

# **Forschungsbericht 2007**

**Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und  
Elektromagnetische Verträglichkeit**



**Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**

**Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik**

# Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Elektromagnetische Verträglichkeit

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. +49 (0)391 67 18868, Fax +49 (0)391 67 11236  
iget@uni-magdeburg.de

## 1. Leitung

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Nitsch (geschäftsführender Leiter)  
Prof. Dr.-Ing. Marco Leone  
PD Dr. rer. nat. habil. Krauthäuser

## 2. Hochschullehrer

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Nitsch  
Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

## 3. Forschungsprofil

**Elektromagnetische Verträglichkeit und elektromagnetische Wechselwirkung von Systemen** (Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Nitsch) Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) komplexer technischer Systeme

- Erweiterung der Leitungstheorie für Mehrfachleitungen unter Einbeziehung der Abstrahlung und inhomogener (realer) Leitungsführungen
- Elektromagnetische Topologie: Überführung komplexer Systeme in Netzwerkstrukturen, EMV-Messungen an komplexen technischen Systemen
- Analyse periodischer elektronischer und Leitungsstrukturen bei Anregung mit schnellen Transienten und sehr hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Testumgebungen für gestrahlte EMV-Tests

- Grenzen und Möglichkeiten des Einsatzes von Modenverwirbelungskammern (MVK)
- statische Elektrodynamik
- Lineare und Nicht-Lineare Wechselwirkungen elektromagnetischer Felder mit generischen Strukturen in Modenverwirbelungskammern
- Vergleich von MVK mit Absorberhallen und GTEM-Zellen

Numerische Simulation elektromagnetischer Probleme

- Integration verschiedener numerischer Verfahren, Entwicklung neuer Verfahren
- Untersuchungen zur Parallelisierbarkeit numerischer Verfahren

**Elektromagnetische Analyse komplexer elektronischer Systeme** (Prof. Dr.-Ing. Marco Leone) Lehrstuhl Theoretische Elektrotechnik

*Allgemeine Forschungsrichtung:*

Weiterentwicklung der Mittel und Methoden der Theoretischen Elektrotechnik zur Modellbildung, Simulation und Analyse des elektromagnetischen Verhaltens von elektronischen Komponenten und Systemen bei hohen Frequenzen und schnellen Transienten.

*Forschungsschwerpunkte:*

- Analyse und Simulation der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) von Aufbau- und Verbindungsstrukturen, wie z.B. Ein- und Ausstrahlungsphänomene, sowie funktionale Aspekte (Signalintegrität, innere EMV)
- Weiterentwicklung der Methode der partiellen Elemente (PEEC): Stabilitätsaspekte, Modellreduktionsverfahren
- Integration von Rechenverfahren auf unterschiedlichen Beschreibungsebenen für die praktische Simulation

- komplexer Systeme Nichtlinearitäten in elektromagnetischen Feldern und Netzwerke
- Innovative technische und technologische Nutzung elektromagnetischer Phänomene

#### 4. Forschungsprojekte

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Marco Leone  
**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing. W. Schätzing  
**Kooperationen:** SITEC Automation GmbH Chemnitz  
**Förderer:** Industrie; 01.11.2006 - 30.07.2007

**Berechnung des Abtrags am Werkstück und am Werkzeug beim elektrochemischen Entgraten**

Berechnung dreidimensionaler elektrischer Strömungsfelder idealisierter Mehr-Elektrodenanordnungen mit dem Ziel, den elektrochemischen Abtrag bei Verwendung nichtpassivierender und passivierender Elektrolyte zu ermitteln

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Marco Leone  
**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing. W. Schätzing, Dipl.Ing. G. Bartels  
**Kooperationen:** TU Berlin -Inst. f. Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb  
**Förderer:** DFG; 01.04.2007 - 31.03.2009

**Modellierung und Analyse des Magnetimpulsschweißens mit dem Ziel der Prozessparameteroptimierung**

Das Magnetimpulsschweißen stellt für eine Vielzahl von Anwendungen eine fertigungstechnische Alternative für das Fügen dar. Dabei wird ein Werkstück unter Anwendung von Wirkenergie derart beschleunigt, dass bei der anschließenden Kollision mit dem Fügepartner eine stoffschlüssige Verbindung auch ohne zusätzliche Wärmezufuhr realisiert wird. Im Gegensatz zum Schmelzschweißen können auch unterschiedliche metallische Werkstoffe wie Aluminium mit Stahl oder Kupfer mit Messing miteinander verschweißt werden

