

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.-Ing. Ralf Vick (geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr.-Ing. Marco Leone
Dipl.Ing. Mathias Magdowski

2. Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. Marco Leone
Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

3. Forschungsprofil

Lehrstuhl Theoretische Elektrotechnik - Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

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

Lehrstuhl Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Allgemeine Forschungsrichtung:

Am Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wird das gesamte Spektrum der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) bearbeitet.

Forschungsschwerpunkte:

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) komplexer technischer Systeme

- Analyse und Modellierung der Einkopplung elektromagnetischer Felder in Systeme und Verkabelung
- Modellierung der Verkopplung im System
- Elektromagnetische Topologie: Überführung komplexer Systeme in Netzwerkstrukturen, EMV-Messungen an komplexen technischen Systemen
- Analyse von Leitungsstrukturen bei Anregung mit schnellen Transienten und sehr hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

EMV-Testumgebungen

- Grenzen und Möglichkeiten des Einsatzes von Modenverwirbelungskammern (MVK)
- Stochastische Einkopplung in Leitungsstrukturen
- Anforderungen an Messungen oberhalb von 1 GHz
- Vergleich von MVK mit Absorberhallen und GTEM-Zellen

Entwicklung neuer EMV-Mess- und Prüfverfahren

- In situ Messverfahren für große Prüflinge
- Geräteüberwachung bei EMV-Messungen
- Stochastische Modellierung und Prüfung der EMV

4. Forschungsprojekte

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Mathias Magdowski

Kooperationen: TU Dresden - Prof. Dr. rer. nat. habil. Hans Georg Krauthäuser

Förderer: Haushalt; 01.10.2008 - 30.09.2012

Einkoppelphänomene von stochastischen Feldern in Leitungsstrukturen

Modenverwirbelungskammern werden zunehmend als alternative Testumgebungen für gestrahlte Störfestigkeitsuntersuchungen innerhalb der elektromagnetischen Verträglichkeit diskutiert. Entscheidend für die erfolgreiche weitere Anwendung ist ein tieferes Verständnis der Einkoppelmechanismen des statistisch homogenen und isotropen Feldes in komplexe Systeme. Da Leitungsstrukturen häufig wichtige Einkoppelstelle darstellen, sollen in einem ersten Schritt Einkoppelphänomene von stochastischen Feldern in einfache Leitungsstrukturen untersucht werden. In einem zweiten Schritt soll die Theorie auf ungleichförmige Mehrfachleitungen zur Betrachtung der Einkopplung in komplexe Systeme erweitert werden. Alle analytischen und numerischen Ergebnisse sollen mit experimentellen Daten validiert werden.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Hewicker

Kooperationen: ifak- Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg

Förderer: Haushalt; 01.10.2010 - 31.08.2011

EMV im Umfeld kontaktloser Energieübertragung

Bei der kontaktlosen Energieübertragung wird über einen Luftspalt induktiv Energie übertragen. Die Speisung des Spulensystems erfolgt in der Regel über einen Wechselrichter. Aufgrund der Schaltvorgänge können elektromagnetische Störaussendungen entstehen. Ziel ist es, diese Emissionen durch geeignete Modelle zu bestimmen

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Projektbearbeiter: Dipl.-Phys.J. Petzold

Kooperationen: hagenuk KMT Kabelmeßtechnik GmbH

Förderer: BMWi/AIF; 09.12.2009 - 30.09.2011

EMV und Messwertinterpretation im Umfeld der Hochspannung / Leistungselektronik

Es werden die Grundlagen zur Entwicklung eines leistungs-fähigen, modularen und effizienten Prüf- und Fehlerortungssystems für Seekabel und Energie-kabel großer Länge, wie sie z.B. für den Einsatz bei Offshore-Windparks mit HGÜ benötigt werden, entwickelt. Dabei steht die Entwicklung von Modellen zur Simulation der elektromagnetischen Verkopplung im Prüfsystem und die theoretische Beschreibung der Ausbreitungsvorgänge von Mess- und Störsignalen unter Berücksichtigung der Mehrfachreflexionen in vermaschten Kabelnetzen im Focus des Projektes.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Kooperationen: VW Wolfsburg

