

KDEE



Kompetenzzentrum für
Dezentrale Elektrische
Energieversorgungstechnik

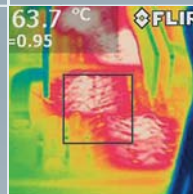
en



Energiemanagement und
Betrieb elektrischer Netze

EVS

Elektrische
EnergieVersorgungsSysteme



JAHRESBERICHT 2012

Magnetisch gelagerte
WEA-Ringgeneratoren

Stromrichter für Elektrofahrzeuge

Energiespeicher

Hocheffiziente Konverter

Aktive Niederspannungsnetze

SiC & GaN Bauelemente

IEEE Studentenwettbewerb

Future Energy Challenge

Drosselprüfstand

Netzberechnungen und Netzintegration

Planung / Betriebsführung elektrischer Netze

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

JAHRESBERICHT 2012

IMPRESSUM

Herausgeber:
Universität Kassel / University of Kassel
Kompetenzzentrum für Dezentrale Elektrische
Energieversorgungstechnik (KDEE)
Centre of Competence for Distributed Electric Power Technology

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias, Prof. Dr.-Ing. Martin Braun

Anschrift:
Wilhelmshöher Allee 71
34121 Kassel | Germany

www.kdee.uni-kassel.de

Sekretariate:
EVS: Tel. +49 561 804 6344 (Frau Anja Clark-Carina)
E-Mail: sekretariat.evs@uni-kassel.de
www.evs.e-technik.uni-kassel.de

e²n: Tel. +49 561 804 6201 (Frau Claudia Erdt)
E-Mail: cerdt@uni-kassel.de
www.uni-kassel.de/eecs/e2n

Redaktionelle Koordination:
M.Sc. Samuel Vasconcelos Araújo, Dr.-Ing. Mathias Käbisch

Satz und Layout:
formkonfekt | konzept & gestaltung | Karen Marschinke | Kassel

Bilder:
Universität Kassel, istockphoto, Jonathan Brüwer, Raphael Schäfer

Herstellung: Boxan, Kassel

Auflage: 500 Stück

Papier: Maxisilk, FSC zertifiziert
(Forest Stewardship Council bzw. dessen Zertifizierungssystem
steht für international gültige Standards einer ökonomisch,
ökologisch und sozial nachhaltigen Waldbewirtschaftung)

Kassel, Februar 2013



ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

4

Vorwort	4
Selbstbild KDEE	6
Das Fachgebiet EVS	10
Das Fachgebiet e²n	11
Vorstellung Prof. Dr.-Ing. Martin Braun	13
Forschungsverbunds Fahrzeugsysteme (FAST)	14
Vorstellung Dr.-Ing. Mathias Käbisch	15
Forschungskooperationen	16
Labor-Infrastruktur / Serviceangebote	19
Tia Summer School for Power Electronics, Japan 2012	20
GINo-Innovationspreis an Hochschülerfinder vergeben	21
Bilateraler Thailändisch-Deutscher Workshop, Chiang-Mai	22
World Alternative Energy Forum (WAEF 2012)	23
Experimentalkurs für die Klassenstufe 4	24

F&E PROJEKTE

26

Vorwort	26
Leistungselektronische Wandler für photovoltaische Systeme	28
Systemoptimierung von PV-Großkraftwerken	29
IEEE Future Energy Challenge – Entwicklung eines Kleinstwechselrichters	30
Analyse und Vergleich von leistungselektronischen Konvertern mit elektronischer Isolation	31
Entwicklung eines dreiphasigen Schnellladegeräts	32
Bordnetzwandler für Elektrofahrzeuge	33
Optimierung einer Statorwicklungsanordnung	34
Neuart. bürstenlose Gleichstrommaschine als Hilfsantrieb	35
Elektromobilitätskonzept mit teil-autonomen Fahrzeugen	36
Entwicklung eines hocheffizienten Vorschaltgeräts für LED-Leuchten	37
Lebensdauer und Betriebszuverlässigkeit leistungs- elektronischer Wandler	38
Modellierung der parasitären passiven Elemente in IGBT-Hochleistungsmodulen	39
Potenzialanalyse von Siliziumkarbid und Galliumnitrid- Bauelementen	40
Automatisierter Prüfstand für Leistungshalbleiter	41
Entwicklung eines elektromagnetischen Schienen- beschleunigers für den symmetrischen Taylortest	42
Energiemanagement zwischen verschiedenen Speichern	43
Nichtlineare Modellierung komplexer magnetischer Bauelemente	44

Verlustmessung von weichmagnetischen Materialien für leistungselektronische Anwendungen	45
Integrierte magnetische Bauelemente als Weg zu höheren Leistungsdichte	46
Ersatz von Speichern durch erweiterten Halbleitereinsatz	47
Kompensations-Kalorimeter zur schnellen Verlust- messung von leistungselektronischen Komponenten	48
Studie zur Veränderung der Netzkurzschlussleistung	50
Machbarkeitsstudie zur Bereitstellung geregelter Kurzschlussleistung	51
Aktive, intelligente Niederspannungsnetze	52
RAVE – Research at alpha ventus – Netzintegration	53
Auswirkungen von Windkraftanlagen auf die Spannungsstabilität	54
Security Assessment of Power Systems with Large- Scale Wind Integration	55
Daten-Erfassungssysteme und deren Anwendung in der Elektrotechnik	56
Netzwiederaufbau in dezentralen Versorgungsstrukture	57
Multi-Generator-Konzept für Windkraftanlagen im Offshore-Bereich	58
Entwicklung eines bürstenlosen, selbst-erregten und -geregelter Synchrongenerators	59
MagnetRing – Vorentwicklung eines magnetisch gelagerten Ringgenerators	60

DOKUMENTATION

62

Aktuelle Diplom I-Arbeiten 2012	62
Aktuelle Diplom II-Arbeiten 2012	63
Aktuelle Master-Arbeiten in 2012	63
Publikationen 2012	65
Publikationen 2011 – 2006	66
Patente und Schutzrechte	73
Mitarbeiter des KDEE	74
Impressionen	77

VORWORT

Das Kompetenzzentrum für Dezentrale Elektrische Energieversorgungstechnik (KDEE) an der Universität Kassel wurde 2008 durch Ministerin Kühne-Hörmann (CDU) eingeweiht und im Januar 2009 als eigene Struktureinheit der Universität Kassel eingerichtet. Seit her vollzog sich zunächst mit dem Fachgebiet Elektrische Energieversorgungssysteme (EVS) eine gemeinsame Entwicklung. Diese Entwicklung wurde nun mit der Berufung von Prof. Dr.-Ing. Martin Braun im Jahr 2012 durch das Fachgebiet ‚Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze‘ (e²n) ergänzt, um den Forschungsschwerpunkt Energiesystemtechnik in Nordhessen zu stärken.

Die Themen „Nutzung erneuerbarer Energiequellen“ und „Schonung von Ressourcen durch Effizienzsteigerung“ sind aktueller denn je.

Ursprünglich stand bei der Nutzung erneuerbarer Energiequellen die Bereitstellung von Wirkleistung mit höchster Effizienz im Fokus des Interesses. Viele systemtechnische Fragestellungen kommen jetzt hinzu. Aus Netzen, die durch große elektrische Maschinen dominiert wurden, werden Netze mit immer stärkerer Prägung durch leistungselektronische Energiewandler. Je höher der Anteil dieser Stromrichter an der installierten Gesamtleistung ist, desto stärker rücken auch Fragestellungen nach der Sicherung der Stabilität und Qualität der Netze in den Vordergrund. Hier sieht das KDEE zukunftsichernde Aufgabenfelder bei der Technikgestaltung durch die Entwicklung von Stellgliedern, geeigneter Automatisierungstechnik und durch ein Regelwerk für die Interaktion der vernetzten energietechnischen Komponenten.

Der Zubau von dezentralen Elektroenergieerzeugern konnte bis ins Jahr 2010 wegen des noch relativ geringen Anteils bei flächiger Verteilung kaum wirkliche negative Auswirkungen haben. Durch die hohe Wachstumsrate beim Zubau dezentraler Energieeinspeiser hat sich diese Situation grundlegend geändert. Verbrauch und Einspeisung von Energie in das elektrische Netz sind sowohl räumlich als auch zeitlich weitgehend unkorreliert. Gleichzeitig ist das Verbundnetz keine „kurze Kupferplatte“, sondern bildet ein „flächenhaftes“ elastisches System mit einer horizontalen Ausdehnung von mehreren 1000 km.

Weiterer Zubau setzt Systemkenntnis und Koordination voraus. Hierfür sieht sich das KDEE von der Seite der Grundlagenforschung über die Entwicklung neuer Prinziplösungen für Stellglieder bis zu Fragen der Netzregelung, Qualitätssicherung und damit der technischen und wirtschaftlichen Optimierung der Auslegung und Regelung dezentraler Energiesysteme in der Verantwortung.

Das Streben nach Energiewandlung mit höchster Effizienz zur Reduktion von CO₂-Emissionen und Kostensenkung überträgt sich aus dem Bereich der Erneuerbaren Energietechnik zunehmend auch in andere Bereiche. Neben der Wärmeversorgung durch Kraft-Wärme-Kopp-

lung und Wärmepumpen ist ein weiteres wichtiges Beispiel dafür der Automobilbau. Um diese Entwicklung voranzubringen, wirken das KDEE und seine Fachgebiete auch gleichzeitig im Forschungsverbund Fahrzeugsysteme (FAST) der Universität Kassel mit. Auch in der Industrieautomation, der Beleuchtungstechnik und der Medizintechnik führen Energieeinsparungen zu Kostenvorteilen, so dass hier weitere „spinn offs“ der bisherigen Forschungstätigkeiten zu erwarten sind.

Der deutlich erkennbare Trend, dass immer mehr Interessenten für ein energietechnisches Studium zu verzeichnen sind, ist sehr erfreulich. Auch der Trend, einen merklich höheren Anteil als früher zum Master (an der Uni Kassel früher Diplom II) zu führen, ist an dieser Stelle hervorzuheben. Besuchten an der Universität Kassel 2005 nur etwas über 20 Studenten die Vorlesung ‚Leistungselektronik‘, so sind es mittlerweile im Wintersemester 2012/13 über 120 Hörer. Die Zahl der Hörer des angebotenen Masterkurses in ‚Magnetische Bauelemente‘ hatte im ersten Jahr weniger als ein Drittel der derzeitigen Hörerschaft etc.. Die im Wintersemester 2012/13 neu angebotene Vorlesung ‚Intelligente Stromnetze‘ hatte bereits 70 Teilnehmer. Das wird den Mangel an qualifizierten Fachkräften lindern, ist aber absehbar weit entfernt von einer langfristigen Deckung der Nachfrage.

Es war daher eine weit vorausschauende Entscheidung des Landes Hessen durch das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst, gemeinsam mit der Universität Kassel, Wissenschaft und Forschung in diesen Bereichen durch Förderung und enge Kooperationsbeziehungen mit der Industrie auszubauen.

Die Gründung des Instituts für dezentrale Energietechnologie (IdE) durch die Universität Kassel im Verbund mit der Stadt Kassel und einer ganzen Reihe industrieller Akteure der Region als gemeinnützige GmbH ist ein weiterer, industriegetriebener Schritt in diese Richtung.

Das KDEE ist durch personelle Verknüpfung des Fachgebiets e²n mit dem Fraunhofer IWES in einer engen Kooperation verbunden, so dass die Kompetenzen der führenden regionalen Forschungseinrichtungen im Themenfeld der dezentralen elektrischen Energieversorgung optimal aufeinander abgestimmt werden können, um mit dieser Standortstärke gemeinsam die Energiewende in Nordhessen, national und international voranzubringen.

Die Mitarbeiter und Studenten von EVS, e²n und KDEE fühlen sich der weiteren Stärkung der Zusammenarbeit der Universität Kassel mit anderen wissenschaftlichen Institutionen wie dem Fraunhofer IWES und Industrie-Unternehmen sowie der internationalen Sichtbarkeit ihrer Leistungsfähigkeit auf dem Gebiet nachhaltiger Energieversorgung verpflichtet und danken ihren Förderern und Kooperationspartnern auf das Herzlichste.

FOREWORD

The Centre of Competence for Distributed Power Technology (KDEE) at the University of Kassel was inaugurated by minister Kühne-Hörmann (CDU) in 2008 and was established as a distinct structural unit of the University of Kassel in January 2009. Since then a mutual development in cooperation with the Department of Electrical Power Engineering (EVS) has taken place. This development was further expanded with the appointment of Prof. Dr.-Ing. Martin Braun as head of the Department of Energy-Management and Power System Operation (e²n) to strengthen the focus of power engineering research in northern Hesse.

Topics around the utilization of renewable energy sources and the conservation of resources through an increase in efficiency are more relevant than ever.

Originally, the provision of active power with high efficiency has been the primary objective of the utilization of renewable energy sources. Additionally, many system oriented questions are now coming up. Electric grids that used to be dominated by large electrical machines are being transformed into grids that are increasingly characterized by power electronic converters. The higher the share of the total installed capacity that is provided by these converters the more questions concerning the stability and quality of the networks are brought to the centre of attention. Within this context, the KDEE sees future fields of activity in the design of technology through the development of power converters, suitable automation technology and a set of rules for the interaction of interconnected distributed components in the power system.

Until the year 2010 the addition of distributed generation units could not have significant negative consequences due to the high level of robust grid structures. As a consequence of the high growth rates in the addition of decentralised energy suppliers this situation has changed fundamentally. Consumption of energy from the electrical grid and injection of energy into the grid are frequently uncorrelated in location as well as in time. At the same time, the European synchronous grid is no “short copperplate”, but forms an extensive elastic system with a “horizontal” expansion of multiples of 1000km. Further addition of decentralised energy providers requires knowledge of the system and coordination. The KDEE feels responsible to address these issues by undertaking fundamental research ranging from the development of new principal solutions for power converters to questions concerning network control and quality assurance as well as the technical and economical optimization of the dimensioning and control of decentralised energy systems.

The pursuit of achieving energy conversion with high efficiency is increasingly being carried over from the field of renewable energy technology to other areas. Aside from the supply of heat by means



Prof. Dr.-Ing. habil.
Peter Zacharias



Prof. Dr.-Ing.
Martin Braun

of combined-heat-and-power and heat pumps the automotive industry. To further this development the KDEE and its departments are actively involved in the research group Vehicle Systems (FAST) at the University of Kassel. In industry automation, lighting technology and medical technology energy savings also directly result in cost benefits.

Therefore, the noticeable trend of increasing interest of students to study power engineering is promising. It is also to be noted at this occasion, that a higher proportion of students than previously continue in the Master program. While in 2005 only about 20 students attended the lecture course on power electronics, the number has risen to over 120 in the current winter semester 2012/13. The number of students attending the lecture course on magnetic devices at MSc level was only a third of the current number in the first year it was offered. The newly offered lecture course on smart grids was already attended by 70 students. This will reduce the shortage of skilled professionals, but is far from a long-term fulfilment of demand.

It was therefore a far sighted decision of the state of Hesse through the ministry of science and art, together with the University of Kassel, to expand science and research in these areas through sponsorship and close cooperation with industry.

The establishment of the Institute for Distributed Energy Technology (IdE) is another industry driven step in this direction. The KDEE is in close collaboration with the Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology IWES through personal linkages with the department e²n. This allows the competences of the leading regional research institutions in the topic area of decentralized electrical energy supply to be closely coordinated to use this regional strength to bring forward the transition to a sustainable energy supply in northern Hesse, Germany and beyond.

Staff and students of EVS, e²n and KDEE are committed to further strengthen the cooperation of the University with other academic institutions such as the Fraunhofer IWES as well as industrial companies and to internationally visualize their performance and their industrial and scientific environment in the field of sustainable energy technology and would like to thank their sponsors and partners most sincerely.

P. Zacharias M. Braun

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS, PROF. DR.-ING. MARTIN BRAUN

Titel
SELBSTBILD KDEE

title
SELF-PERCEPTION KDEE

Die Gründung des Kompetenzzentrums für Dezentrale Elektrische Energieversorgungstechnik (KDEE) folgte dem Bedarf nach einem Konzentrationspunkt in der Universität für die Entwicklung komplexer innovativer Lösungen sowie nach einer Vorbereitung des wissenschaftlich technischen Transfers von komplexen gerätetechnischen und systemtechnischen Prinzip-Lösungen in die industrielle Praxis. Es ist thematisch und personell engverbunden mit dem Fachgebiet Elektrische Energieversorgungssysteme (EVS) und wurde im Jahr 2012 durch das Fachgebiet „Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze“ (e²n) verstärkt.