Mit dem Ziel der Prozessparameteroptimierung wird während des Forschungsvorhabens das Magnetimpulsschweißen modelliert und analysiert. Dazu wird der Einfluss der geometrischen und elektrotechnischen Prozessparameter sowie des Werkstoffes auf die Schweißgüte untersucht und eine Optimierung der Schweißgüte durch Anpassung der Prozessparameter durchgeführt. ... [mehr](#)

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Marco Leone  
**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing., Dipl.-Phys. Hans-Peter Schulze, Dipl.-Ing. Dirk Borkenhagen  
**Kooperationen:** Cracow University of Technology - Dr. Krzysztof Karbowski, ECMTEC GmbH Holzgerlingen - Dipl.-Ing. Thomas Gmelin, Institute of Advanced Manufacturing Technology, Cracow, Poland - Prof. Adam Ruszaj, MARCOSTA Tarnow and POLSPECIAL Krakow, Warsaw University of Technology - Prof. Jerzy Kozak, Zimmer+Kreim GmbH Brensbach - Dr. Roland Ruppel, Dipl.-Ing. Philipp Weiß

**Förderer:** EU - Forschungsrahmenprogramm; 01.12.2006 - 30.11.2009

**Verbundprojekt: Untersuchungen zur Effizienzerhöhung der  $\mu$ -PECM auf Mikrostrukturen (ERANET-REMM) - Teilvorhaben: Entwicklung der Prozessenergiequelle**

Für die Micro System Technology (MST) steigt die Anzahl der Anwendungen, die eine Bearbeitung mit hoher Präzision und kleinen Abmessungen verlangt. Die Elektrochemische Bearbeitung (ECM) entwickelte sich in den letzten Jahren, insbesondere die gepulste ECM-Technologie (PECM). Im Projekt werden die zwei Techniken der PECM (konventionelle gepulste ECM) und die  $\mu$ -PECM (Wirkung der Doppelschichtumladung) darauf hin untersucht, auch bei Mikrodetailbearbeitungen eine hohe Effizienz und Präzision zu erreichen. Das Arbeitsgebiet umfasst dabei die Prozessenergiequellen, die Prozesssteuerungen, die Halterungs- und Führungssysteme, die Elektrolyte und die Anbindung an CAD/CAM.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Jürgen Nitsch

**Projektbearbeiter:** Dr. S. Tkachenko, Prof. Dr. J. Nitsch, Dr. F. Gronwald

**Kooperationen:** Clemson University (USA) - Prof. Dr. Frederick Tesche, Croatia - Prof. Dr. Dragan Poljak, Swiss Institute of Technology Lausanne (EPFL) - Prof. Dr. Farhad Rachidi, University of Dresden, University of Napoli Federico II - Prof. Antonio Maffucci, University of New Mexico (USA) - Prof. Dr. Carl Baum, University of Split

**Förderer:** DFG; 01.02.2004 - 29.02.2008

**Abstrahl- und Einkoppelphänomene in Kabel bis zu sehr hohen Frequenzen bei ungleichförmiger Leitungsführung im Rahmen einer erweiterten Leitungstheorie**

In diesem Projekt soll der Einfluss ungleichförmiger Leitungsführung auf die Signalformen und die Einkopplung und Abstrahlung in und von komplexen Linearstrukturen (wie z.B. Leitungen) bei sehr hohen Frequenzen (Hochleistungsmikrowellen und Ultrabreitbandeinstrahlungen) untersucht werden. Voruntersuchungen haben eindeutig gezeigt, dass bei starker Verletzung des TEM-Modus bei Leitungen (wie z.B. an den Leitungsenden, stärkeren Leitungskrümmungen oder und Knicken) diese Phänomene eine beachtliche Rolle spielen. Um hierzu Ergebnisse zu erhalten, aber dennoch den engen Bezug zur klassischen Leitungstheorie zu bewahren, muß diese zunächst entscheidend erweitert werden. Diese Erweiterung muss die Orts- und Frequenzabhängigkeit der Leitungsparameter, die Beibehaltung der Struktur der Leitungsgleichungen, die Zulässigkeit mehrerer Moden und der Grenzübergänge auf der Ebene der Lösungen einschließen. ... [mehr](#)

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Jürgen Nitsch

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. St. Schulze, Dr. M. Alhamid, Dr. H. G. Krauthäuser