Förderer: Industrie; 15.09.2010 - 31.03.2011

Entkopplungsmessungen an Hochvolt- und Bordnetzanschlüssen

In Hybridfahrzeugen werden Komponenten eingesetzt, die sowohl am Hochvoltnetz als auch am Bordnetz betrieben werden. Damit besteht die Gefahr einer Verkopplung zwischen stark störenden und empfindlichen Komponenten. Ziel des Projektes ist die Analyse und messtechnische Bestimmung des Übersprechens der Systeme in unterschiedlichen Komponenten.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Projektbearbeiter: DI Hirte

Förderer: Haushalt; 01.05.2010 - 31.12.2012

Etablierung der Modenverwirbelungskammer in der Normung als alternatives Prüfverfahren zur Messung der gestrahlten Störaussendung

Verfahrens in die Fachgrundnorm ist zum einen die Anwendung der CISPR 16-4-5, Verfahrens in die Fachgrundnorm ist zum einen die Anwendung der CISPR 16-4-5, [7] und zum anderen die Bereitstellung ausreichend fundierter theoretischer/experimenteller Untersuchungen, in denen auch die Referenzgröße untersucht wird. Ein wichtiger Punkt in der JTF A-H, ist die Durchführung von Round Robin Tests (RRT) zur Gewinnung belastbarer Konversionsfaktoren zwischen den Verfahren. Das ist verbunden mit der Schwierigkeit, Prüflinge zu entwickeln und zu bauen, die reproduzierbare Messergebnisse liefern und gleichzeitig numerisch berechenbar sind. Ein erster Ansatz dazu wurde bereits in 8] gezeigt, bedarf aber einer gründlichen Überprüfung und Übertragung auf die Anwendbarkeit in der MVK. Ziel der Arbeit ist es, die Modenverwirbelungskammer als alternatives Verfahren zur Messung der Störaussendung zu etablieren.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Projektbearbeiter: Dr. rer. nat. Sergey V. Tkachenko

Förderer: DFG; 01.09.2011 - 31.08.2013

Hochfrequente stochastische Eigenschaften von Leitungen

In dem Projekt wird die Kopplung elektromagnetischer Felder mit Leitungen beliebiger, stochastisch beschriebener Geometrie untersucht. Im Rahmen der Elektromagnetischen Verträglichkeit lassen sich einige Beispiele solcher Problemstellungen anführen: · Bestimmung der durch externe elektromagnetische Felder in Mehrfachleitungen oder Kommunikationsgeräte induzierten Ströme und Spannungen sowie deren statistische Verteilungen. · Untersuchung der statistischen Eigenschaften der gegenseitigen Kopplung zwischen Leitungssegmenten zur Sicherstellung der internen EMV eines Systems. Im Projekt sollen bereits entwickelte analytische und analytisch-numerische Methoden zusammen mit neuen mathematischen Methoden der Physik (Diagrammtechnik und die Theorie der Gleichungen mit stochastischen Parametern) zur Analyse der Eigenschaften von Leitungen angewendet werden.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Projektbearbeiter: M. Sc. Anke Fröbel

Förderer: Haushalt; 01.10.2011 - 30.12.2012

Modellierung nichtlinearer Lasten zur Untersuchung von Oberschwingungsphänomenen

Es wird das Oberschwingungsverhalten von leistungselektronischen Verbrauchern untersucht und mittels CFA-Matrizen (Crossed Frequency Admittance Matrices) nachgebildet. Ziel ist es, die Interaktionen zwischen den verschiedenen

Oberschwingungsordnungen auszudrücken.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick

Projektbearbeiter: Prof. Vick

Förderer: Industrie; 01.02.2011 - 30.12.2011

Nutzung von numerischen Simulationstools bei der Konstruktion von HF-Erwärmungsmaschinen

Es wird die Möglichkeit der Nutzung moderner elektromagnetischer Feldberechnungsverfahren zur Optimierung von HF-Erwärmungsprozessen untersucht. Dazu sind nutzbare Modelle zu erarbeiten und eine Abschätzung der Brauchbarkeit zur Berechnung dielektrischen Verluste und der Temperaturverteilung durchzuführen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Matthias Friedrich