Leistungselektronische Stellglieder sind die flexibelsten und schnellsten für das Energiemanagement in derzeitigen und zukünftigen elektrischen Energienetzen. Ihre Konstruktion und Regelung erfordert spezielles Know-how, das von EVS und KDEE entwickelt, langfristig konzentriert und fortgeführt wird.

Ergänzt wird diese Kompetenz durch das Fachgebiet e²n im Bereich der technisch und wirtschaftlich optimierten Auslegung und Betriebsführung des zukünftigen dezentralen Energieversorgungssystems (Smart Grid) mit hohem Anteil erneuerbarer Energien als wichtige Herausforderung der Energiewende zur Sicherstellung einer sicheren, kosteneffizienten und nachhaltigen Energieversorgung.

Damit wird das KDEE Partner für industrielle und öffentlich geförderte Projekte sowohl aus dem Grundlagenbereich als auch für industrielle Vorentwicklungen.

Die Gründung des KDEE dient der weiteren Stärkung der Zusammenarbeit der Universität Kassel mit anderen wissenschaftlichen Institutionen wie dem Fraunhofer IWES und Industrieunternehmen sowie der internationalen Sichtbarkeit ihrer Leistungsfähigkeit und ihres industriellen und wissenschaftlichen Umfelds.

Ein zentrales Ziel ist es, die Anzahl der Arbeitsplätze im Sektor Dezentrale Energiesysteme in der Region Nordhessen bis 2020 auf mindestens 20.000, entsprechend der vom deENet e. V. durchgeführten Potenzialstudie, zu steigern. So soll das Profil der Region in Richtung effizienter Energieerzeugung, -verteilung und -verwendung weiter geschärft werden.

In der wissenschaftlichen Gesellschaft wird die Entwicklung einer DFG Forschergruppe aus dem KDEE heraus angestrebt.

The establishment of the Centre of Competence for Distributed Electric Power Technology (KDEE) followed the need for a concentration point for the development of innovative solutions

within the university as well as the need for the preparation of the scientific-technical transfer of complex device and systems principle solutions into the industrial exploration. In terms of topics and staff, the KDEE is closely connected with the department of Electric Power Supply Systems (EVS) and the department of Energy-Management and Power System Operation (e²n). Power electronic converters are the most flexible and dynamic equipment for management of energy in the current and future electrical grid. Their construction and control requires specialized knowledge, which will be developed, concentrated and pursued in the long term by the EVS and KDEE.

This expertise is being complemented by the department e²n in the field of the technically and economically optimized design and control of the future decentralized energy supply system (smart grid) based on renewable energies to guarantee a secure, cost-efficient and sustainable energy supply.

Hence, the KDEE will act as a partner for industrial and public-founded projects not only on the fundamental research level but also for industrial-oriented applications. The foundation of the KDEE aims to further strengthen the cooperation between the university and companies and, additionally, to promote international awareness of its capabilities and its industrial-scientific environment.

It is a central goal to increase the number of workplaces in the sector of distributed power systems in the region of Northern Hesse up to at least 20,000 until 2020 in accordance with the results of the potential study of the cluster organization deENet e. V. Thus, the profile of the region will be further shaped in the direction of efficient energy production and energy use. Within the scientific community the aim is to develop the KDEE into a DFG Research Group.

Einbindung in die Universität Kassel

Das KDEE als Einheit in die Universität Kassel eingebunden.

KDEE  Kompetenzzentrum für
Dezentrale Elektrische
Energieversorgungstechnik

Kernkompetenz:

Energiesystemtechnik für die Nutzung erneuerbarer Energien. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Stromrichtertechnik bei dezentraler Energiewandlung sowie mobilen Energieversorgungssystemen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die technisch und wirtschaftlich optimierte Auslegung und Regelung von Energieversorgungssystemen.

Thematische Schwerpunkte des Zentrums

- Erforschung und Entwicklung von neuen Systemelementen und Strukturen für dezentrale elektrische Energieversorgungssysteme, sowohl im Verbund als auch in isolierten Inselnetzen.
- Entwicklung von Grundsatzlösungen für Geräte, Anlagen und Systeme zur sicheren, effizienten und nachhaltigen dezentralen Versorgung mit Strom und Wärme unter Berücksichtigung aller ökonomisch sinnvollen Energieressourcen.
- Analyse sowie technisch und wirtschaftlich optimierte Auslegung und Regelung von elektrischen Verteilungsnetzen.
- Erforschung und Entwicklung von Konzepten und technischen Grundsatzlösungen für ein Leistungs- und Energiemanagement mit dezentralen Anlagen (Erzeuger, Speicher, Verbraucher) wie z. B. Photovoltaik- und Windenergieanlagen, Blockheizkraftwerken, Brennstoffzellen, Batterien und Elektrofahrzeugen sowie Wärmepumpen.
- Entwicklung neuartiger Aktoren und Antriebe und deren Peripherie für Fahrzeuge sowie Regelung und Betriebsführung von vernetzten Energielieferanten und Energiespeichern in mobilen Systemen und Bordnetzen.
- Ausbildung hoch qualifizierter und promovierter Ingenieure der Energietechnik.

Involvement with the University of Kassel

The Centre of Competence for Distributed Electric Power Technology (KDEE) is integrated in the University of Kassel as follows:

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

Core competence:

Appliance-oriented power systems technology for the use of renewable energy sources with focus on the power converter technology for decentralized energy conversion and mobile power supply systems as well as the technical and economic optimization of design and control of energy supply systems.

Thematic focus of the centre

- *Research and development of new system elements and structures for the decentralized provision of electric energy in the mains power supply not only in connected but also in island grids.*
- *Development of basic solutions for appliances, facilities and systems for the decentralized provision of electric power and heat in order to promote the effective utilization of all economically reasonable energy sources.*
- *Analysis as well as technical and economical optimization of design and control of electric distribution networks.*
- *Investigation and development of concepts and technical approaches for a power- and energy-management with distributed systems (generators, storage systems, loads) such as photovoltaics and wind facilities, combined heat and power plants, fuel cells, batteries, electric vehicles, and heat pumps.*
- *Development of new actuators and drives as well as associated peripheral equipment for vehicles and the control and system management of interconnected energy sources and energy storages in mobile systems and on-board power supplies.*
- *Training of highly-qualified engineers in the field of power engineering.*

Das KDEE ist in folgende Säulen gegliedert

▪ Stromrichtersysteme für Gleichstrom-Generatoren und Speicher

Energiewandler zur Wandlung von Gleichstrom in Wechselstrom und umgekehrt – z. B. zur Nutzung in Photovoltaiksystemen oder für elektrochemische Speicher sowie für Brennstoffzellen – und zur Verbindung von Gleichspannungssystemen mit unterschiedlichen Spannungen im stationären Bereich und im Bereich von Fahrzeugen.

▪ Stromrichtersysteme für drehzahlvariable Wechselstrom-Quellen

Energiewandler für die Kopplung frequenz-variabler oder von der Netzfrequenz stark abweichender Wechselstromquellen an ein frequenzstarres Netz, wie z. B. in innovativen Blockheizkraftwerken sowie drehzahlvariablen Wasserkraft- und Windgeneratoren.

▪ Windkrafttechnik

Triebstrangkonzpte und regelungstechnische Konzepte der Netz-anbindung von Generatoren mit variabler Drehzahl sowie Wind-kraftanlagen als systemtechnische Gesamtkonzepte.

▪ Leistungselektronische Konverter für industrielle Applikationen

Nutzung des über drei Jahrzehnte aufgebauten Know-how in der Stromrichtertechnik zur Aufbereitung elektrischer Energie in indus-triellen Prozessen.

▪ Elektrische Netze

Auslegung, Regelung und Betriebsführung des elektrischen Netzes mit Berücksichtigung regelbarer dezentraler Erzeuger, Speicher, Verbraucher sowie Netzbetriebsmittel.

KDEE is structured into the following columns

▪ Power converter systems for DC-generators and storages

Conversion of DC-current into AC-current and vice versa – for example in use of photovoltaic systems or electric-chemical storages like fuel cells or the connection of DC-systems with different voltage levels in stationary or in automobile applications.

▪ Power converter systems for AC-sources with variable speed

Coupling systems with AC sources with a variable frequency output or output frequency that deviates significantly from the grid frequency to a fixed frequency network. Examples include innovative combined heat and power generation plant as well as speed variable hydroelectric and wind power plants.

▪ Wind power technology

Drive train concepts and control techniques for the grid connection of generators with variable speed as well as wind power plants as general system concepts.

▪ Power electronics converter for industrial applications

Use of know-how accumulated in over 30 years in the field of power converters technology for the conditioning of electric energy in industrial processes.

▪ Electric networks

Design, control, and operation of electric networks considering controllable distributed generation units, storage systems, loads, and network equipment.



Zusammenwirkung der Akteure auf dem Gebiet Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in der Universität Kassel und ihrem Umfeld in einer Übersicht.

Overview about Research for Renewable Energies and Energy Efficiency within the University of Kassel and around.

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**DAS FACHGEBIET ELEKTRISCHE ENERGIE-
VERSORGUNGSSYSTEME (EVS)**

title
**DEPARTMENT OF ELECTRIC POWER SUPPLY
SYSTEMS (EVS)**

EVS

Elektrische
EnergieVersorgungsSysteme

Lehre und Forschung im Fachgebiet sind ausgerichtet auf Anlagen und Systeme zur elektrischen Energieversorgung sowie auf die Entwicklung leistungselektronischer Bauelemente und Baugruppen für solche Systeme. Sie umfassen dabei die Entwicklung von Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen (z. B. Sonne, Kleinwasserkraft, Biogas und Wind) sowie leistungselektronische Wandler in mobilen Anwendungsbereichen. Besonders enge Zusammenarbeit besteht mit dem 1988 durch den damaligen Fachgebietsleiter Prof. Kleinkauf gegründeten „Institut für Solare Energieversorgungstechnik“ (ISET e. V.), heute: Fraunhofer IWES (Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik) und der SMA Solar Technology AG.

SMA wurde 1981 von Prof. Werner Kleinkauf und den wissenschaftlichen Mitarbeitern Dipl.-Ing. Günther Cramer, Dipl.-Ing. Peter Drews und Dipl.-Ing. Reiner Wettlaufer als „Spin-off“ aus der Universität Kassel heraus gegründet und ist heute eines der führenden Unternehmen im Bereich der Solartechnik.

Enge Verbindungen werden mit dem Fraunhofer IWES gepflegt durch gemeinsame Projekte und die Betreuung von Diplomanden und Doktoranden. Bei einem Mitarbeiterstamm von derzeit fast 30 Personen im KDEE hat sich auf dem Gebiet der Energieversorgung insgesamt ein leistungsfähiger Forschungsschwerpunkt an der Universität Kassel entwickelt. Dadurch können sowohl gute Forschungsmöglichkeiten als auch breitgefächerte Studieninhalte geboten werden.

**Das Fachgebiet bietet folgende Lehrveranstaltungen an:
The following courses are offered by the department:**

- **Grundlagen der Energietechnik**
- **Leistungselektronik**
- **Leistungselektronik für Mechatroniker**
- **Magnetische Bauelemente**
- **Leistungselektronik zur Energieaufbereitung in dezentralen und regenerativen Energieversorgungssystemen**
- **Simulation regenerativer Energieversorgungssysteme**
- **Regelung elektrischer Energieversorgungseinheiten**
- **Nutzung der Windenergie**
- **Regelung und Netzintegration von Windkraftanlagen**
- **Grundlagen der Elektro- und Messtechnik**
- **Energiewirtschaftliche Aspekte der Energietechnik I und II**
- **Seminar Netzintegration dezentraler Einspeisesysteme**
- **Seminar Windkrafttechnik**
- **Praktikum Leistungselektronik / Energietechnisches Praktikum**

Prof. Dr.-Ing. habil. P. Zacharias
Prof. Dr.-Ing. habil. P. Zacharias
Prof. Dr.-Ing. habil. P. Zacharias
Prof. Dr.-Ing. habil. P. Zacharias
Dr.-Ing. M. Meinhardt, SMA Solar Technology AG
Dr.-Ing. M. Meinhardt, SMA Solar Technology AG
Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier
Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier
Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier
Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier / Dr.-Ing. Mathias Käbisch
Prof. Dr.-Ing. H. Bradke, FhG-ISI Karlsruhe
Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier
Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier
Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier

Teaching and research at the department are focused on subsystems and systems for electrical power supply and on development of power electronic components and devices for such systems. These include especially the development of methods to use renewable energy sources (e. g. solar energy, small-hydro power, biogas and wind) and power electronic converters for mobile applications. A special cooperation exists with the former “**Institute for Solar Energy Technology**” (ISET e. V.), today: Fraunhofer IWES (Institute for Wind Energy and Energy System Technology), which was founded 1988 by the former head of the EVS department Prof. Werner Kleinkauf. Close connections are maintained by common projects and the supervision of doctoral candidates of the Fh IWES.

With currently approximately 30 employees EVS and KDEE form a powerful research focus on the topic of energy supply systems at the University of Kassel. Thereby good research possibilities as well as widespread study contents can be offered.



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias, Leiter des Fachgebiets
Prof. Dr.-Ing. habil. Siegfried Heier
Prof. Dr.-Ing. Harald Bradke, Leiter des Competence Centers Energiepolitik und Energiesysteme beim Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Dr.-Ing. Mike Meinhardt, Leiter des Wissensmanagements der SMA Solar Technology AG
Dr.-Ing. Mathias Käbisch

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. MARTIN BRAUN

Titel
**DAS FACHGEBIET ENERGIEMANAGEMENT
UND BETRIEB ELEKTRISCHER NETZE (e²n)**

title
**DEPARTMENT OF ENERGY MANAGEMENT
AND POWER SYSTEM OPERATION (e²n)**



Energiemanagement und
Betrieb elektrischer Netze



Prof. Dr.-Ing. Martin Braun
Leiter des Fachgebiets
Abteilungsleiter Betrieb
Verteilungsnetze am Fraunhofer IWES

Das Fachgebiet Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze (e²n) wurde im September 2012 im Fachbereich Elektrotechnik / Informatik gegründet. Das Fachgebiet vertritt in Forschung und Lehre die technisch und wirtschaftlich optimierte Auslegung und Betriebsführung des zukünftigen dezentralen Energieversorgungssystems (Smart Grid) mit hohem Anteil erneuerbarer Energien als wichtige Herausforderung der Energiewende zur Sicherstellung einer sicheren, kosteneffizienten und nachhaltigen Energieversorgung.

Wesentliche Schwerpunkte sind dabei:

- Technisch-wirtschaftlich optimierte Verfahren für die Analyse, Auslegung, Regelung und Betriebsführung von Verteilungsnetzen
- Bereitstellung von Energie- und Netzdienstleistungen durch dezentrale Anlagen (Erzeuger, Speicher, Verbraucher) z.B. Photovoltaik- und Windenergieanlagen, Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, Elektrofahrzeuge und stationäre Speichersysteme sowie Wärmepumpen
- Verfahren für Energie- und Netzmanagement in dezentralen Versorgungsstrukturen mit Aggregations- und Anreizkonzepten

In der Forschung erfolgt die interdisziplinäre Entwicklung von Methoden, Konzepten und Verfahren zur Analyse, Betriebsführung und Auslegung des zukünftigen dezentralen Energieversorgungssystems mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Ein Schwerpunkt ist dabei die Entwicklung von Methoden zur Modellbildung und (Echtzeit-)Simulation zur Analyse und Beschreibung des Systems in verschiedenen Zeitskalen (Sekunden bis Jahre) und Systemebenen (Bilanzkreise und Spannungsebenen). Ein weiterer Schwerpunkt ist die ganzheitliche multikriterielle Optimierung der Auslegung und Betriebsführung über verschiedene Akteure, Regelungsstrategien und Zeitskalen.

Das Fachgebiet ist durch personelle Verknüpfungen eng mit dem Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES am Standort Kassel verbunden. Die Zusammenarbeit basiert u.a. auf gemeinsam betreute studentische Abschlussarbeiten und Promotionen, Angebot von Lehrveranstaltungen durch Fraunhofer-Wissenschaftler, Forschungsprojekten und die gegenseitige Bereitstellung von Infrastruktur. Damit können ausgezeichnete Forschungsmöglichkeiten und breitgefächerte Lehrveranstaltungen angeboten werden.