**Kooperationen:** Daimler Chrysler Sindelfingen, Diehl Röthenbach, VW Wolfsburg

**Förderer:** Industrie; 01.01.2006 - 31.12.2008

**Analyse der Einkopplung elektromagnetischer Felder in Kraftfahrzeuge und Auswirkungen auf das Betriebsverhalten**

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird die Einkopplung externer elektro-magnetischer Felder in Kraftfahrzeuge untersucht. Verschiedene Modelle dieser komplexen technischen Systeme stehen dem Institut zur Verfügung. Wenn man die Wirkung elektromagnetischer Wellen im Fahrzeuginnern betrachten möchte, eignet sich dafür die Messung von Transferfunktionen. Als Messgröße eignen sich z.B. die elektrische und magnetische Feldstärke oder die Stromstärke in Kabeln bzw. auf dem Kabelschirm. Diese Größen sind abhängig von der Frequenz, Amplitude und Polarisation des einwirkenden Feldes. So können bei Messungen im Frequenzbereich Resonanzen auf den Leitungen im Fahrzeuginnern identifiziert werden, bei denen angeschlossene Systemkomponenten (Steuergeräte, Sensoren, Aktoren) besonders stark angeregt werden. ... [mehr](#)

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Jürgen Nitsch

**Projektbearbeiter:** Prof. Nitsch, Dr. H. G. Krauthäuser

**Kooperationen:** Inst. f. Elektrische Energiesysteme - Prof. Lindemann, Inst. f. Elektrische Energiesysteme - Prof. Styczynski, Inst. f. Grundlagen der Elektrotechnik u. Elektromagnetische Verträglichkeit - Prof. Wollenberg, TU Braunschweig - Prof. Enders, Universität Karlsruhe - Prof. Schwab

**Förderer:** DFG; 01.02.2004 - 29.02.2008

**Analyse von Fehlermechanismen komplexer Systeme in Modenverwirbelungskammern und TEM-Feldgeneratoren**

Im Rahmen dieses Projektes soll der Einfluß verschiedener EMV-Testumgebungen auf die Störschwellen und auf das Fehlverhalten von komplexen technischen Systemen untersucht werden. Voruntersuchungen haben gezeigt, dass aufgrund der Verschiedenartigkeit der Feldverhältnisse in Modenverwirbelungskammern einerseits und TEM-Feldgeneratoren andererseits sowohl mit quantitativen als auch mit qualitativen Abweichungen gerechnet werden muss [1,2,3]. Hierzu sollen umfassende Tests durchgeführt werden, bei denen insbesondere auch die Parameter der Signalmodulation über einen großen Bereich variiert werden sollen. Diese Untersuchungsphase hat den Zweck, die real auftretenden Effekte klar darzulegen und zu klassifizieren. In der zweiten Phase sollen die klassifizierten Effekte mathematisch beschrieben werden. ... [mehr](#)

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Jürgen Nitsch  
**Projektbearbeiter:** Prof. Dr. J. Nitsch, Dr. H.G. Krauthäuser, Dr H.-J. Scheibe, Dr. S. Tkachenko, Dipl.-Ing. S. Schulze  
**Kooperationen:** St. Petersburg State Technical University - Prof. Korovkin, TU Braunschweig - Prof. Enders, Universität Hannover - Prof. Garbe  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.10.2006 - 30.09.2009

**Einfluss stochastischer Parametervariationen von Übertragungsstrukturen in komplexen Systemen**

Verbindungsstrukturen in komplexen technischen Systemen unterliegen in Ihren Eigenschaften statistischen Schwankungen z.B. bedingt durch Produktionstoleranzen. Ziel des Projektes ist es, Verfahren zur Beurteilung des Einflusses dieser Schwankungen auf das Verhalten elektrischer Größen zu bestimmen. Dafür ist die Behandlung der Übertragungsstruktur als ungleichförmige Leitung notwendig. Hierfür müssen Methoden zur Bestimmung der ungleichförmigen Leitungsparameter sowie die Lösung der daraus resultierenden Matrix-Differentialgleichung entwickelt werden. Auf der Basis dieser deterministischen Verfahren sind Modelle für die eine stochastische Analyse zu entwickeln. ... [mehr](#)

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Jürgen Nitsch  
**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Sven Plate  
**Kooperationen:** Helmut Schmidt-Universität Hamburg, Institut für Automatisierungstechnik - Prof. Dr. K. Krüger, TU Braunschweig - Prof. Enders, Universität Dortmund, Lehrstuhl für Hochspannungstechnik und EMV - Prof. Dr. D. Peier, Wehrtechnische Dienststelle für Informationstechnologie und Elektrotechnik, Greding  
**Förderer:** Bund; 01.05.2006 - 30.04.2009