Förderer: Haushalt; 15.10.2011 - 14.10.2014

EMV-Analyse und Modellierung elektronischer Verbindungsstrukturen

Angesichts zunehmender Verarbeitungsgeschwindigkeiten in elektronischen Systemen sind notwendige Verbindungsstrukturen zwischen Modulen, Kühlkörper, etc. häufig Ursache für Signalbeeinträchtigungen und unerwünschter elektromagnetische Strahlung. Zur Beschreibung des EMV-Verhaltens typischer Verbindungsstrukturen sollen geeignete Modelle entwickelt werden.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

Projektbearbeiter: Dr. Volker Vahrenholt

Förderer: Haushalt; 01.04.2010 - 31.03.2013

Makromodellierung passiver Strukturen auf feldtheoretischer Basis

Theoretische und experimentelle Forschung auf dem Gebiet der elektromagnetischen Analyse komplexer elektronischer Systeme. Schwerpunkt ist die Modellierung linearer Strukturen, zum Zwecke der Systemsimulation hinsichtlich der Funktionalität (Versorgungs- u. Signalintegrität), sowie der Elektromagnetischen Verträglichkeit (Ein- u. Abstrahlungsprobleme).

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Oliver Kröning, Dr. Hans-Peter Schulze

Förderer: Haushalt; 01.04.2007 - 31.12.2011

Nahfeld-Immunitätsprüfung auf Leiterplatten- und IC-Ebene

Niedrige Signalpegel und Versorgungsspannungen in Kombination mit zunehmender Integration und steigenden Verarbeitungsgeschwindigkeiten sind für die elektromagnetische Störempfindlichkeit elektronischer Systeme verantwortlich. Bei herkömmlichen Störfestigkeitsuntersuchungen wird das Testobjekt dem Fernfeld einer Antenne ausgesetzt oder innerhalb einer TEM-Zelle untersucht. Bei Auftreten von Störungen kann allerdings die Identifikation der verantwortlichen Koppelpfade bzw. die Lokalisierung der empfindlichen Bereiche sich oft als nicht einfach erweisen, was die Behebung der Ursachen erschweren kann. Als mögliche Alternative oder Ergänzung zu den üblichen Testverfahren bietet sich eine Nahfeld-Immunitätsprüfung an, bei der mittels einer kleinen Feldsonde ganze Baugruppen bis hin zu einzelnen integrierten Schaltkreisen (ICs) untersucht werden können. Ein automatisierter Messplatz mit einem Scanner zur Führung der Feldsonde bietet dabei die Möglichkeit, die Leiterplattenoberfläche millimetergenau zu prüfen. Ein zusätzlicher Vorteil des Verfahrens ist, dass mit relativ geringen Signalleistungen hohe Feldstärken erzeugt werden können. Um systematische Untersuchungen auf quantitativer Basis durchführen zu können, ist eine Kalibrierung des Meßsystems hinsichtlich der erzeugten frequenzabhängigen Feldamplituden unumgänglich. Speziell die HF-Modellierung der Sonden und des Einkoppelvorganges bzw. die selektive Analyse von E- und H-Feldbeeinflussung mit entsprechenden Feldsonden an ausgewählten Testobjekten sind Gegenstand des Forschungsprojektes.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Sven Thamm, Dipl. Ing. Oliver Kröning

Förderer: DFG; 01.05.2008 - 30.04.2011

Hierarchische Makromodellierung für die EMV-Simulation in der Leistungselektronik

Der technische Fortschritt in der Leistungselektronik ist geprägt von steigenden Schaltfrequenzen, Flankensteilheiten der Ströme und Spannungen und zunehmenden Packungsdichten. Gleichzeitig aber ist die Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) hinsichtlich der CE-Zertifizierung für den Betrieb und die Vermarktung eines elektronischen Systems erforderlich. Das Schaltungsdesign und die EMV-Analyse sind als Teil der Produktentwicklung rechnergestützt und finden bei immer höheren Frequenzen statt. Dazu durchgeführte Computersimulationen erfordern aber nicht nur exakte Modelle für die passive Verbindungsstruktur einer Schaltung, sondern nunmehr genauere und effiziente Modelle der Halbleiterbauelemente.