The department of Energy-Management and Power System Operation (e²n) was founded in September 2012. In teaching and research, the department’s focus is on the technically and economically optimized design and control of the future decentralized energy supply system (smart grid) based on renewable energies to guarantee a secure, cost-efficient and sustainable energy supply.

Here, main focal points are:

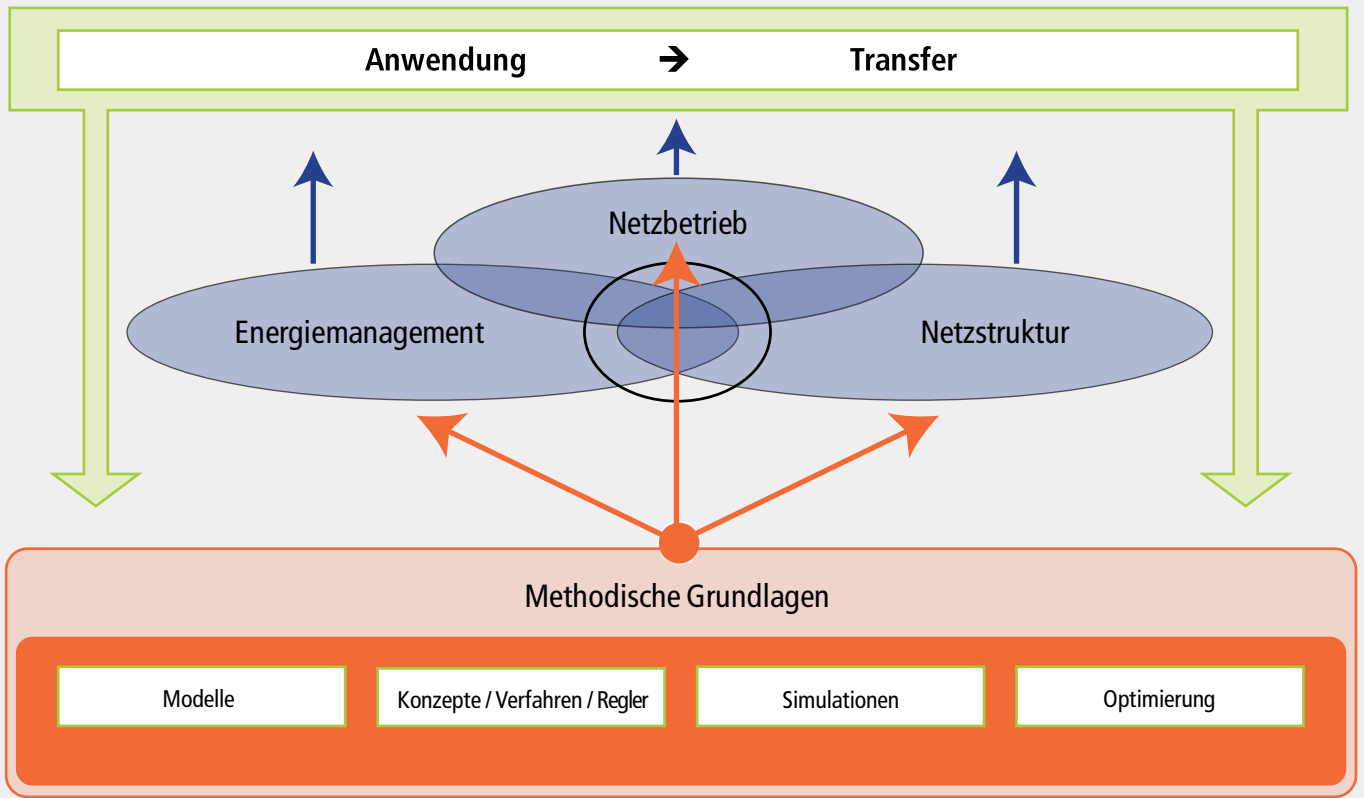
- Technically and economically optimized approaches for the analysis, design and operation of distribution systems
- Provision of energy and ancillary services by controllable distributed energy units such as photovoltaic systems, wind energy systems, combined heat and power plants, batteries, electrical vehicles and heat pumps
- Approaches for energy and system management in decentralized supply structures with different concepts such as aggregation and incentive-based strategies

Subject-matter of the department’s research activities is the interdisciplinary development of methods, approaches/concepts and procedures for the analysis, operation and design of the future decentralized energy supply system which will be characterized by a high share of renewable energy sources. Here, the focus is on the development of methods for modeling and simulating systems, which allows analysis and characterization of these systems at different time scales (seconds up to years) and system levels (accounting grid and voltage levels). Another important aspect is the integrated multi-constraint objective optimization of the design and operation of power systems considering different players involved, control strategies and time scales.

The department is cooperating closely with the Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology IWES in Kassel. The collaboration includes among others jointly supervised theses (Bachelor, Master, PhD), courses offered by Fraunhofer-scientists, research projects and the mutual provision of infrastructure. Thereby, excellent research opportunities as well as a wide variety of courses can be offered.

Das Fachgebiet bietet folgende Lehrveranstaltungen an:
The following courses are offered by the department:

▪ Energiewandlungsverfahren	Prof. Dr.-Ing. Martin Braun
▪ Intelligente Stromnetze	Prof. Dr.-Ing. Martin Braun
▪ Energiemanagement in Gebäuden	Prof. Dr.-Ing. Martin Braun und Mitarbeiter des Fraunhofer IWES
▪ Evolutionäre Algorithmen	Paul Kaufmann
▪ Windenergie als Teil des Energieversorgungssystems	Dr.-Ing. Kurt Rohrig und Dr.-Ing. Bernhard Lange, Fraunhofer IWES
▪ Seminar Intelligente Stromnetze	Prof. Dr.-Ing. Martin Braun und Paul Kaufmann
▪ Seminar Organische Netze	Prof. Dr.-Ing. Martin Braun und Paul Kaufmann
▪ Praktikum Photovoltaik	Bernd Groß
▪ Energietechnisches Praktikum I/II	Bernd Groß
▪ Weitere Lehrveranstaltungen befinden sich in Vorbereitung mit den folgenden inhaltlichen Schwerpunkten:	Prof. Dr.-Ing. Martin Braun
- Netzberechnung / -auslegung	
- Netzregelung / -betriebsführung	
- Energiemanagement	
- Photovoltaic Systems Technology	



Forschungsprogramm e²n
Research program e²n

PROF. DR.-ING. MARTIN BRAUN

Bereits mit der Aufnahme meines parallelen Studiums der Elektro- und Informationstechnik sowie der technisch orientierten Betriebswirtschaftslehre an der Universität Stuttgart fasste ich das berufliche Ziel, einen Beitrag zu einer nachhaltigen Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien zu leisten. Von 2005 bis 2008 habe ich in Kassel am ISET (Institut für Solare Energieversorgungstechnik) in der Gruppe Elektrische Netze wissenschaftlich gearbeitet und meine europäische Promotion 2008 an der Universität Kassel abgeschlossen.

Im Anschluss habe ich das neue Aufgabengebiets „Dezentrale Netzdienstleistungen“ als Gruppenleiter am Fraunhofer IWES in Kassel aufgebaut. Daraus ist 2012 die Abteilung „Betrieb Verteilungsnetze“, mit derzeit 18 wissenschaftlichen Mitarbeitern (zzgl. Studenten), entstanden. Parallel zu meinen Funktionen am Fraunhofer IWES habe ich den akademisch-universitären Weg eingeschlagen.

Von 2010 bis 2012 war ich Juniorprofessor für „Smart Power Grids“ an der Universität Stuttgart. In den zwei Jahren meines Wirkens am Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik (IEH) habe ich ein Team von Doktoranden aufgebaut, welche ich in ihrer Promotion weiter betreue. Die weitergeführte enge Zusammenarbeit mit dem IEH wird ergänzt durch meine Assoziierung an das Exzellenzcluster „Simulation Technology“ (SimTech) der Universität Stuttgart.

Im September 2012 bin ich dem Ruf der Universität Kassel für die Universitätsprofessur Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze gefolgt und befinde mich gerade im Aufbau des gleichnamigen Fachgebiets e²n. Ich freue mich das KDEE mit den Kompetenzen meines Fachgebiets zu ergänzen und damit den zugehörigen Forschungsschwerpunkt an der Universität Kassel zu verstärken. Eine wichtige Aufgabe für mich ist die Gestaltung und Unterstützung der Energiewende. Wichtig dafür ist, die Standortkompetenz mit den wissenschaftlichen und industriellen Akteuren in Nordhessen zu bündeln, um gemeinsam wesentliche Beiträge zu leisten und die Energiewende in Nordhessen und darüber hinaus zu gestalten.

Vorlesungen und die fachliche Betreuung von studentischen Abschlussarbeiten und Doktorarbeiten bereiten mir große Freude. Für die wissenschaftliche Ausbildung von qualifizierten Nachwuchskräften an der Universität Kassel ist eine wichtige Aufgabe des Fachgebiets, das Lehrangebot im Themenfeld des Energiemanagements und der elektrischen Netze auszuweiten sowie vorhandene Studiengänge mit ihren Vertiefungslinien zu profilieren und das Studienangebot zu erweitern. Dazu gehört auch ein Promotionsprogramm zu gestalten, das einen Qualifizierungsrahmen für den wissenschaftlichen Nachwuchs bietet. Wichtig ist dabei auch die Sichtbarkeit und Exzellenz der Forschung im internationalen Vergleich. Deshalb bin ich in wichtigen internationalen Netzwerken (IEEE, IEA, CIGRE) vertreten, um uns geeignet zu positionieren.

Ich freue mich auf das Wirken an der Universität Kassel in Forschung und Lehre sowie die gemeinsame Gestaltung der Energiewende mit unseren Kooperationspartnern.

Already at the beginning of my parallel studies of electrical engineering and information technology as well as technically oriented business administration at the University of Stuttgart I set myself the professional goal to make a contribution to a sustainable electric energy supply with a large proportion of renewable energies. In the years of 2005 to 2008 I have worked in the electrical grid group of the Institute for solar energy technologies (ISET) in Kassel and obtained my doctorate from the University of Kassel in 2008.

Subsequently, I have developed the research group “Decentralized Ancillary Services” as group leader at the Fraunhofer IWES in Kassel. From this group the department “Distribution System Operation” with 18 scientific employees was formed in 2012. In parallel to my activities at Fraunhofer IWES I have followed the academic career.

I was junior professor for “Smart Power Grids” at the University of Stuttgart from 2010 to 2012. In the two years I worked at the Institute of Power Transmission and High Voltage Technology (IEH) where I have built up a research team of doctoral candidates that I continue to supervise. The continued close cooperation with the IEH is supplemented by my association to the excellence cluster “Simulation Technology” (SimTech) at the University of Stuttgart.

In September 2012 I accepted the call of the University of Kassel as professor for energy management and power system operation (e²n). Currently, I am building up the department and I am looking forward to complement the KDEE with the department’s competences and to strengthen the associated research focus at the University of Kassel. The shaping and support of the transformation of the energy supply system towards a more sustainable system is t important task for me. For this task, it is important to combine the regional competences of the scientific and industrial players in northern Hesse to make joint contributions and to shape the transition to a sustainable energy in northern Hesse and beyond.

I enjoy lectures and the supervision of students’ as well as doctoral theses. In order to support the academic education of qualified professionals it is an important task of the department to expand the program of lectures in the topic areas of energy management and electric networks as well as to shape existing courses of study to expand the options for specialisation. A doctoral program, that offers a qualification framework for junior scientists, is part of this effort. The visibility and excellence of research in an international comparison is also important. I am therefore active in international networks (IEEE, IEA, CIGRE) to position us suitably.

I am looking forward to work in research and teaching at the University of Kassel, as well as to shape the transition to a sustainable energy supply together with our cooperation partners.

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS, PROF. DR.-ING. MARTIN BRAUN

Titel
**DAS KDEE IST MIT DEN FACHGEBIETEN e²n UND EVS MITGLIED DES FORSCHUNGS-
VERBUNDS FAHRZEUGSYSTEME (FAST)**

title
**THE DEPARTMENTS e²n AND EVS OF THE KDEE
ARE MEMBERS OF THE UNIVERSITY RESEARCH
ASSOCIATION FOR VEHICLE SYSTEMS (FAST)**

Der Fahrzeugbau ist eine in Deutschland etablierte Schlüssel-industrie, deren Bestand und Wachstum entscheidend bestimmt wird durch die Entwicklung von Technologien zur Funktionsverbesserung durch mechatronische Systeme, alternative Antriebstechniken sowie Konzepte zur Verbrauchsoptimierung und zur Einsparung von Primärenergie, Emissionen sowie Reibungsverlusten.

Ein Schlüssel zum vertieften Verständnis der komplexen mechanischen, elektronischen und fluidmechanischen Prozessabläufe sowie zur Verkürzung der Entwicklungsabläufe sind rechnergestützte und experimentelle Simulationstechniken für virtuelle Fahrzeug- und Motormodelle.

Durch Bündelung der an der Universität Kassel vorhandenen Kompetenzen in den Bereichen Motormechanik und Fahrzeug-Elektrik/Elektronik wollen die beteiligten Institute Methoden und Verfahren des System Engineering zur industriellen Praxisreife entwickeln und bis zur industriellen Einführung begleiten. Ein wichtiger Aspekt ist dabei auch die Integration von Elektrofahrzeugen in das Stromversorgungssystem.

In einer Ringvorlesung „Komponenten und Systeme in konventionellen und elektrischen Fahrzeugen“ stellen Fachgebiete aus den Fachbereichen 15 und 16 der Universität Kassel die unterschiedlichen Disziplinen im Automobil vor. Die Fachvorträge erläutern das komplexe Zusammenspiel der elektrischen und mechanischen Komponenten im Fahrzeug und stellen die daraus entstehenden Herausforderungen und Lösungsansätze dar. Die Ringvorlesung richtet sich an Studenten der Fachrichtungen Elektrotechnik, Mechatronik und Maschinenbau. Sie ist aber auch für andere Studenten und Gasthörer geeignet, die sich für ein umfassendes, technisches Hintergrundwissen im Automobilbereich interessieren.



Vehicle manufacturing is an established key industry in Germany, whose stability and growth depends on the development of technologies to improve the functionality using mechatronic systems as well as the development of alternative drive technologies and concepts to optimize consumption, to save primary energy and to reduce emissions and minimize friction losses.

Computer based and experimental simulation techniques for virtual vehicle and engine models are a key to a deep understanding of complex mechanical, electronic and fluid dynamic processes and to shorten the development process.

By combining the existent competences in the areas of engine mechanics and vehicle electrics/electronics at the University of Kassel the involved institutes want to develop methods and processes in systems engineering to industrial maturity and accompany the initial application of these in industry.

In a lecture series titled "Components and Systems in conventional and electrical vehicles" the departments of the faculties of mechanical and electrical engineering and computer science (faculties 15/16) at the University of Kassel present the different disciplines in vehicle manufacturing. The lectures explain the complex interaction of electrical and mechanical components in a vehicle and illustrate the resulting challenges as well as possible solutions. The lecture series is aimed at students of the disciplines of electrical, mechatronic and mechanical engineering. However, it is also suitable for students and other guest auditors interested in comprehensive technical background knowledge of vehicle manufacturing.

DR.-ING. MATHIAS KÄBISCH



Dr.-Ing.
Mathias Käbisch

Seit September 2012 verstärkt Mathias Käbisch das Team des KDEE/EVS im Bereich der Forschung und Lehre.

Er studierte Energietechnik an der Otto von Guericke Universität Magdeburg und arbeitete dort im Anschluss als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Elektrische Netze und Alternative Elektroenergiequellen. Neben der Bearbeitung eines Teilprojektes im Landesschwerpunkt Automotive unterstützte er die Lehre und betreute eine Vielzahl von Abschlussarbeiten. Er promovierte 2011 im Bereich der Brennstoffzellentechnik mit Fokus auf einer effizienten Energiewandlung in mobilen Systemen.

In Zukunft sollen durch ihn im Rahmen von neuen Vorlesungen und Projekten den Studenten Themen im Bereich der Brennstoffzellen- und Batterietechnik nahe gebracht werden.