**Einkopplung in Linearstrukturen und generische Körper in Modenverwirbelungskammern**

Ziel der Untersuchungen ist es, die Koppelmechanismen von statistischen Feldern auf einfache Verbindungsstrukturen und generische Gehäusemodelle mit Aperturen experimentell zu untersuchen und theoretisch zu beschreiben. Bei der experimentellen Untersuchung steht die Herausarbeitung von Unterschieden und Gemeinsamkeiten im Vergleich zur Beaufschlagung mit ebenen Wellen im Vordergrund. Die theoretische Beschreibung beinhaltet numerische Simulationstools z.B. zur Berechnung der Statistik von Portspannungen und wenn möglich die Entwicklung analytischer Modelle hierzu.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Jürgen Nitsch  
**Projektbearbeiter:** Prof. Dr. Jürgen Nitsch, Dr. Sergey Tkachenko  
**Kooperationen:** Clemson University (USA) - Prof. Dr. Frederick Tesche, Swiss Institute of Technology Lausanne (EPFL) - Prof. Dr. Farhad Rachidi, TU Dresden - Prof. Dr. rer. nat. habil. Hans Georg Krauthäuser  
**Förderer:** DFG; 01.12.2007 - 30.11.2010

**Elektromagnetische Kopplung hochfrequenter Felder an Antennen, Übertragungsleitungen und anderen Streuern innerhalb von Resonatoren verschiedenartiger Geometrien**

Im Rahmen dieses Projektes soll die elektromagnetische Kopplung hochfrequenter elektromagnetischer Felder an Antennen, Übertragungsleitungen und andere Streuer innerhalb von Resonatoren verschiedenartiger Geometrien untersucht werden. Spezielle Beispiele dieser Problemklasse innerhalb der Elektromagnetischen Verträglichkeit sind (i) die Modellierung von Strömen und Spannungen auf elektrischen und elektronischen Komponenten innerhalb von Computergehäusen, Flugzeugen, Autos oder Satelliten, welche durch von außen eindringende externe elektromagnetische Felder angeregt werden können, (ii) die Berechnung gegenseitiger Kopplungen dieser Komponenten zur Sicherstellung der inneren Elektromagnetischen Verträglichkeit und (iii) die theoretische Analyse von Modenverwirbelungskammern, welche das Studium der statistischen Verteilung elektromagnetischer Moden und der Korrelation zu anderen Testumgebungen einschließt. ... [mehr](#)

**Projektleiter:** Dr.-Ing. Hans-Peter Schulze

**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing., Dipl.-Phys.-Hans-Peter Schulze, Dipl.-Ing. H.-J. Trautmann

**Kooperationen:** Oel-Held Stuttgart

**Förderer:** Industrie; 01.08.2006 - 30.08.2007

**Analyse von Strom- und Spannungsverläufen bei der Verwendung verschiedener Dielektrika für die funkenerosive Senkbearbeitung**

Untersuchung von Dielektrika mit ausgewählten Additiven auf ihr Durchbruchverhalten bei Spaltweiten kleiner 20 µm. Die Hauptuntersuchungen zielen auf Einzelentladungen in flüssigen Kohlenwasserstoffen für zwei vorgegebene Elektrodenanordnungen. Aus den Aufzeichnungen der Strom- und spannungsverläufe und den fotografischen Auswertungen der Erosionskrater können Rückschlüsse auf die Bearbeitungsqualität (Rauigkeit, Bearbeitungsgenauigkeit) der Funkenerosion (EDM) geschlossen werden.

Im Weiteren werden durch die Klassifizierung der Durchbrucherscheinungen auch Aussagen zur Prozessstabilität in der Mikrobearbeitung möglich.

---

**Projektleiter:** Dr.-Ing. Hans-Peter Schulze

**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing., Dipl.-Phys.-Hans-Peter Schulze

**Kooperationen:** Oel-Held Stuttgart

**Förderer:** Industrie; 01.12.2007 - 30.11.2009

**Einfluss der elektrischen Leitfähigkeit auf das Durchbruchverhalten von Kohlenwasserstoffen beim funkenerosiven Bearbeitungsprozess**

Aufbau spezieller Messzellen zur Analyse des Durchbruchverhaltens von Kohlenwasserstoffen bei Spaltweiten von 5 bis 100 µm. Neben der Analyse der Strom- und Spannungsverläufen von Einzelentladungen und Entladungsfolgen werden Hochgeschwindigkeitsaufnahmen (Belichtungszeiten < 100 ns) vorgenommen, die Rückschlüsse auf die Entstehung und Ausbreitung des Plasmakanals und der Gasblase einer Funkenentladung zu lassen.