Durch Anwendung einer hierarchisch strukturierten, auf Makromodellen aufbauenden Modellierung, sollen genaue Simulationsmodelle von Halbleitern und komplexen leistungselektronischen Baugruppen entwickelt werden, die zudem auch parasitäre Effekte wie die Streuadmittanz zur Kühlkörperfläche nachbilden. Die den Makromodellen inhärenten Eigenschaften wie ausreichende Genauigkeit bei geringer Komplexität, Flexibilität usw. kommen dabei zu tragen. Dadurch wird eine EMV-gerechte Schaltungsentwicklung bzw. Analyse mit sinnvollem Rechen- und Zeitaufwand überhaupt erst möglich.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

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

Förderer: Haushalt; 15.04.2010 - 30.04.2013

Plasmakanalstrukturen bei elektrischen Durchschlägen in gasförmigen Arbeitsmedien

Im Zusammenhang mit der Funkenerosion (EDM) wird untersucht, welche veränderten Plasmakanalstrukturen in gasförmigen Arbeitsmedien auftreten. Schwerpunkte sind die Splittung des Plasmakanals, seine radiale Ausdehnung und die energetische Verteilung bezüglich der Plasmaflußpunkte.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Marco Leone

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

Förderer: Haushalt; 01.01.2007 - 31.12.2011

Elektrische Entladungen in flüssigen Arbeitsmedien

Analyse elektrischer Entladungen in Arbeitsspalten kleiner 100 µm mit flüssigen Arbeitsmedien.

Untersuchung spezieller Zündmechanismen durch Variation der Arbeitsflüssigkeit und von Additiven.

Messung kurzzeitphysikalischer Effekte zur Beschreibung der Zündmechanismen, Modellbildung und Simulation des elektrischen Durchschlags bei verschiedenen Spaltkonditionen mit ANSYS, ANSYS-Simulation thermisch beeinflusster Zonen.

Projektleiter: Prof. i. R. Jürgen Nitsch

Projektbearbeiter: Dr. rer. nat. Sergey Tkachenko

Kooperationen: Clemson University, USA, Prof. Dr. F. Tesche; EPFL, Switzerland, Prof. Dr. Rachidi; Physical-Technical University Krakow, Ukraine, Prof. Dr. I. Magda; Technical University St. Petersburg, Russland, Prof. Dr. N. Korovkin; University of New Mexico, Albuquerque, USA, Prof. Dr. C. Baum; University of Split, Kroatien, Prof. Dr. D. Poljak

Förderer: DFG; 01.03.2008 - 28.02.2011

Elektromagnetische Kopplung hochfrequenter Felder an Antennen, Übertragungsleitungen und andere Streuer 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 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. Während der Projektarbeit sollen die bereits entwickelten analytischen und analytisch-numerischen

Methoden für sowohl elektrisch kleine als auch dünne und nichtlineare belastete Antennen und Übergangsleitungen innerhalb von Resonatoren verwendet werden. Darüber hinaus ist geplant, die so genannte Superleitungstheorie (endlich: Full-Wave Transmission Line Theory or Supertransmission Line Thoery) auf Übertragungsleitungen innerhalb von Resonatoren zu verallgemeinern.

5. Eigene Kongresse, wissenschaftliche Tagungen und Exponate auf Messen

9. EMV-Industrieseminar, Datum: 8. November 2011, Ort: Experimentelle Fabrik Magdeburg (ExFa), Organisator: Lehrstuhl EMV

6. Veröffentlichungen

Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften

Coteata, Margareta; Schulze, Hans-Peter; Slatineanu, Laurentiu

Drilling of difficult to cut steel by electrochemical discharge machining

In: Materials and manufacturing processes. - Philadelphia, Pa. : Taylor & Francis, [Abstract unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 0,802]

Friedrich, Matthias; Leone, Marco

Inductive network model for the radiation analysis of electrically small parallel-plate structures

In: Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE transactions on electromagnetic compatibility. - New York, NY: IEEE, insges. 10 S.; [Abstract unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 0,808]