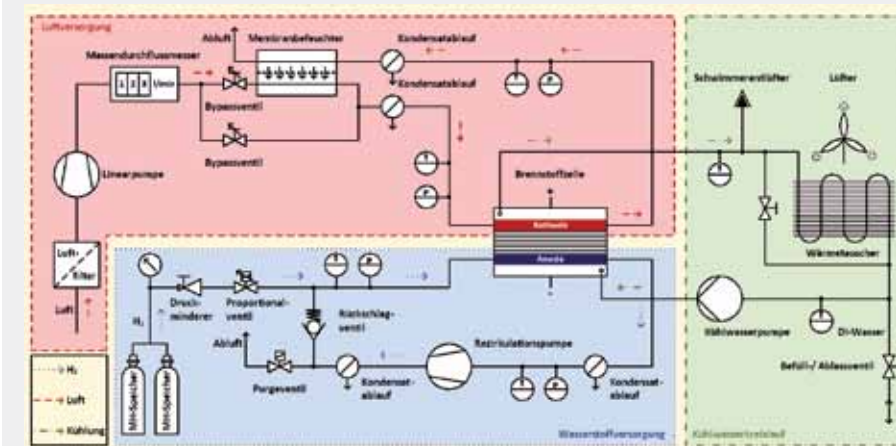
Durch die Zugehörigkeit zu den Netzwerken IEEE, VDE und VDI ist der Bezug zu aktuellen nationalen und internationalen Forschungsschwerpunkten gegeben, was in eigenen Forschungs- und Ausbildungsansätzen Berücksichtigung findet.

Mathias Käbisch joined the team of KDEE/EVS in September 2012 to support the fields of teaching and research.

He studied power engineering at the Otto von Guericke University Magdeburg and subsequently worked there as a scientific assistant at the chair of Electric Power Networks and Renewable Energy Sources. In addition to working at the project "Competence in Mobility" (CoMo) he was actively involved in lectures and has supervised a number of master theses. He obtained his PhD in 2011 with a dissertation in the field of fuel cell technology with a focus on efficient energy conversion in mobile systems.

In the future he plans to offer new lectures and projects to interest students in topics related to fuel cell and battery technology.

The involvement in discussions and activities regarding current national and international research through membership in networks such as IEEE, VDE, and VDI results in important impulses for his research and teaching.



Realisiertes Autonomes Brennstoffzellensystem an der OvGU Magdeburg
Autonomous fuel-cell system implemented at OvGU Magdeburg

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
FORSCHUNGSKOOPERATIONEN

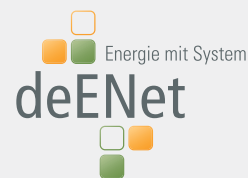
title
RESEARCH COOPERATIONS

Das EVS, e²n und KDEE entwickeln gemeinsam mit anderen Fachgebieten aus der Universität Kassel heraus zusammen mit dem Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) Lösungen für die Netzintegration von Erneuerbaren Energiequellen. Mit dem regionalen Netzwerk „deENet – Energie mit System“ (www.deenet.org) wird in enger Kooperation für den Transfer wissenschaftlich-technischer Ergebnisse aus der Universität in die Region gesorgt. Die bereits bestehenden langjährigen Kooperationen mit der SMA Solar Technology AG, e.on|Mitte, AREVA, POLYMA im Bereich der dezentralen Versorgungssysteme sowie der Infineon AG werden ausgeweitet und auf weitere Partner erweitert.

Zielstellung ist es dabei, den Schwerpunkt der Energietechnik bei der Wertschöpfung in der Region weiter deutlich auszubauen, um so dieses regionale Profil bildende Element zu stärken. Die entstehenden Schutzrechte werden über die UniKasselTransfer GmbH vermarktet. Das Institut für dezentrale Energietechnik GmbH i. G. an der Universität Kassel wird dabei zum schnelleren Transfer der Forschungsergebnisse mittels Ingenieurdienstleistungen, Weiterentwicklungen, wissenschaftlichen Geräte und im Vertrieb einbezogen.

The KDEE, together with the EVS and e²n from the University of Kassel along with the Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology (IWES), will develop in cooperation device-related solutions for the grid integration of renewable energy sources. By means of close cooperation with the regional network deENet (www.deenet.org), the transfer of scientific-technical results from the university to the region will be ensured. The already existing long lasting cooperations with SMA Solar Technology AG, e.on|Mitte, AREVA and POLYMA in the area of decentralized power supply systems, as well as cooperation with Infineon AG and CREE Inc., will be expanded to additional partners.

The purpose of these cooperations is to develop the core areas of energy technology thus boosting the region of Kassel. The intellectual property rights are managed by UniKasselTransfer GmbH. The Institute of Decentralized Energy Technology GmbH i. G., University of Kassel, aims to accelerate the transfer of the research results by means of engineer's services, further developments, building of scientific tools and involvement in sales.



Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien e. V.

gegründet 2003 in Kassel; mehr als 100 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Dienstleister

Network of Competence on Decentralized Energy Technology e. V.

founded in 2003 in Kassel ; more than 100 companies, research institutes and service providers

Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien e. V. Network of Competence on Decentralized Energy Technology e. V.



Im Bereich der elektrischen energietechnischen Aufgabenstellungen in mobilen Anwendungen für die Bordversorgung und die Traktion wird die Zusammenarbeit mit Volkswagen AG in Baunatal in Verbindung mit dem Forschungsverbund Fahrzeugsysteme weiter ausgebaut.

In Verbindung von Forschung und Lehre werden in Kooperation mit den Unternehmen besonders befähigte Mitarbeiter dieser Unternehmen zur Promotion geführt und Themen aus diesen Unternehmen innerhalb des KDEE zur Promotion angeboten.

Für ganzheitliche Lösungen bei der technischen Integration dezentraler Energieerzeugungssysteme für Strom und Wärme in Gebäude wird die Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Umweltbewusstes Bauen (ZUB) und der Abteilung Energiesysteme des Fraunhofer Instituts für Bauphysik in Kassel weiter entwickelt.



Nationale und Internationale Kooperation

Eine Präsenz in den folgenden Organisationen ist bereits vorhanden:

- European Academy of Wind Energy (EAWE)
- European Centre of Power Electronics (ECPE)
- European Renewable Energy Centres Agency (EUREC)
- European Power Electronic and Drives Association (EPE)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Insbesondere über das Netzwerk EAWE ist eine Kooperation mit der Leibniz-Universität Hannover und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg gegeben. Neben dem Engagement im regional und über-regional agierenden deENet e.V. ist das KDEE im Verband Deutscher Ingenieure (VDI), dem Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE) bzw. der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) verankert.

In the branch of electrical energy technology for mobile applications, the activities related to on-board power systems and traction will be further expanded in cooperation with Volkswagen AG in Baunatal and the Research Association for Vehicle Systems (FAST) inside the University of Kassel.

Connecting research and teaching activities, specialized and talented employees of those companies have the possibility to develop their PhD work inside KDEE.

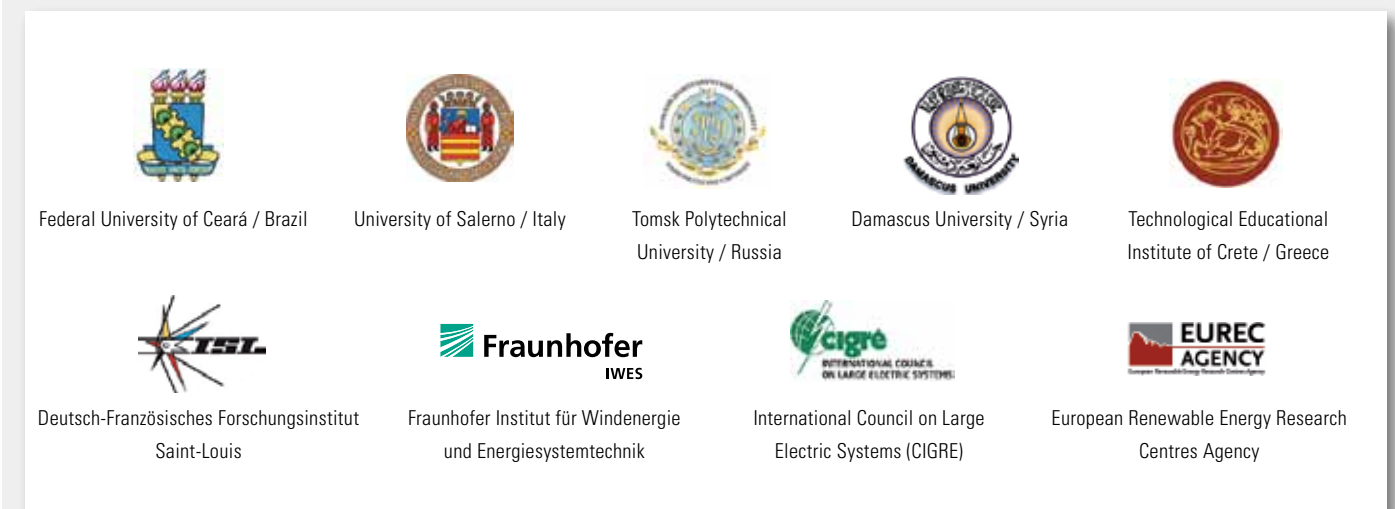
The cooperation with the Center for Environmentally conscious Construction (ZUB) and the Department of Energy Systems from the Fraunhofer Institute for Building Physics in Kassel will be further developed in order to provide complete solutions for technical integration of decentralized energy generation systems for electrical power and heat in buildings.

National and international cooperations

The association with the following organizations is already working:

- European Academy of Wind Energy (EAWE)
- European Centre of Power Electronics (ECPE)
- European Renewable Energy Centres Agency (EUREC)
- European Power Electronic and Drives Association (EPE)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Particularly by means of the EAWE there is a cooperation between Leibniz-Universität Hannover and Otto-von-Guericke University Magdeburg. Besides regional and supra-regional engagement through deENet e.V., the KDEE is also a member of the Association of German Engineers (VDI), German Association for Electrical, Electronic & Information Technologies (VDE) and the Society of Energy Technology (ETG).



Die begonnenen Kooperationen mit den Universitäten von Salerno (I), Fortaleza (BR) und Tomsk (RU) sowie dem Deutsch-Französischen Forschungsinstitut (ISL) in Saint-Louis (F) werden ausgebaut, indem zunächst Wissenschaftlern und Studenten die Möglichkeit gegeben wird, Teile ihrer Ausbildung an anderen Standorten zu absolvieren und dann aus diesen Kontakten gemeinsame Studiengänge entwickelt werden. Eine Aufnahme von Kooperationen mit Lehrstühlen der Universitäten Sydney (AUS) und Eindhoven (NL) werden im Rahmen des DAAD entwickelt.

Ausgewählte Bachelor-Studenten arbeiteten (siehe Seite 12 und Seite 38) im Rahmen eines vom IEEE ausgelobten internationalen Wettbewerbs an der Entwicklung eines transformatorlosen Ladesystems für Li-Ionen-Batterien (www.energychallenge.org) und tragen so zur internationalen Vernetzung bei.

The already existing cooperations with the Universities of Salerno (Italy), Fortaleza (Brazil) and Tomsk (Russia) as well as the German-French Research Institute (ISL) in Saint-Louis (France) will be expanded, with the exchange of scientists and students for training purposes, possibly leading to development of a combined degree program.

Collaborations with professorships with the Universities of Sydney (Australia) and Eindhoven (Nederland) are being developed or planned together with DAAD.

Outstanding Bachelor students work within an international competition, organized by the IEEE, on the development of a charging transformerless system for Li-ion batteries (www.energychallenge.org) and contribute thus to the international networking.

LABOR-INFRASTRUKTUR

LABORATORY INFRASTRUCTURE

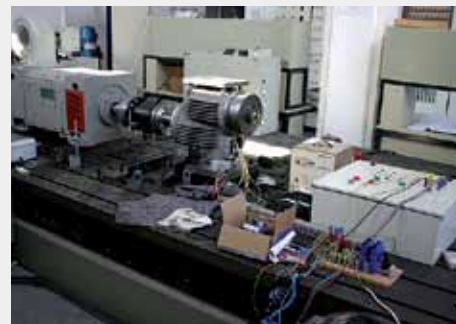


Hochbandbreitiger Impedanzanalysator
High Bandwidth impedance analyser



AeroSmart Triebstrang
AeroSmart Transmission

Leistungshalbleiter
Prüfstand
Power Semiconductors Test Bench



▲ DeMoTec Halle
(gemeinsames Labor von Fh IWES und Uni Kassel)
DeMoTec Test Center (Lab jointly operated by Fh IWES and University of Kassel)



Ansprechpartner
M.SC. SAMUEL ARAÚJO

Titel
**LABOR-INFRASTRUKTUR /
SERVICEANGEBOTE**

title
**LABORATORY INFRASTRUCTURE /
SERVICE OFFERS FOR INDUSTRY**

KDEE – Fachgebiete EVS und e²n

Für die Umsetzung und Verwirklichung von elektronischen Baugruppen ist es unerlässlich, sie unter Laborbedingungen detailliert zu prüfen. Das KDEE in Zusammenarbeit mit den Fachgebieten EVS und e²n bietet für diesen Einsatz Laborplätze mit einem Equipment auf dem neusten Stand der Technik, welches das gesamte Spektrum der dezentralen elektrischen Energieversorgungstechnik, sowie der Regelung und Betriebsführung von vernetzten Energiesystemen und Energiespeichern in mobilen Systemen, wie auch Bordnetzen abdeckt. Für die Erforschung von Antriebs- und Generatorlösungen aller Art stehen Maschinenhallen zur Verfügung, die den Bereich der Energieversorgungstechnik komplettieren. Die so geschaffene Infrastruktur bietet ein Serviceangebot für die Industrie, welches für unsere Kooperationspartner einen großen Vorteil in der Entwicklung bedeutet.

Auszug aus der Infrastruktur:

- Applikationen realisierbar bis zu einer Spannung von 2000 V_{DC} und einer Leistung von 64 kW
- Bidirektionale Stromversorgung (z. B. als Batterie-Simulator) 500 Vdc und 20 kW
- Dreiphasige Lasten für eine Leistung bis 30 kW
- Leistungs- und Wirkungsgradmessung mit erhöhter Präzision
- Evaluation von Netzkompatibilität mittels Frequenzanalysator
- Hochbandbreitige automatisierte Kommutierungszelle zur Charakterisierung von Leistungshalbleiter
- Maschinenhalle mit Belastungsmaschinen bis zu einer Leistung von 200 kW bei 720 Nm
- Hochbandbreitigen Impedanzanalysator (3MHz, 75A) für Drossel, Transformatoren und andere Komponenten
- Netzberechnungsprogramme (PowerFactory, SinCal, SimPower-Systems etc.)
- Clusterknoten für beschleunigte Netzberechnungen
- IT-Infrastruktur für die Verarbeitung großer Datenmengen

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut IWES ist das Serviceangebot um weitere Teilgebiete erweitert. Die für die Realisierung von modernen, modularen, dezentralen und mobilen Energiekonzepten nötigen Entwicklungsumgebungen sind im Folgenden dargestellt.

In Kooperation mit Fraunhofer IWES:

- Demonstrationshalle für Modulare Energieversorgungstechnologie „DeMoTec“ mit bis zu 500 kVA
- Akkreditiertes EMV Test-Labor
- Virtuelle Batterie
- Rapid-Prototyping Tools, Hardware-in-the-Loop Simulationen
- Mittelspannungsnetznachbildung
- Batterie-Laborator für automatische Tests und Monitoring mit bis zu ± 2000 A / 60 V... ± 400 A / 400 V
- PV-Test Labore ~15 kWp und Utilized-Hybrid-Systeme
- DER-LAB

For the implementation and construction of electronic components tests under laboratory conditions are necessary. For this the KDEE provides state of the art laboratories and equipment that meets all requirements for decentralized power supply technologies, control and operation management of interconnected energy supplies and mobile systems. Furthermore investigation of all kind of engines is possible within the machine hall, that completes the range of power supply technology. Our infrastrucutor offers services for industry that provide a huge benefit for our co-operation partners.