Im Speziellen wird das Basis-Dielektrikum mit ausgewählten Additiven versetzt, um das Durchbruchverhalten für Folgeentladungen zu verbessern.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Günter Wollenberg

**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing., Dipl.-Phys. Hans-Peter Schulze, Dipl.-Ing. F. Kohlrusch

**Kooperationen:** Rolls-Royce Deutschland, Universität Freiburg/Breisgau

**Förderer:** Bund; 23.12.2003 - 28.02.2007

**Generatorentwicklung für die PECM-Bearbeitung von Blisks**

Entwicklung einer Prozessenergiequelle für die elektrochemische Bearbeitung von Blisks mit dem Ziel die Bearbeitungszeit bei Ti-Legierungen wesentlich zu verringern. Im Besonderen wird die Energiequelle im Bereich von µs bis ms pulsbar sein.

Die Energiequelle ist auch anpassbar an hybride Bearbeitungsverfahren.

---

## 5. Veröffentlichungen

### *Originalartikel in begutachteten nationalen Zeitschriften*

**Rehbein, Wilhelm; Schulze, Hans-Peter; Storr, Manfred**

Influence of organic additives in hydrocarbon based dielectric fluids for spark erosion

In: Nonconventional technologies review. - Ia,si: Ed. PIM, 2, S. 99-104, 2007

**Schulze, Hans-Peter; Leone, Marco; Kröning, Oliver; Schätzing, Wolfgang**

Simulation of thermal effects for electrical discharge machining

In: Nonconventional technologies review. - Ia,si: Ed. PIM, 1, S. 103-108, 2007

---

### **Buchbeiträge**

**Casanueva, Rosario; Schulze, Hans-Peter; Azcondo, F. J. ; Leone, Marco**

Fuentes de alimentación de electroerosión - aplicaciones y propuestas

In: Manufacturing Engineering Society International Conference; 2(Madrid): 2007.07.09-11, Proceedings of the 2nd Manufacturing Engineering Society International Conference: CISIF'07-MESIC'07; Madrid, July 9-10-11, 2007. - Madrid, insges. 8 S.

**Döbbelin, Reinhard; Herms, Ronny; Teichert, Christian; Schätzing, Wolfgang; Lindemann, Andreas**

Analysis methods and design of transformers with low leakage inductance for pulsed power applications

In: European Conference on Power Electronics and Applications; 12 (Aalborg): 2007.09.02-05, EPE 2007: 12th European Conference on Power Electronics and Applications; 2 - 5 September 2007, Aalborg, Denmark. - Brussels, Belgium: EPE Association, insges. 1 S.

**Rehbein, Wilhelm; Schulze, Hans-Peter; Storr, Manfred; Wollenberg, Günter**

Influence of additives in dielectric fluids for electrical discharge machining

In: International Symposium on Electromachining; 15 (Pittsburgh, Pa.): 2007.04.23-27, Proceedings of the 15th International Symposium on Electromachining (ISEM XV): Pittsburgh, Pennsylvania, April 23 - 27, 2007. - Nebraska-Lincoln, S. 99-104

**Schulze, Hans-Peter; Burkert, Stephan; Wollenberg, Günter; Leone, Marco**

Improvement of the hole and micro hole sinkings using a hybrid machining process

In: International Conference on Computer-Aided Production Engineering; 20 (Glasgow, Scotland, UK): 2007.06.06-08, International Conference on Computer Aided Production Engineering <20, 2007, Glasgow>: Proceedings of the 20th International Conference on Computer-Aided Production Engineering (CAPE 2007), 6-8 June 2007, Glasgow, Scotland, UK. - Glasgow: Glasgow Caledonian University, S. 162-166

**Schulze, Hans-Peter; Wollenberg, Günter; Matzen, Stefan; Mecke, Katharina**

Origins of gas bubbles in a small work during the micro-edm

In: International Symposium on Electromachining; 15 (Pittsburgh, Pa.): 2007.04.23-27, Proceedings of the 15th International Symposium on Electromachining (ISEM XV): Pittsburgh, Pennsylvania, April 23 - 27, 2007. - Nebraska-Lincoln, S. 217-220

**Wollenberg, Günter; Schulze, Hans-Peter; Trautmann, Hans-Jürgen; Kappmeyer, Gregor**

Controlled current rise for pulsed electrochemical machining

In: International Symposium on Electromachining; 15 (Pittsburgh, Pa.): 2007.04.23-27, Proceedings of the 15th International Symposium on Electromachining (ISEM XV): Pittsburgh, Pennsylvania, April 23 - 27, 2007. - Nebraska-Lincoln, S. 335-338

### **Dissertationen**

**Krauthäuser, Hans Georg**

Grundlagen und Anwendungen von Modenverwirbelungskammern. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2007; [Link unter URL](#); XVIII, 289 S.: graph. Darst.