Magdowski, Mathias; Tkachenko, Sergey; Vick, Ralf

Coupling of stochastic electromagnetic fields to a transmission line in a reverberation chamber

In: Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE transactions on electromagnetic compatibility. - New York, NY: Inst., Bd. 53.2011, 2, S. 308-317; [Link unter URL](#); 2011

[Imp.fact.: 0,808]

Originalartikel in begutachteten zeitschriftenartigen Reihen

Coteata, Margareta; Schulze, Hans-Peter; Pop, Nicolae; Besliu, Irina; Slatineanu, Laurentiu

Machinability of a stainless steel by electrochemical discharge microdrilling

In: International Conference on Material Forming <14, 2011, Belfast>: The 14th International Conference on Material Forming. - Melville, NY: American Inst. of Physics, ISBN 978-0-7354-0911-8, S. 1356-1360; AIP conference proceedings; 1353; [Link unter URL](#)

Kongress: ESAFORM; 14 (Belfast, UK): 2011.04.27-29; 2011

Schulze, Hans-Peter; Jühr, Henrik; Haas, Rüdiger

Use of additional needle pulses using electrical discharge machining

In: International Conference on Material Forming <14, 2011, Belfast>: The 14th International Conference on Material Forming. - Melville, NY: American Inst. of Physics, ISBN 978-0-7354-0911-8, S. 1344-1349; AIP conference proceedings; 1353; [Link unter URL](#)

Kongress: ESAFORM; 14 (Belfast, UK): 2011.04.27-29; 2011

Schulze, Hans-Peter; Slatineanu, Laurentiu; Coteata, Margareta

Factoring acting on the tool wear at various dimensional structures during the electro-discharge machining

In: International Conference on Material Forming <14, 2011, Belfast>: The 14th International Conference on Material Forming. - Melville, NY: American Inst. of Physics, ISBN 978-0-7354-0911-8, S. 1313-1318; AIP conference proceedings; 1353; [Link unter URL](#)

Kongress: ESAFORM; 14 (Belfast, UK): 2011.04.27-29; 2011

Buchbeiträge

Hassan, Ahmed; Schulze, Steffen; Al-Hamid, Moawia; Vick, Ralf

Prediction of the resonance effect of the common mode noise of SMPS

In: Proceedings of EMC Europe 2011. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-0-9541146-3-3, S. 707-711

Kongress: EMC Europe 2011; 10 (York, UK): 2011.09.26-30; 2011

Leone, Marco; Friedrich, Matthias

Modeling the electromagnetic behavior of parallel-plane interconnections

In: 2011 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, ICEAA '11. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-1-612-84978-2, S. 1396-1399; [Abstract unter URL](#)

Kongress: ICEAA; 13 (Torino, Italy): 2011.09.12-16; 2011

Somani, Archit; Gorla, Srinivas; Magdowski, Mathias; Vick, Ralf

Measurement of boundary fields in a reverberation chamber

In: Proceedings of EMC Europe 2011. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-0-9541146-3-3, S. 123-127

Kongress: EMC Europe 2011; 10 (York, UK): 2011.09.26-30; 2011

Tkachenko, Sergey; Nitsch, Jürgen; Sonnemann, Frank; Scheibe, Hans-Jürgen; Magdowski, Mathias; Vick, Ralf

High frequency electromagnetic field coupling to small antennas in a cylindrical resonator

In: 2011 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, ICEAA '11. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-1-612-84978-2, S. 1056-1057; [Abstract unter URL](#)

Kongress: ICEAA; 13 (Torino, Italy): 2011.09.12-16; 2011

Artikel in Fachzeitschriften der Industrie, Gesellschaften, Verbände etc.

Kröning, Oliver; Leone, Marco

Nahfeld-Immunitätsprüfung auf Leiterplatten- und IC-Ebene

In: SMT. - Ingelheim: SMT-Verl., Bd. 24.2011, 3, S. 44-47; 2011

Dissertationen

Thamm, Sven

Effiziente EMV-Modellbildung und -Simulation komplexer, leistungselektronischer Systeme. - Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2011; Barleben: docupoint Verl.; XXII, 141 S.: graph. Darst., ISBN 978-3-86912-060-7; 2011