Summary of our infrastructure:

- Capability for applications up to 2000 Vdc voltage and 64 kW power
- Bidirectional power supply (e.g. for battery simulator) 500V dc and 20kW
- 3-Phase load for 30 kW power
- Power and efficiency measurements with high precision
- Evaluation of grid-compatibility using frequency analyzer
- Automated high bandwidth commutation cell for characterization of power semiconductors
- Machine hall with load machine up to a power of 200 kW at 720 Nm
- High bandwidth precision impedance analyser (3MHz, 75Adc) for inductors, transformers and other components
- grid calculation tools (PowerFactory, SinCal, SimPowerSystems etc.)
- Cluster nodes for accelerated grid calculations
- IT-infrastructure for processing large amounts of data

In cooperation with Fraunhofer IWES our service offer could be enlarged to other subareas. The application development systems for implementation of state of the art modular decentralized energy concepts is shown below:

In cooperation with Fraunhofer IWES:

- Demonstration Center for Modular Power Supply Systems Technology DeMoTec up to 500 kVA
- Accredited EMC Test Laboratory
- Virtual Battery
- Rapid Prototyping Tools, Hardware in the Loop Simulation
- Medium Voltage Line Simulator
- Battery Laboratory for Automatic Testing and Monitoring up to ± 2000 A / 60 V... ± 400 A / 400 V
- PV Test Labs ~15 kWp and Utilized Hybrid Systems
- DER-LAB

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**TIA SUMMER SCHOOL FOR POWER
ELECTRONICS, TSUKUBA / JAPAN
2012 AUGUST 27 – 30**

title
**TIA SUMMER SCHOOL FOR POWER
ELECTRONICS, TSUKUBA / JAPAN
2012 AUGUST 27 – 30**

TIA Power-Electronics organisierte eine Summer School für Studenten einer Graduiertenschule im August 2012. Der Sommerkurs war auch für junge Ingenieure aus der Industrie offen, die in der TIA beschäftigt werden. Er hatte zum Ziel, jedem interessierten Studenten mit für die Leistungselektronik leuchtenden Augen einen Traum und/oder eine zukünftige Vision zu geben.

Es war eine große Freude und Ehre für das KDEE hier eine Vorlesung geben zu können und die Gelegenheit zu haben, Probleme der zukünftigen Leistungselektronik-Entwicklung zusammen mit hochrangigen Wissenschaftlern und Studenten zu diskutieren. Besonders tiefen Eindruck hinterließ die weit entwickelte Roadmap und die erfolgreichen Anstrengungen, SiC als ein revolutionierendes Material in der Leistungselektronik für hohe Leistungsdichten, hohe Betriebstemperatur und Mittelspannungsanwendung zu verwenden.

TIA-nano ist der japanische Ansatz, ein attraktives, umfassendes Nanotechnologie-Forschungszentrum unter Führung des National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) mit dem National Institute for Materials Science (NIMS), der University of Tsukuba und der High Energy Accelerator Research Organization (KEK) mit Unterstützung der Japan Business Federation (Keidanren) zu gründen und so ihre Fähigkeiten in Forschung und Entwicklung bündeln.



Prof. P. Zacharias giving the invited lecture "Power Electronics for Grid Integration of Renewable Energies"

TIA Power-Electronics organized a SUMMER SCHOOL for students in graduate school in August 2012. The Summer School was open for young industrial engineers joining in TIA and aimed to give a dream and/or a future vision to each student with great interest and shining eyes for Power-Electronics. It has been a great pleasure and honor for KDEE to give a lecture there and to have the opportunity to discuss issues of future power electronics development together with high level scientists and students. Especially the sophisticated roadmap and successful efforts for using SiC as a revolutionizing material in power electronics for high power density, high operation temperature and medium voltage application were deeply impressive.

The TIA-nano is the Japanese approach for establishing an attractive global nanotechnology research center, under the

leadership of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), the National Institute for Materials Science (NIMS), the University of Tsukuba, and the High Energy Accelerator Research Organization (KEK) with the support of Japan Business Federation (Keidanren), by integrating their capabilities in research and development.



Panel discussion on the Potential Application Field of SiC Power Electronics with Prof. em. Dr. Eisuke Masada (University of Tokyo), Dr. Hiroshi Tadano (Toyota Central R&D Lab.), Prof. Dr. Atsuo Kawamura (Yokohama National University), Prof. Dr. Tsunenubo Kimoto (Kyoto University) and Prof. Dr. Peter Zacharias (University of Kassel) guided by Prof. Hirofumi Akagi (Tokyo Institute of Technology, not visible)

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER

Titel
**„GINO-INNOVATIONSPREIS“ AN
HOCHSCHULERFINDER VERGEBEN**

title
**“GINO INNOVATION PRICE” AWARD TO
UNIVERSITY INVENTOR**



Jury und Preisträger (v. li.) Walter Bornscheuer, Viessmann Werke GmbH & Co. KG (Jury), Dr. Meinrad Lugan, (B. Braun Melsungen AG), Prof. Dr. Burkhard Ahlert, Hochschule Fulda (3. Preis), Prof. Dr. Friedrich Karl Lücke, Hochschule Fulda (3. Preis), Prof. Dr. Siegfried Heier, Universität Kassel (1. Preis), Prof. Dr. Rolf-Dieter Postlep (Präsident Universität Kassel), Dr. Gregor Rinke, Seeger Engineering AG. Foto: privat

Die Patentvermarktungsagentur GINo Gesellschaft für Innovation Nordhessen mbH, die zukunftsorientierte Erfindungen der Uni Kassel und der Hochschule Fulda vermarktet, hat zum dritten Mal ihren Innovationspreis an Kasseler Wissenschaftler vergeben. Den mit 5.000 Euro dotierten Hauptpreis erhielten Prof. Dr. Siegfried Heier, Jean Patric da Costa und Christof Dziendziol von der Universität Kassel für ihre Neuentwicklung „Umrichtereinsatz zur Bereitstellung von Kurzschlussleistung“.

Es handelt sich hierbei um ein Verfahren zur Erhöhung der Netzstabilität bei der Stromversorgung durch regenerative Energiequellen. Der GINo-Innovationspreis wurde im Herbst des letzten Jahres anlässlich des zehnjährigen Bestehens für Erfindungen der Hochschulen Kassel und Fulda ausgeschrieben. Von der Jury, die Vertreter aus der regionalen Wirtschaft sind, wurden nur technische Entwicklungen berücksichtigt, die sowohl intelligent und wegweisend als auch in der Praxis anwendbar sind. Insgesamt beteiligten sich die Bewerber/innen mit 37 Erfindungen.

The patent marketing agency GINo (Society for the innovation Northern Hessen mbH) which markets future oriented inventions of the University Kassel and the University of Applied Sciences of Fulda has awarded for the third time its innovation price to scientists of Kassel. Prof. Dr. Siegfried Heier, Jean Patric da Costa and Christof Dziendziol from the University of Kassel received the first prize donated with 5,000 Euros for their new development "Application of power electronic converters for the supply of short circuit current".

It concerns a procedure for improvement grid stability in Power supply systems with regenerative energy sources. The innovation price GINo was announced in autumn 2012 on the occasion of its 10th anniversary of the existence for inventions of the universities of Kassel and Fulda. By the jury, which comprises representatives from the regional economy, were taken into consideration only technical developments which are intelligent and groundbreaking as well as applicable in practice. All together applicants with 37 inventions took part.

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**1. BILATERALER THAILÄNDISCH-DEUTSCHER
WORKSHOP ZU ERNEUERBAREN ENERGIEN,
CHIANG-MAI UNIVERSITY, adiCET, 10.–11. DEZ. 2012**



Zusammen mit Kollegen der FH Köln, des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik und der Universität Kassel nahmen Prof. Peter Zacharias und Wolfram Kruschel an der „GreenEXPO 2012“ in Chiang Mai im Norden Thailands teil. Die GreenEXPO wurde von Prof. Wattanapong und seinen Mitarbeitern von der Rajabhat Universität Chiang Mai organisiert und bestand aus mehreren Konferenzen und Workshops sowie einer Technologieausstellung. Im Mittelpunkt der Veranstaltungen und Aktivitäten standen diverse technische und wirtschaftliche Aspekte bzgl. des Einsatzes erneuerbarer Energie und die Demonstration grüner Technologien. Der Thailandisch-Deutsche Workshop, welcher durch den Nationalen Forschungsrat Thailands (NRCT) und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt wurde, hatte zum Ziel, eine Zusammenarbeit zwischen Thailandischen und Deutschen Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien zu initiieren. Die Beiträge der Teilnehmer des Workshops deckten ein breites Themenspektrum ab, das sich von erneuerbaren Energien, Leistungselektronik und intelligenten elektrischen Netzen über Bauphysik und elektrische Gebäudeinstallationen hin zu Kommunikationstechnologien erstreckte. Im Laufe des Workshops wurden gemeinsame Forschungsfelder der beteiligten Institutionen identifiziert, auf denen sich eine Zusammenarbeit anbieten würde. Der Workshop war somit ein Startpunkt für ein Thailandisch-Deutsches Netzwerk nicht nur auf dem Gebiet der Forschung, sondern auch im akademischen Bereich. So ist beispielsweise geplant, einen regelmäßigen Austausch von Wissenschaftlern und Studenten zu etablieren.



Die deutschen Teilnehmer des Workshops zusammen mit dem „Motor“ für die gesamte Entwicklung der erneuerbaren Energienutzung in Thailand Prof. Dr. Wattanapong Rakwichian (3. von links)
German participants of the workshop together with the driver of the development of renewable energy use in Thailand Prof. Dr. Wattanapong Rakwichian (3rd from the left)

Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

title
**1ST THAILAND-GERMANY BILATERAL WORK-
SHOP ON RENEWABLE ENERGIES, CHIANG-MAI
UNIVERSITY, adiCET, 10.–11. DECEMBER 2012**



Während des Workshops / During the Workshop

Together with colleagues from the Cologne University of Applied Science, the Fraunhofer Institute for Building Physics, and the University of Kassel, Prof. Peter Zacharias and Wolfram Kruschel participated in the “GreenEXPO 2012” held in Chiang Mai, Thailand. The GreenEXPO was organized by Prof. Wattanapong and his staff from the Chiang Mai Rajabhat University and included several conferences, workshops and an exhibition. The focus of the activities and events was on addressing various technical and economic issues related to the use of renewable sources of energy and on demonstrating green technologies. The organizers of the GreenEXPO had invited their German colleagues to join scientists from several Thai universities for a Thai-German workshop and to participate in the “World Alternative Energy Forum (WAEF)”. The Thai-German workshop, which was supported by the National Research Council of Thailand (NRCT) and the German Research Foundation (DFG), had the goal to initiate collaboration between Thai and German research institutions within the area of renewable energies. The contributions of the workshop’s participants covered the topics renewable power generation, power electronics, smart power systems, building physics, electric building facilities, and communication technologies. The workshop identified common research topics and was a starting point for creating a Thai-German network for the cooperation not only in research, but also in the field of academics. For example, it is planned to establish a regular exchange of researchers and students.

Teilnehmer / Participants:

adiCET Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences
Lampang Rajabhat University, Thailand
Kassel University, Germany

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**WORLD ALTERNATIVE ENERGY FORUM
(WAEF 2012)**



Das World Alternative Energy Forum (WAEF 2012) fand im Rahmen der GreenEXPO 2012 vom 12.-14. Dezember 2012 in Chiang Mai in Thailand statt. Das WAEF 2012 brachte renommierte internationale Experten aus über 20 Ländern zusammen, um aktuelle und zukünftige Herausforderungen zu diskutieren, die sich bei der Gestaltung nachhaltiger Energieversorgungssysteme ergeben. Die Experten kamen dabei von Regierungsorganisationen, Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie aus Industrieunternehmen.

Das WAEF 2012 wurde durch die Abteilung Alternative Energieentwicklung und Energieeffizienz des Thailandischen Ministeriums für Energie unterstützt und durch das Asiatische Entwicklungsinstitut für Kommunale Wirtschaft und Technologie (adiCET) organisiert. Im Ergebnis des internationalen Forums sollte die Fixierung lebensnaher Technologien, anwendbarer Modelle sowie erfolgreiche politische Ansätze stehen. Weiterhin sollten zukünftige Forschungsziele und Markttrends für die Entwicklung der alternativen Energien und ihres effizienten Einsatzes beschrieben werden. Außerdem hatte das Forum zum Ziel, die internationale Zusammenarbeit unter den Teilnehmern z.B. in Form von gemeinsamen Projekten zu fördern.

Der Veranstaltungsort des WAEF bzw. der GreenEXPO war die “Chiang Mai World Green City”. Die Green City ist eine Modellkommune, die auf dem Campus der Universität angelegt ist. Diese hat sich vorgenommen, nachhaltige Konzepte zu entwickeln und erneuerbare Energie und andere „grüne“ Technologie zu verwenden. Während der GreenEXPO wurde die World Green City offiziell eröffnet und Prof. Zacharias hatte die Ehre, an der Eröffnungszeremonie teilzunehmen und bei der Eröffnungsfeier die Keynote zu halten. Seine Präsentation „Perspektiven und Herausforderungen der Alternativen und Erneuerbaren Energie in der Zukunft“ gab eine Übersicht über verschiedene technische und wirtschaftliche Veränderungen, die mit der Wandlung der Energieversorgung verbunden sind.

Die Eröffnung der World Green City Chiang Mai war ein Highlight für alle GreenEXPO-Teilnehmer sowie für das adiCET-Team mit seinen Kooperationspartnern. Zu diesen gehören das Thailandische Energieministerium, die New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), Japan, das Office of Naval Research (ONR), USA und weitere thailandische und internationale akademische Einrichtungen, lokale Agenturen, Regierungseinrichtungen und Industrieunternehmen.

adiCET

title
**WORLD ALTERNATIVE ENERGY FORUM
(WAEF 2012)**



Impression of the opening ceremony of the Chiang Mai World Green City with the main “driving force” Prof. Dr. Wattanapong Rakwichian

As one main event of the GreenEXPO 2012, the World Alternative Energy Forum (WAEF 2012) was held on December 12-14, 2012 in Chiang Mai, Thailand. The WAEF 2012 brought together world-class experts from over 20 countries to discuss current and future challenges within the context of making energy supply systems more sustainable. Among the experts were representatives from governmental agencies, academic and research institutions and private companies. The WAEF 2012 was supported by the Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand and organized by the Asian Development Institute for Community Economy and Technology (adiCET). The international forum was aimed at determining viable technologies, applicable models, successful policies, and future research and market trends for the development of alternative energies and its efficient use. Additionally, the forum was intended to foster possible collaborative projects among the participants.

The venue for the WAEF and the GreenEXPO respectively was the “Chiang Mai World Green City”. The Green City is a model community located on one of the campuses of the university that strives to be fully sustainable by using renewable energy and other green technology. During the GreenEXPO, the Green City was officially opened and Prof. Zacharias had the honor to participate in the opening ceremony. Prof. Zacharias was invited as the main keynote speaker in the opening ceremony. His presentation “Perspectives and Challenges of Alternative and Renewable Energy in Future” gave an overview about various technical and economic changes which are connected to the system change of power supply. The opening of the World Green City Chiang Mai was a highlight for the participants of the GreenEXPO 2012 and its organizers: The adiCET-staff and their co-operation partners, which included the Thai Ministry of Energy, NEDO (Japan), ONR (USA), Thai and international academic institutions, local agencies, government institutions and private companies.

Ansprechpartner
M.SC. MARITA WENDT, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
„VOM STROM ZUM LICHT – VOM LICHT ZUM STROM“: EIN EXPERIMENTALKURS FÜR DIE KLASSENSTUFE 4

title
“FROM CURRENT TO LIGHT – FROM LIGHT TO CURRENT”: AN EXPERIMENTAL COURSE AT THE 4TH GRADE OF ELEMENTARY SCHOOL

Im Rahmen eines gesamten Unterrichtstages (6h) wurde von Marita Wendt, M.Sc. und Prof. Peter Zacharias an einer 4. Klasse der Grundschule am Heideweg in Kassel ein Experimentalkurs im Unterrichtsbereich Sachkunde mit dem Titel „Vom Strom zum Licht – vom Licht zum Strom“ durchgeführt. Ziel war es, bei den Kindern durch interessante Experimente und kindgerechte Erklärungen Interesse für die Elektrotechnik zu wecken.



Als erstes wurden die Schüler auf den Inhalt und den Ablauf der Experimentierstunden eingestimmt. Die vorbereiteten Experimente wurden dann an verschiedenen Stationen in Gruppen ausgeführt, die nach einem Plan wechselten.

