzeige, Fernmeldung sowie Prüfungen von Überspannungsschutzgeräten für Telekommunikations- und Signalverarbeitungs-Netzwerke** 337  
Steffen Pfortner, Dr. Gernot Finis, Holger Heckler, Phoenix Contact GmbH & Co.KG

## **Analyse komplexer Systeme II**

**Charakterisierung der Einflussfaktoren von einem Nahfeld Antennen Test zur EMV-Absicherung von KFZ Kommunikationssystemen** 349  
Emanuel Panholzer, Dr. Martin Aidam, Dr. Walter Franz, Daimler AG; Dr. Simon Senega, Prof. Dr. Stefan Lindenmeier, Universität der Bundeswehr München

**Auswirkungen des Impedanzverhaltens eines KFZ-Kraftstoffpumpensystems auf die Störaussendung in der Komponenten Stripline Messung nach DIN EN 55025** 357  
Lukas Schumm, HELLA GmbH & Co.KGaA

**Modellierung und Messung von Emissionen an Transceiverpins in Automotive-System-ICs, verursacht durch integrierte DC/DC-Wandler** 365  
Alexander Schade, Dr. Frank Klotz, Dr. Stefan Jahn, Infineon Technologie AG; Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil. Robert Weigel, Friedrich-Alexander-Universität

**Charakterisierung zeitvarianter HF-Impedanzen im Hinblick auf die EMV-Modellierung leistungselektronischer Systeme** 375  
Oliver Kerfin, Martin Harm, Technische Universität Braunschweig

## **Elektrische Maschinen**

**Abschätzung der Abstrahlung von Gleichstrommaschinen mit Hilfe leitungsgebundener Messungen und Simulation** 385  
Alexander Engeln, Prof. Dr. Stefan Dickmann, Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg

**BP/YE Differentialmessmethode für hochfrequente Wellenströme bei Hochvolt-Antrieben** 393  
Sergii Tsiapenko, Prof. Dr. Holger Hirsch, Universität Duisburg-Essen

**HF-Eigenschaften von Wellenkontaktierungen in Abhängigkeit zur Drehzahl** 399  
Dr. Bastian Arndt, Mario Kießlich, Dr. Peter Olbrich, AVL Trimerics GmbH; Robin Michelberger, Dr. Matthias Beringer, ZF Friedrichshafen AG

**Nutzung von Mantelwellensperren für die MR-geführte Mikrowellenablation** 407  
Maik Ehses, Thomas Gerlach, Enrico Pannicke, Prof. Dr. Ralf Vick, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; Roland Müller, Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften

## **Kfz-Messen und Entstören**

**Bewertung der Störwirkung beliebiger Störquellen auf die digitale Kommunikation am Beispiel Automotive Ethernet** 415  
Dr. Christoph Keller, Jan Hansen, Dr. Wolfgang Pfaff, Robert Bosch GmbH

**Aktive Unterdrückung der elektromagnetischen Störungen eines stationär betriebenen Antriebswechselrichters mithilfe von synthetisierten und synchronisierten Gegenstörsignalen** 423  
Andreas Bendicks, Michael Gerten, Prof. Dr. Stephan Frei, Technische Universität Dortmund

**BP/YE** **FPGA-basierte aktive Unterdrückung der elektromagnetischen Störungen einer aktiven Leistungsfaktorkorrektur (PFC) durch die Injektion von modulierten Sinussignalen** 433  
Andreas Bendicks, Axel Peters, Prof. Dr. Stephan Frei, Technische Universität Dortmund; Marc Wiegand, Norbert Hees, Leopold Kostal GmbH & Co. KG

**Entwicklung und Anwendung eines Messsystems für niederfrequente magnetische Störungen im Fahrzeug** 443  
Dr. Thomas Rinkleff, Thomas Kутtenberger, AUDI AG

## **EMVU**

**BP** **Konzepte für zuverlässige Immissionsmessungen an 5G massive MIMO-Basisstationen** 449  
Dr. Christian Bornkessel, Prof. Dr. Matthias A. Hein, Technische Universität Ilmenau; Thomas Kopacz, Sascha Schießl, Prof. Dr. Dirk Heberling, RWTH Aachen

**BP/YE** **Entwicklung und Verifikation eines Mess- und Bewertungsverfahrens der elektromagnetischen Immission durch ITS-G5** 457  
Lisa-Marie Schilling, Dr. Christian Bornkessel, Prof. Dr. Matthias A. Hein, Technische Universität Ilmenau

**Untersuchungen zur korrekten Immissionserfassung von gepulsten Signalen mit dem SRM-3006 am Beispiel von 5G** 465  
Thomas Kopacz, Sascha Schießl, Prof. Dr. Dirk Heberling, RWTH Aachen; Dr. Christian Bornkessel, Technische Universität Ilmenau

**Konzept und Messungen für ein Smartphonebasiertes Immissions-Monitoring-System** 473  
Sascha Schießl, Tam Ta, Thomas Kopacz, Prof. Dr. Dirk Heberling, RWTH Aachen

## **EMV-Testanlagen**

**Wirkung neuartiger Kabelferrite niedriger Permeabilität im Frequenzbereich bis 8 GHz** 483  
Steffen Schulze, Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG; Dr. Moawia Al-Hamid, Prof. Dr. Marco Leone, Otto-von-Guericke-Universität

**Detektion symmetrischer Oberschwingungskomponenten durch generalisierte Integratoren zweiter Ordnung** 491  
Benjamin Hoepfner, Prof. Dr. Ralf Vick, Otto-von-Guericke-Universität

**Grenzen der klassischen Störaussendungs- und Störfestigkeitsmessungen: Beeinflussung des Störspektrums durch nichtlineare Elemente** 499  
Jan Weber, Prof. Dr. Holger Hirsch, Universität Duisburg-Essen

## **Hochgeschwindigkeitsbus im Kfz**

**Untersuchungen zur Störfestigkeit von 100Base-T1 Kommunikation für autonome Fahrfunktionen gegen puls- und sinusförmige Störsignale** 507  
Dr. Sebastian Jeschke, Jan Loos, Michael Kleinen, Jörg Bärenfänger, EMC Test NRW GmbH; Dr. Christian Hangmann, Ingo Wüllner, SIL System Integration Laboratory GmbH

**Analyse der Störfestigkeit von Automotive Ethernet Kommunikationssystemen** 515  
Carina Austermann, Prof. Dr. Stephan Frei, Technische Universität Dortmund

**Simulation der gestrahlten Emission einer Gigabit Ethernet Übertragungsstrecke in einem an CISPR25 angelehnten Setup** 523  
Thomas Haschberger, AVL Software and Functions GmbH; Dr. Johannes Hippeli, BMW AG

## **Luft und Navigation**

**Störfestigkeitsuntersuchung eines Unmanned Aerial Vehicles mit Hilfe der stochastischen Beschreibung der Subsysteme** 531

Henrik Brech, Prof. Dr. Heyno Garbe, Leibniz Universität Hannover

**Einfluss der unerwünschten Polarisationsanteile auf die empfangene Zielgröße einer DVOR-Antenne** 539

Sergei Sandmann, Prof. Dr. Heyno Garbe, Leibniz Universität Hannover

**Auslegung und Vergleich von Adaptern zur direkten Stromspeisung für leitungsgebundene Störfestigkeitsprüfungen** 547

Jan Ückerseifer, Jan-Christian Schweitzer, Prof. Dr. Frank Gronwald, Universität Siegen