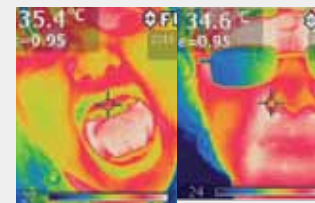


Within a whole teaching day (6h) has been held an experimental course with the title „From current to light – from light to current“ by Marita Wendt, M. Sc. and Prof. Peter Zacharias in a 4th grade of the elementary school Am Heideweg in Kassel. Purpose was to inspire interest in electrical engineering in children by interesting experiments and explanations appropriate for children.

At first the pupils have been prepared on the contents and organization of the experiment sessions. Then the prepared experiments have been carried out at different stations in groups which changed according to a plan.

First it was about the production of current, the electric circuit and different efficient change of current into light. With 3 zinc-carbon batteries and salt solution, current can be easily generated for a LED. With an infrared camera one can visualize at the same light radiation the heat generation, and with high frequent currents one can “do magic”.

One could demonstrate the sun position and in person set in motion solar powered engines, animals and a lot more. At the end the children could make a solar powered windmill and did not want to stop at all with the experimentation.



Zuerst ging es um die Erzeugung von Strom, den Stromkreis und die verschieden effiziente Umwandlung in Licht. Mit 3 Zink-Kohle-Batterien und Salzlösung lässt sich leicht Strom für eine LED erzeugen. Mit einer Wärmebildkamera kann man bei gleicher Lichtleistung die Wärmeentwicklung visualisieren und mit hochfrequenten Strömen kann man „zaubern“.

Man konnte den Lauf der Sonne demonstrieren und selbst simulieren, solar betriebene Motoren und Tiere in Bewegung setzen und vieles mehr. Am Schluss konnten die Kinder eine solar betriebene Windmühle basteln und wollten gar nicht mit dem Experimentieren aufhören.



VORWORT FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN

Die gegenwärtige Entwicklung in der Energietechnik ist gekennzeichnet durch eine weiter zunehmende Vernetzung. Das heißt, Systemkomponenten unterschiedlichster Zweckbestimmung und Leistungsgröße werden zusammengeführt und erweitern die Basis zur Nutzung von erschließbaren Energieressourcen. Diese haben jedoch unterschiedliche Eigenschaften von der Verteilung in der Fläche bis zur jahreszeitlichen Verfügbarkeit und kurzfristigen Volatilität. Die Weiterentwicklung von Standards für die Wechselwirkungen der Systemkomponenten, die Integration von Informations- und Kommunikationstechniken sowie von energietechnischen Komponenten zur Steuerung der Energieflüsse und Netzstabilisierung gehören zurzeit zu den wichtigsten Aufgabenstellungen in diesem Bereich.

Neben der Photovoltaik und der Nutzung von Biomasse hat die Windenergie im Bereich der erneuerbaren Energien für die Elektrizitätsversorgung große Bedeutung erlangt. Die zu erwartende große Steigerung des regenerativen Energieanteils in den nächsten Jahrzehnten, der überwiegend über Umrichter in das Netz eingespeist wird, bringt neue Herausforderungen an das Netz und die Versorger mit sich.

Energiebereitstellung über leistungselektronische Konverter hat sich in den letzten 20 Jahren von einer Anwender- zu einer Leittechnologie entwickelt. Schlüssel-Technologien sind insbesondere die Generator- und Umrichtertechnik sowie die **netzverträgliche Gestaltung der Komponenten und Gesamtsysteme**.

Im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur

- Hocheffiziente Bereitstellung von Wirk- und Blindleistung für das Netz,
- Dezentraler Spannungsregelung und Power Quality Management,
- Hocheffiziente Energiewandler für elektrische Maschinen und andere Anwendungen,
- Veränderung der Kurzschlussleistung und Beeinflussung der Netzstabilität,
- Bereitstellung geregelter Kurzschlussleistung durch doppelt gespeiste Asynchrongeneratoren,
- Entwicklung eines magnetisch gelagerten Ringgenerators für 10 MW-Windkraftanlagen,
- Offshore-Netzintegration,
- Entwicklung neuer robuster Stellglieder für den Leistungsfluss in elektrischen Netzen und
- Auslegung und Betriebsführung elektrischer Netze

werden durch Dissertationen, Diplom-, Master- und Bachelor-Arbeiten zukunftsweisende Methoden erarbeitet, um dem Wandel in der elektrischen Energieversorgung gerecht zu werden.

Leistungselektronische Stellglieder sind die flexibelsten und die schnellsten für das Energiemanagement in derzeitigen und zukünftigen elektrischen Energienetzen. Ihre Konstruktion und Regelung erfordert spezielles Know-how, das im KDEE langfristig konzentriert und weiter entwickelt wird. Die Entwicklungsimpulse kommen sowohl aus der effizienten Nutzung der traditionellen Energieträger als auch aus den besonderen Anforderungen der neuen regenerativen Energieträger. Neue Energiewandlungskonzepte gestatten, diese auch allgemein zu nutzen. Die bereitgestellte „Rohenergie“ der Wandler genügt in der Regel nicht den standardisierten Nutzungsbedingungen in der Versorgung in stationären und mobilen Anwendungen. Leistungselektronische Wandler gestatten eine Aufbereitung dieser Rohenergie für den Endverbraucher mit höchsten Umwandlungsgraden. Sie ermöglicht die Integration verschiedenster Energiequellen und Speicher in ein Gesamtsystem.



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias

Leiter des Fachgebiets
Elektrische EnergieVersorgungsSysteme (EVS)
*Head of the department of electric power
supply systems (EVS)*

FOREWORD RESEARCH ACTIVITIES

The current trend in power engineering is characterized by an increasing level of integration. This means that system components for different purposes and power levels are being linked to each other and thus expanding the basis for the use of sustainable energy resources. However, such sources have different characteristics in terms of local distribution, availability and short-term volatility. As the most important topics in this area, one can cite the improvement of standards concerning the interaction of system components, the integration of information and communication technologies and finally components to control the power flow and thus stabilize the grid.

Among the diverse renewable energy sources, wind energy has assumed the most important part for the supply of electricity. The expected increase in the upcoming decades of the amount of renewable energies predominantly fed into the grid via converters leads to new challenges regarding the electrical network and the consumers.

*Power conditioning by power electronic converters has been developed from a common application technology towards a key technology in the last 20 years. This concerns especially generator and converter technology as well as the **grid-compatibility of components and systems**.*

In research and development activities regarding

- *highly efficient delivery of active and reactive power to the grid,*
- *decentralized voltage control and power quality management,*
- *highly efficient power converters for electric drives and other applications,*
- *modification of short-circuit power and the influence on the grid stability,*
- *controlled short-circuit power by doubly-fed induction generators,*
- *the development of a ring generator with magnet bearing for 10 MW wind energy converters,*
- *the development of an energy module (synchronous generator with converter) for offshore wind energy converters,*
- *offshore grid integration,*
- *development of robust control elements for the power flow in electric networks and*
- *planning and operation of power systems*

the most promising approaches are being developed by means of PhD, diploma-, master- and bachelor-thesis to meet the changes in the electrical energy supply.

Power electronic converters are the most dynamic and flexible systems for energy management in the future power grids. Their design and control require special know-how which is being concentrated and further developed at KDEE. The impulse comes from efficient energy usage as well as special requirements of renewable energy generators. New power conversion concepts also allow making a generic use of them. The energy provided by the generator output usually does not comply with the standardized requirements of energy supply in static and mobile applications. Power electronic converters allow conditioning of energy with high flexibility and efficiency. This enables the integration of different energy sources and storages in a common system.



Prof. Dr.-Ing. Martin Braun

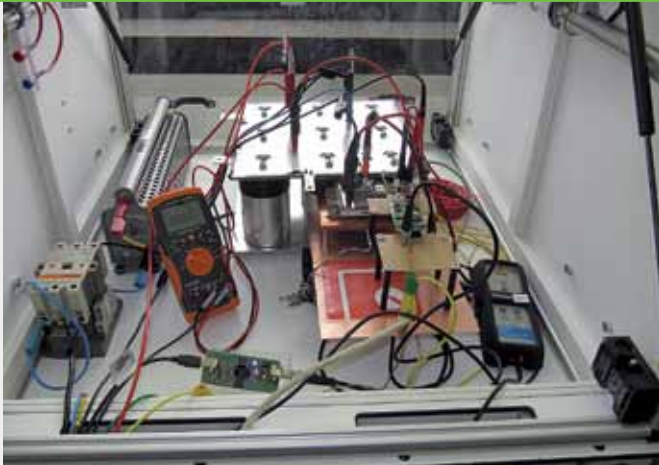
Leiter des Fachgebiets Energiemanagement
und Betrieb elektrischer Netze (e²n)
*Head of the department of energy management
and power system operation (e²n)*

Ansprechpartner
M.SC. SAMUEL ARAÚJO

Titel
LEISTUNGSELEKTRONISCHE WANDLER FÜR PHOTOVOLTAISCHE SYSTEME

Im KDEE findet eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten im Bereich leistungselektronischer Wandler für photovoltaische Systeme statt. Enge Kooperation besteht dabei mit SMA Solar Technology AG, dem Weltmarktführer bei Solar-Wechselrichtern. Besonderer Fokus liegt dabei auf der Gestaltung und experimentellen Untersuchung innovativer leistungselektronischer Topologien, einschließlich netzgekoppelter Wechselrichter bei unterschiedlichen Leistungsniveaus bis hin zu Sonderlösungen für den Inselbetrieb. Darüber hinaus werden die Eigenschaften und Applikation modernen Leistungshalbleiter zusammen mit der Auslegung und Konstruktion neuartiger magnetischer Bauelementen zur Entwicklung effizienter Lösungen untersucht.

Die Ergebnisse solcher Aktivitäten werden in Form von zahlreichen wissenschaftliche Veröffentlichungen, Patentanmeldungen und Doktorarbeiten publiziert.

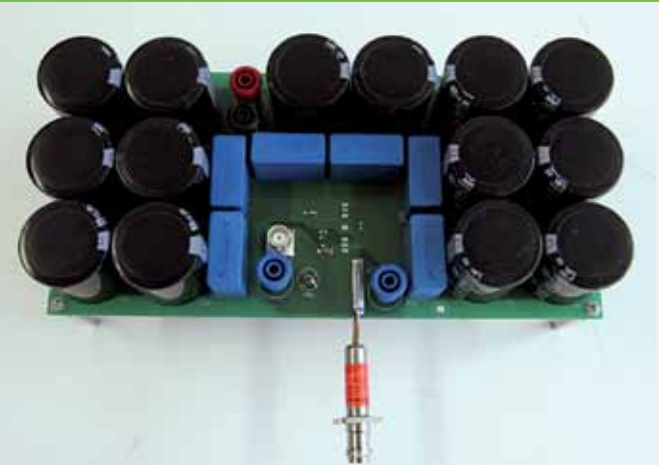


Charakterisierung von hoch-leistungs IGBT Modulen
Characterization of high-power IGBT Modules

title
POWER ELECTRONICS CONVERTERS FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Several activities take place in the KDEE in close cooperation with SMA, the world's leading manufacturer of photovoltaic inverters. Focus is mainly given to the development and experimental benchmarking of innovative power converter topologies, ranging from grid-connected inverters at diverse power levels to off-grid special solutions. In addition to this, the properties and application of modern semiconductor devices along with the design of novel integrated magnetic structures is considered in the path towards the development of highly efficient solutions.

Such activities rendered along the years several joint patent applications and scientific publications.



Kompakte Schaltzelle zur Untersuchung von neuen WBG Bauelementen
Compact switching cell for investigation of new WBG devices

Gefördert durch: SMA Solar Technology AG

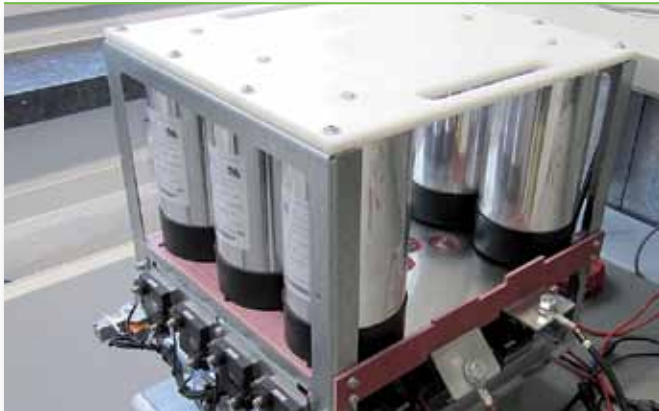
Ansprechpartner
M.ENG. CHRISTIAN FELGEMACHER

Titel
GIGA-PV: SYSTEMOPTIMIERUNG PV-GROSS-KRAFTWERKE FÜR DEN GLOBALEN SONNEN-GÜRTEL

Im Sonnengürtel der Erde herrschen hervorragende Bedingungen für die Gewinnung von Solarstrom. Besonders geeignet sind dafür solare Großkraftwerke auf mehreren Quadratkilometern Fläche mit Leistungen bis in den Gigawattbereich, die den Strom direkt ins Hochspannungsnetz einspeisen. Die oftmals extremen Klimabedingungen vor Ort stellen jedoch besondere Anforderungen an die Anlagen und ihre Komponenten. Damit sie extremer Hitze, Monsunregenfällen und Wüstenstürmen standhalten, muss eine Optimierung der Anlagen unter Berücksichtigung dieser klimatischen Gegebenheiten erfolgen, ohne aber dabei die Wirtschaftlichkeit aus den Augen zu verlieren.

SMA, TÜV Rheinland und die Universität Kassel forschen gemeinsam im dreijährigen Forschungsprojekt Giga-PV, um neben der Optimierung von Systemkonzepten, Solarmodulen und Wechselrichtern eine deutliche Kostenreduktion für PV-Großanlagen im Sonnengürtel der Erde zu erreichen. Assoziierter Partner ist darüber hinaus der Solarmodulhersteller Hanwha Q.CELLS GmbH

Auf Seiten der Universität Kassel ist das KDEE sowie das Center for Environmental Systems Research (CESR) am Forschungsprojekt beteiligt. Das CESR unterstützt das Projekt durch die Bereitstellung und systematischen Aufbereitung klimatischer Daten zur Ermittlung von Anforderungsprofilen für die Komponentenerforschung sowie als Grundlage für die Erforschung der Systemkonzepte, während sich das KDEE mit der Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen zu Fragen der Zuverlässigkeit von Wechselrichtern sowie Wandlertopologien und Bauelementen für erhöhte Nennleistung befasst.



Untersuchte Hochleistungs-IGBT Stack
Investigated high power IGBT Stack

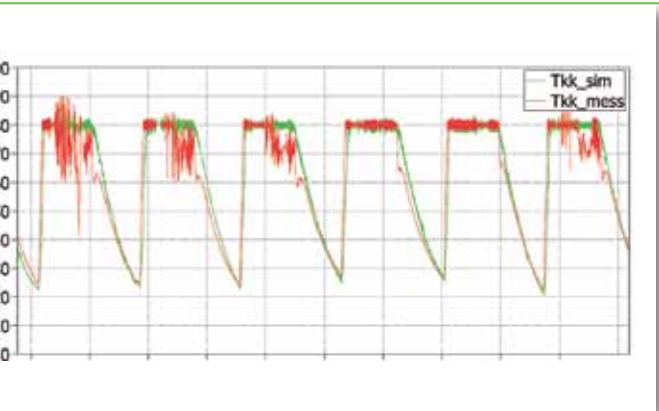
Projektpartner: SMA, TÜV Rheinland
Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 13N11737)

title
GIGA-PV: SYSTEM OPTIMIZATION OF LARGE-SCALE PV POWER PLANTS FOR THE EARTH'S SUN BELT

The earth's sun belt regions offer outstanding conditions for the harvesting of solar electricity. Large-scale photovoltaic power plants in the gigawatt range, which span several square kilometers in area and which feed electric power directly into the high-voltage grid, are especially well-suited for this purpose. However, the frequently extreme climatic conditions on-site present additional requirements for the systems and their components. The systems must be optimised to withstand extreme heat, monsoon rains and desert storms and remain economically viable.

SMA, TÜV Rheinland and the University of Kassel collaborate in the three year research project Giga-PVin order to achieve an optimization of system concepts, photovoltaic modules and inverters as well as a significant cost reduction of large scale PV power plants in the sun belt regions of the earth. The solar module producer Hanwha Q.CELLS GmbH is an additional associated partner.

At the University of Kassel the KDEE and the Center for Environmental Systems Research (CESR) are involved in the research project. The CESR supports the project through the provision and systematic processing of climatic data to determine specifications for the components and to provide a basis for the study of suitable system concepts, while the KDEE focuses on research questions on inverter reliability as well as converter topologies and components for increased rated powers.



Beispielhafte Simulation der Kühlkörpertemperatur (6 Tage)
Simulation example of heatsink temperature (6 days)

Ansprechpartner
M.ENG. CHRISTIAN FELGEMACHER

Titel
**IEEE FUTURE ENERGY CHALLENGE –
ENTWICKLUNG EINES KLEINSTWECHSEL-
RICHTERS**

Solar Wechselrichter wandeln den von Photovoltaikmodulen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um, welcher in das Stromnetz eingespeist oder direkt von elektrischen Geräten genutzt werden kann. Im Gegensatz zu sogenannten String-Wechselrichtern, die mit einer oder mehreren Reihenschaltungen von PV-Modulen verbunden werden, sind Kleinstwechselrichter typischerweise nur mit einem einzelnen Modul verbunden. Dies ermöglicht den Modulen immer im Arbeitspunkt mit maximaler Leistung (MPP) betrieben zu werden. Außerdem kommt eine PV-Installation mit Kleinstwechselrichtern mit weniger DC Verkabelung aus und bietet erhöhte eine Redundanz, da der Single-Point-of-Failure einer typischen PV-Installation im kleinen Leistungsbereich – der String-Wechselrichter – durch mehrere unabhängig voneinander arbeitende Kleinstwechselrichter ersetzt wird.

Ein Team von Studenten entwickelt einen 500VA Kleinstwechselrichter basierend auf den Spezifikationen des vom IEEE ausgerichteten Studentenwettbewerbs „International Future Energy Challenge 2013“. Schwerpunkte des Wettbewerbs liegen darin, Wide-Band-Gap Halbleiter (SiC/GaN) sinnvoll einzusetzen und ein Kostenziel von 0.10\$/W zu erreichen.

Das Schaltungskonzept des zweistufigen Kleinstwechselrichter, welcher sowohl für den netzparallelen Betrieb als auch für Inselnetz-anwendungen gedacht ist, besteht aus einem DC/DC Steller mit galvanischer Trennung sowie einer DC/AC Wechselrichterstufe mir regelbarem Leistungsfaktor.



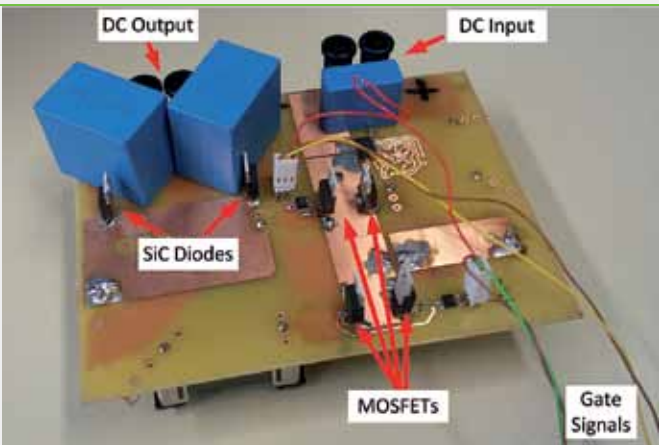
Vermessung des Wechselrichter-Prototyps
Testing the DC-AC converter prototype

title
**IEEE FUTURE ENERGY CHALLENGE –
DEVELOPMENT OF A MICROINVERTER FOR
PHOTOVOLTAIC PANELS**

Solar inverters convert the direct current produced by photovoltaic (PV) modules to alternating current that can be fed into the electrical grid or can be used directly by common electrical appliances. In contrast to string inverters, which are connected to a number of PV modules in series, a microinverter is typically connected to only a single module. This allows the module always to be operated at its maximum power point. Additionally, a photovoltaic installation using microinverters requires less DC cabling and offers increased system redundancy, as the single point of failure in a typical small installation, the string-inverter, is replaced by a number of independent microinverters

A team of students is developing a 500 VA microinverter according to the requirements of the 2013 IEEE International Future Energy Challenge (IFEC). The emphasis of the competition is to use Wide-Band-Gap semiconductors where beneficial and to reach a target cost of 0.10\$/W.

The two-stage microinverter consists of a dc-dc stage with high-frequency isolation and a dc-ac inverter stage with a controllable output power factor.



Prototyp des DC/DC Stellers
Prototype of dc-dc converter

Gefördert durch: SMA Solar Technology AG, Gesellschaft zur Förderung des technischen und kaufmännischen Führungsnachwuchses in Nordhessen e.V.

Ansprechpartner
DIPL.-ING. MEHMET KAZANBAS

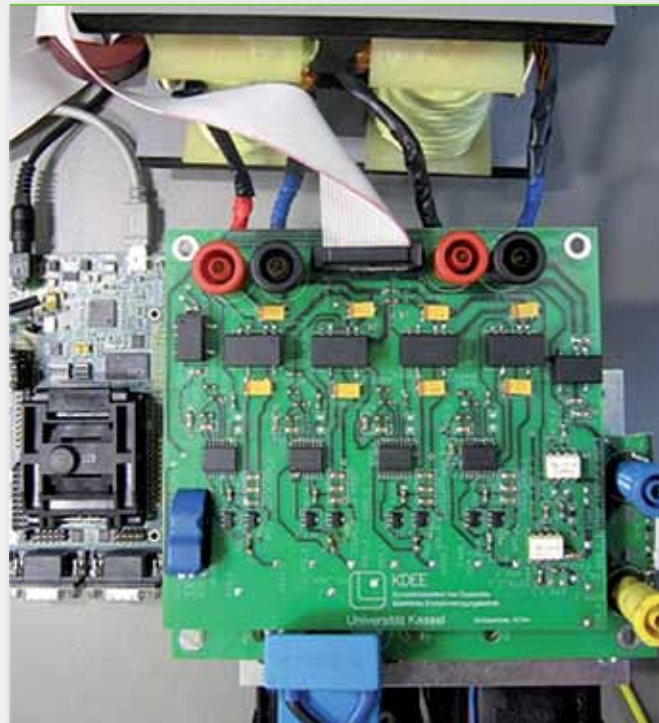
Titel
**ANALYSE UND VERGLEICH VON LEISTUNGS-
ELEKTRONISCHEN KONVERTERN MIT
ELEKTRONISCHER ISOLATION**

Mehrere Innovationen können im Bereich der Leistungskonditionierung für erneuerbare Energiequellen basierend auf Leistungselektronik beobachtet werden. Die zukünftigen Designaspekte sind u. a. auf neue regelungstechnische Ansätze, die Entwicklung von elektromagnetischen Komponenten, innovative Halbleiter-Bauelemente und neuartige Umrichter-Topologien fokussiert. Zudem wird aus Sicherheitsgründen das Thema „galvanische Trennung“ in Leistungselektronischen Anwendungen immer stärker gefordert. Besonders in Photovoltaik (PV) Inverttern hat diese Isolation eine große Bedeutung. Dies betrifft nicht nur zu erdende PV-Generatoren, sondern auch die Kompatibilität mit neuen Modultechnologien. In diesem Zusammenhang werden leistungselektronische Topologien in Bezug auf Isolationsverfahren zwischen dem Ein- und Ausgang analysiert, die sich in drei Arten unterscheiden: galvanische, kapazitive und elektronische Isolation. Für die Untersuchung wurden zunächst verschiedene Topologien in Bezug auf Strom- und Spannungsbelastung miteinander verglichen. Anschließend wurden die Eigenschaften von elektronisch isolierten PV-Topologien untersucht. Am Ende wurde schließlich ein Prototyp eines PV-Wechselrichters aufgebaut und die Vorteile gegenüber bestehender Technik untersucht.

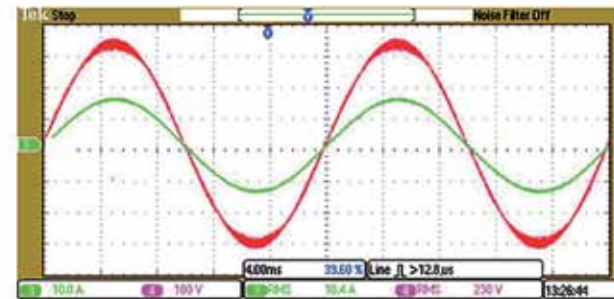
title
**ANALYSIS AND COMPARISON OF
POWER ELECTRONIC CONVERTERS WITH
ELECTRONIC ISOLATION**

Several innovations can be observed in the field of power conditioning for renewable energy sources based on power electronics. Improvements can be identified regarding for example control techniques, semiconductor devices, electromagnetic components and also topologies. Such developments enable fulfilling specific application requirements with lower level of losses and less material expenditure.

Among those requirements, “galvanic isolation” figure as a major issue in photovoltaic applications, not only due to regulations concerning grounding of PV modules but also because of compatibility requirements of new cell technologies. In this context, power electronic topologies were analysed in terms of electrical isolation art between the input and output, which may differ in three ways: galvanic, capacitive and electronic. Several circuits based on the referred isolation approaches were firstly benchmarked using normalized stress factors covering conduction and switching losses. The properties of electronically isolated PV topologies were afterwards investigated in details within the scope of this work. In the end, a prototype of one of the new proposed circuits was built and experimentally investigated different operation conditions.



2.5 kW Labor-Prototyp
2.5 kW laboratory prototype



Ausgangsspannung und -strom
Output voltage and current

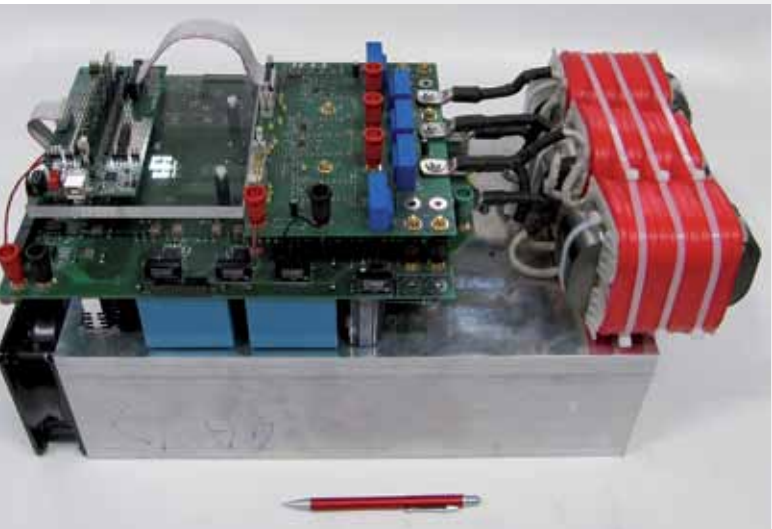
Ansprechpartner
M.SC. SAMUEL ARAÚJO

Titel
ENTWICKLUNG EINES FLEXIBLEN, HOCHFIZIENTEN UND KOMPAKTEN DREIPHASIGEN SCHNELLLADEGERÄTS FÜR E-MOBILITÄT

Die Lithium-Ionen-Batterie ist aufgrund ihrer hohen Kapazität bei gleichzeitiger Kompaktheit die bevorzugte Technologie für den Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen. An die zugehörigen Batterie-ladegeräte wird eine Reihe von Erwartungen gestellt, wie etwa hohe Zuverlässigkeit und Effizienz bei gleichzeitiger Kompaktheit und Wirtschaftlichkeit.

Diese Ziele stellen in Anbetracht der anwendungsspezifischen Gegebenheiten eine Herausforderung dar. Zu nennen ist hierbei z. B. der sehr weite Spannungsbereich sowohl auf Netz- wie auch auf Batterieseite, der allgemein zu verringerter Effizienz und der Notwendigkeit zum Einsatz größerer passiver Filterelemente führt.

Um diese Schwierigkeiten anzugehen erarbeitet das Projekt zwei verschiedene Ansätze: Der erste besteht in der Entwicklung einer neuartigen PFC-Topologie, die mit 5 verschiedenen Spannungsebenen arbeitet und hierdurch die Spannungsbelastung der Halbleiter erheblich reduziert. Hierbei kommt aktuelle Silizium-Schaltertechnologie in Verbindung mit Schottkydioden auf Basis von Siliziumkarbid (SiC) zum Einsatz. Beim zweiten Ansatz wird die Leistungselektronik vollständig in neuartiger SiC-Technologie ausgeführt, wodurch die herausragenden Eigenschaften dieses Halbleiterwerkstoffes voll zum Tragen kommen können.



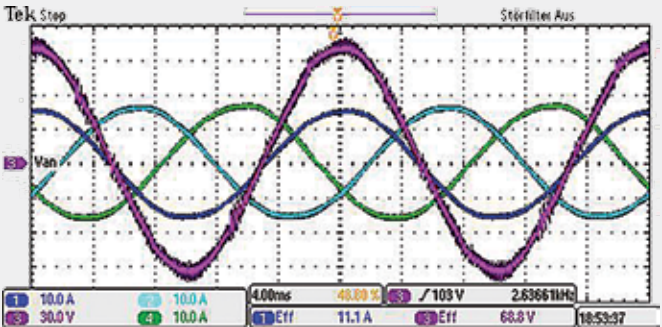
Gefördert durch: ECPE e. V.

title
DEVELOPMENT A FLEXIBLE, HIGHLY EFFICIENT AND COMPACT THREE-PHASE FAST BATTERY CHARGER FOR E-MOBILITY

Li-Ion battery is the preferred technology for the use in electric and hybrid vehicles due to its high capacity and compactness. As for the battery chargers; requirements like high reliability and efficiency, low cost and finally compactness offer severe challenges in face of the inherent application requirements.

Among them one can mention the broad voltage ranges at both grid and battery sides, which generally leads to lower levels of efficiency and also larger filter elements. In order to address such issues, this project will propose two main approaches.

The first one consists of investigating a new concept of PFC topology operating with 5 voltage levels and reduced voltage stress across semiconductors. This circuit will focus on a mix between the latest silicon-based switches and silicon-carbide Schottky diodes. The second approach here proposed consists of a power converter fully based in Silicon-Carbide devices, fully exploiting the material outstanding properties.



▲ Eingangsseitige Spannungs- und Stromverläufe des Demonstrators im Testbetrieb
Input current and voltage waveforms of the demonstrator under test

◀ Laboraufbau der neuartigen PFC-Topologie
Experimental setup of the novel PFC topology

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS, DIPL.-ING. THIEMO KLEEB

Titel
BORDNETZWANDLER FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

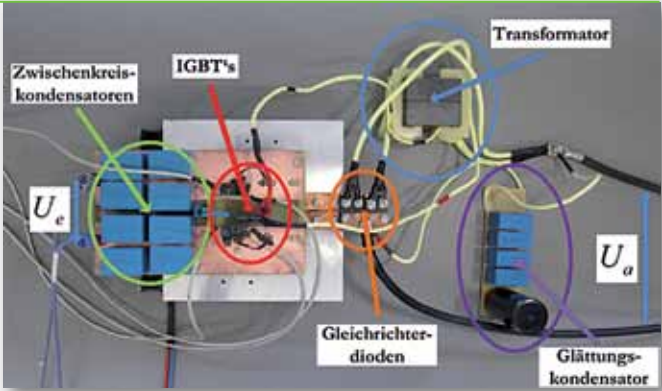
title
ON-BOARD POWER SUPPLY FOR ELECTRIC VEHICLES

Leistungselektronische Wandler sind beim Einsatz von Elektro- und Hybridfahrzeugen zentrale Komponenten, welche auch für den Durchbruch elektrischer Antriebstechnologien entscheidet sein werden.

Das KDEE entwickelt z. Z. einen Bordnetzwandler zum Energietransfer zwischen einer Hochspannungs- und einer Niederspannungsbatterie mit einer Ausgangsleistung von 2,5 kW und einer Ausgangsspannung von 12 V. Die besondere Herausforderung liegt dabei bei der Beherrschung der hohen Ausgangsströme, welche direkten Einfluss auf den Wirkungsgrad der Wandler haben. Ziel der Untersuchung ist es u. a. die Performance verschiedene Halbleiter- und magnetischer Technologien zu prüfen, um eine möglichst kostengünstige, aber auch hoch effiziente Lösung zu finden. Dabei wird auch auf magnetische Integrations-Technologien zurückgegriffen, um magnetische Materialien und damit Kosten einzusparen.

Power electronic converters are one of the most important system components for electric and hybrid vehicles. They will be responsible for the breakthrough of electric drive trains of cars, too.

Currently KDEE is developing an on-board power supply for the energy transfer of a high voltage to a low voltage battery. Output power of the converter is 2.5 kW at 12 V. Thereby the challenge is to handle the high output current, which directly influences the converter efficiency. One of the project objectives is to investigate the performance of different semiconductor and magnetic components in order to obtain a cheap as well as high efficient converter solution. Thereby magnetic integration techniques play an important role in order to save magnetic materials and costs as well.



Erster Prototyp des Bordnetzwandlers. Quelle: siehe Referenz
First prototype of the on-board power supply. Source: see Reference

Gefördert durch: intern / Land Hessen

REFERENZEN
D. Gottschalk, Masterarbeit: Entwurf eines Transformators mit funktionell integrierter Speicherdrossel für einen Automobil-Bordnetzwandler, Universität Kassel, 2012.

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS, DIPL.-ING. HAUKE EINFELD

Titel

OPTIMIERUNG EINER
STATORWICKLUNGSANORDNUNG

title

OPTIMIZATION OF A STATOR WINDING
CONFIGURATION

Optimierung einer Statorwicklungsanordnung einer drei-phasigen permanentmagneterregten Synchronmaschine mit Wellenwicklung

Die Traktionsbatterie ist und wird auch für die nächsten Jahre in Elektro- sowie Hybridfahrzeugen der größte Kostenfaktor sein. Trotz der hohen Kosten der Batterie sind damit derzeit Reichweiten von höchstens 200 bis 300 km für Elektrofahrzeuge erreichbar. Aus diesem Grund hat insbesondere die eingesetzte Elektrotraktionsmaschine über ihren Wirkungsgrad einen Einfluss auf die Reichweite, bzw. die Kosten für die Batterie. Des Weiteren gibt es, insbesondere bei Hybridanwendungen, erhöhte Anforderungen an die Leistungsdichte sowie den zur Verfügung stehenden Bauraum für die E-Maschine.

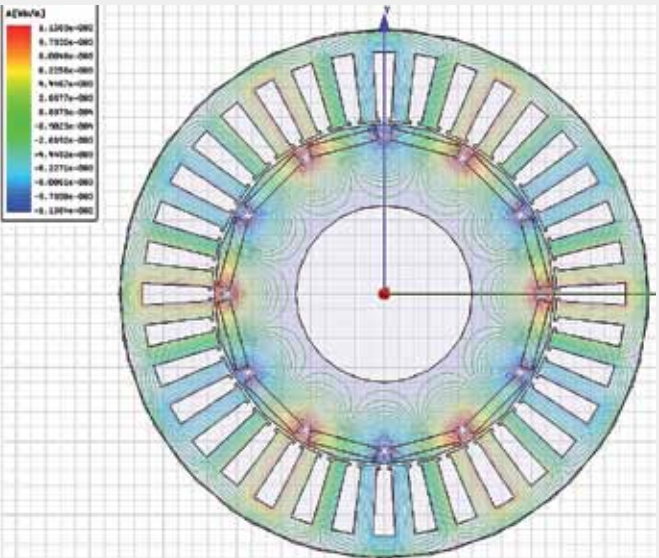
Um den Anforderungen nach Optimierung des Wirkungsgrads, des Materialeinsatzes sowie des benötigten Bauraums gerecht zu werden, wurde am Kompetenzzentrum für dezentrale elektrische Energieversorgungstechnik die Verwendung einer Wellenwicklung für den Einsatz in einer permanenterregten Synchronmaschine betrachtet. Die Wellenwicklung kombiniert die Vorteile einer verteilten Wicklung, wie z.B. geringe Oberwellenanregung, mit einer, verglichen mit herkömmlichen Schleifenwicklungen, geringeren Wickelkopfhöhe. Weiterhin kann durch eine spezielle Wickeltechnik und den Einsatz besonderer Drahtgeometrien der Kupferfüllfaktor der Maschine über die bei Schleifenwicklungen üblichen Werte hinaus gesteigert werden.



Optimization of a stator winding configuration of a three-phase permanent magnet synchronous (induction) machine with a wave winding

The traction battery is the largest cost factor in electro and hybrid vehicles. Nonetheless, actually electric vehicle achieve a distance range of 200 to 300 km. The used drive engine influence the range of such a car by its efficiency and thus also the costs. Also the requirements related to the power density and the available space of the electrical machine increase.

For the optimization of the efficiency, the material usage and the required space the KDEE considers the use of a wave winding for a permanent magnet synchronous machine. The wave winding combines the advantages of a distributed winding, as for example the lower content of harmonics with a smaller "winding-head height". Furthermore the copper bulk factor of the machine can be increased above the normal value by using a special winding technology and special wire geometries.



Gefördert durch: Volkswagen AG, Werk Kassel

Ansprechpartner
M.SC. MILENA DIAS

Titel

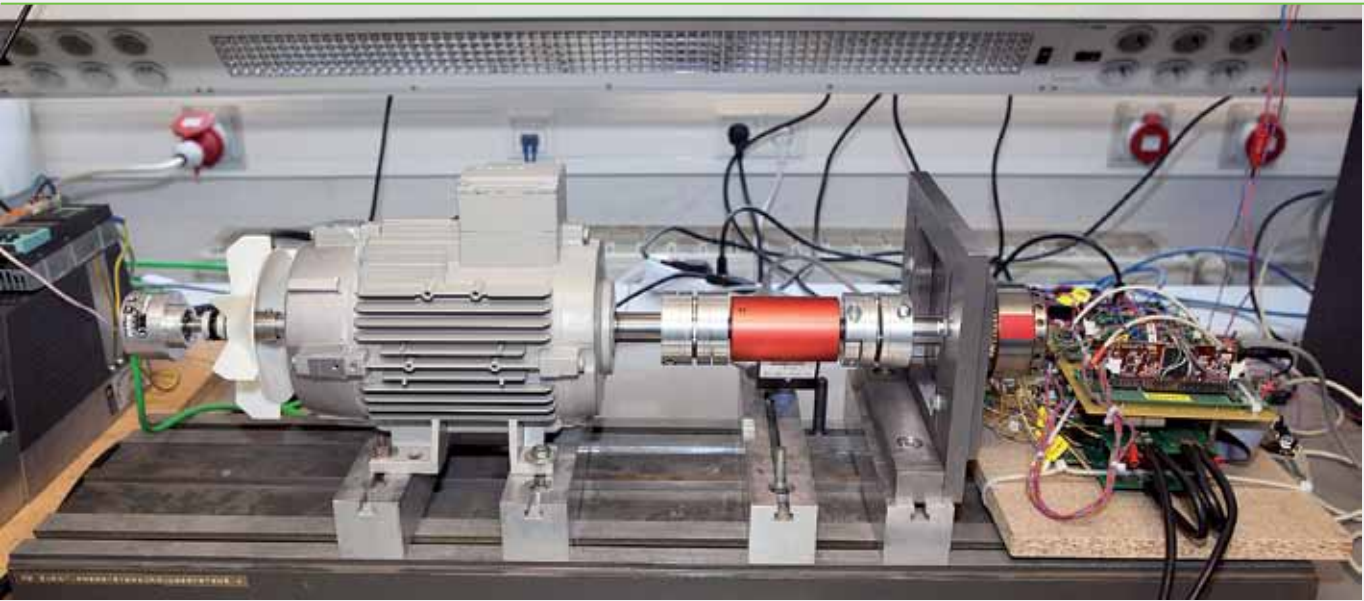
NEUARTIGE BÜRSTENLOSE GLEICHSTROM-
MASCHINE ALS HILFSANTRIEB

title

NEW BRUSHLESS DC-MACHINE FOR
AUXILIARY DRIVES

Der Mobilitätssektor wird vor dem Hintergrund des Klimaschutzes, der Ressourcenverfügbarkeit und strenger werdenden Anforderungen an den CO₂-Ausstoß der Fahrzeugflotten durch steigende Effizianzorderungen des Fahrzeugs geprägt. Aus diesem Grund findet eine zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstrangs sowie der Hilfsantriebe des Fahrzeugs statt.

In consideration of the fact that climate change and shortage of resources comes more and more to the public eye, the mobility sector is confronted with strict standards regarding CO₂ emissions. This leads to a growing electrification of the vehicle's power train and of the auxiliary drives.



Laboraufbau des Hilfsantriebssystems
Experimental setup of the auxiliary drive system

Vor diesem Hintergrund werden am KDEE leistungselektronische Schaltungen und die Regelungsstrategie für neuartige mehrphasige fehlertolerante bürstenlose Gleichstrommaschinen untersucht.

Within such framework, the KDEE is developing power electronic circuits and the control strategies for a novel type of multiphase fault tolerant brushless DC-machines.

Aufgrund des trapezförmigen Induktionsprofils ist die Drehmomentdichte in dieser Art von Maschine höher als in sinusförmigen permanenterregten Synchronmaschinen. Ziel bei der Entwicklung der Leistungselektronik ist neben der Wirkungsgradoptimierung die Schaffung eines modularen Aufbaus für eine erhöhte Fehlertoleranz. Das Regelungskonzept basiert auf einem robusten Regler und gewährleistet eine leistungsfähige Drehzahl- und Stromregelung der BLDC-Maschine unter Laständerungen und bei Parameterunsicherheiten.

Due to the trapezoidal induction profile, the torque density in this type of machine is higher than in sinusoidal permanent magnet synchronous machines. Apart from improving efficiency, the aim of the power electronics development is the creation of a modular power electronics design to achieve an increased fault tolerance of the drive system. The control strategy is based on a robust controller and is developed to ensure a high performance speed and current control of the BLDC-machine under load disturbances and parameter uncertainties.

Gefördert durch: intern / Land Hessen

Ansprechpartner
DIPL.-ING. WOLFRAM HOFMANN

Titel
ELEKTROMOBILITÄTSKONZEPT MIT TEIL-AUTONOMEN FAHRZEUGEN (ELECTRICAL EXPLORE VEHICLE – E2V)

Auf dem Weg zu marktfähigen Elektrofahrzeugen sind wesentliche technologische Hürden zu überwinden. Im Rahmen des Förder-schwerpunktes „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität – Strom“ fördert das Bundesministeriums für Bildung und Forschung das Projekt E2V (Förderkennzeichen 16N11722).

Für viele abgeschlossene Räume, insbesondere Parks und Kultur-landschaften, ist es wünschenswert, dass sich gerade ältere oder bewegungseingeschränkte Menschen fortbewegen können, ohne die Infrastruktur anpassen zu müssen. Hier setzt das Projekt E2V an und entwickelt für diese Nutzungsszenarien ein kompaktes, wendi-ges und leichtes Elektrofahrzeug für bis zu zwei Personen.

Am KDEE werden die leistungselektronischen Baugruppen, wie An-triebswechselrichter und Bordnetz-wandler, in enger Zusammenar-beit mit den insgesamt 10 Projektpartnern aus Forschung und Indus-trie entwickelt.



Fahrzeugsimulation
Vehicle-simulation

Laboraufbau Antriebswechselrichter
Experimental setup drive-inverter

title
E-MOBILITY CONCEPT FOR SEMI-AUTONOMOUS VEHICLES (ELECTRICAL EXPLORE VEHICLE – E2V)

On the way towards saleable electric vehicles major technological obstacles have to be over-come. Within the focal point of support “key-technologies for e-mobility” the German Federal Ministry of Education and Research sponsors among other things the research of electric-vehicle concepts.

For many enclosed areas, like parks and other landscapes, it is desirable to give older or people with walking disabilities the opportunity to be mobile, without changing infrastructural conditions. For this purpose the project-participants from research and industry develop a light, compact and agile vehicle for up to two passengers.

The KDEE therefor develops power electronic components as the drive inverter or the dc-dc-converter for the on-board power supply.



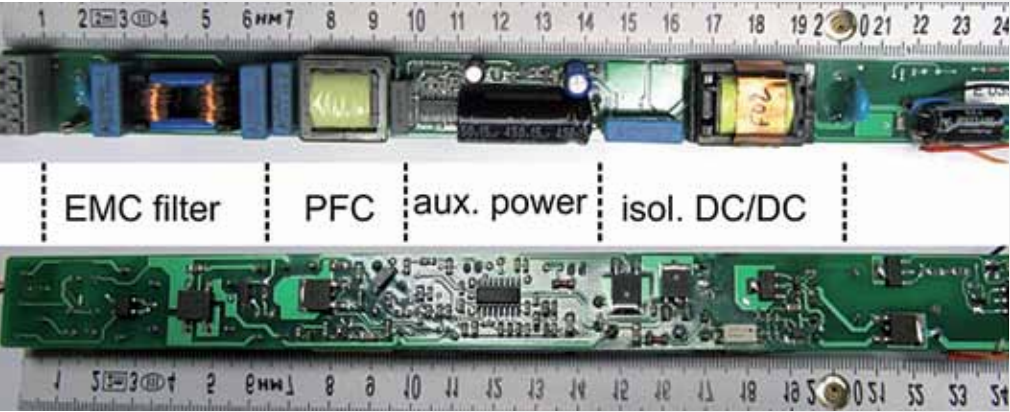
Ansprechpartner
B.ENG. GEORGIOS LEMPIDIS, M.SC. SAMUEL ARAÚJO , PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
ENTWICKLUNG EINES HOCHEFFIZIENTEN VORSCHALTGERÄTS FÜR LED-LEUCHTEN

title
DEVELOPMENT OF A HIGHLY EFFICIENT POWER SUPPLIES FOR LED LIGHTS

Die Beleuchtungstechnik macht etwa 19 Prozent des weltweiten elektrischen Energieverbrauchs aus. Energieeffiziente Lösungen ver-sprechen hier ein beträchtliches Einsparpotential und hohe Wachs-tumsraten. Leuchtdioden (LEDs) kommt dabei als „All-Solid-State“ eine Schlüsselstellung zu. Als Vorteile sind u.a. der hohe Wirkungs-grad, Langlebigkeit und Flexibilität hier zu nennen.

Lighting makes up about 19 percent of the global electrical energy consumption. Energy efficient solutions promise a considerable savings potential and high growth rates. In this context Light emitting diodes (LEDs) as an “All-Solid-State” solution is a key technology. High efficiency, robustness and flexibility are some of the main drivers for this development.



Einblick in den Aufbau einer Stromversorgung für eine 4-kanalige LED Beleuchtungs-anlage (40W, $\eta_{tot} > 90\%$, $\lambda > 0,9$ für $P > 20\text{ W}$)
Look onto the design of a power supply for a 4-channel lighting LED system (40W, $\eta_{tot} > 90\%$, $\lambda > 0,9$ for $P > 20\text{ W}$)

Vorschaltgeräte wandeln die Wechselspannung in eine für die LED-Technik übliche kleine DC-Spannung (<50V) um und sorgen für eine galvanische Trennung. Jedoch werden die Effizienzvorteile der LED-Technik oftmals durch den schlechten Wirkungsgrad der Vorschalt-geräte aufgezehrt.

Besonderer Fokus dieses Projektes war es somit ein besonders effi-zientes und kompaktes Vorschaltgerät zu entwickeln, das in eine bestehende Leuchte integriert werden kann. Ein Prototyp nahe am finalen Design ist in dem Bild oben zu sehen. Mit Hilfe einer speziel-len Schaltungskonfiguration und einem optimierten Design des Hochfrequenztransformators konnte ein Gesamtwirkungsgrad von über 90 % erreicht werden. Die Schaltung zeichnet sich außerdem durch ein extrem schlankes Design und kompakte Abmessungen aus. Es war Bestandteil der von HADLER auf der Messe **light+building** 2012 in Frankfurt vorgestellten Weltneuheit einer 4-kanaligen Raumbelichtung.

Power supplies convert the AC voltage into typically a small DC voltage (<50V) and provide electrical safety isolation. However, the efficiency advantages of LED technology are often neutralized by the poor efficiency of the power supplies.

*Special focus of this project was therefore to develop a very efficient and compact power supply, which can be integrated into an existing light. A first prototype is shown in Figure left. Using a special circuit configuration and an optimized design of high-frequency transformer a total efficiency of over 90 % could be achieved. The circuit is also characterized by a slim design and compact dimensions. It was a component of world novelty of a 4-channel room lighting) introduced by HADLER Inc. on the fair **light+building** 2012 in Frankfurt.*



Stand der Firma HADLER auf der light+building 2012 in Frankfurt
Stand of the company HADLER at the light+building in 2012 in Frankfurt

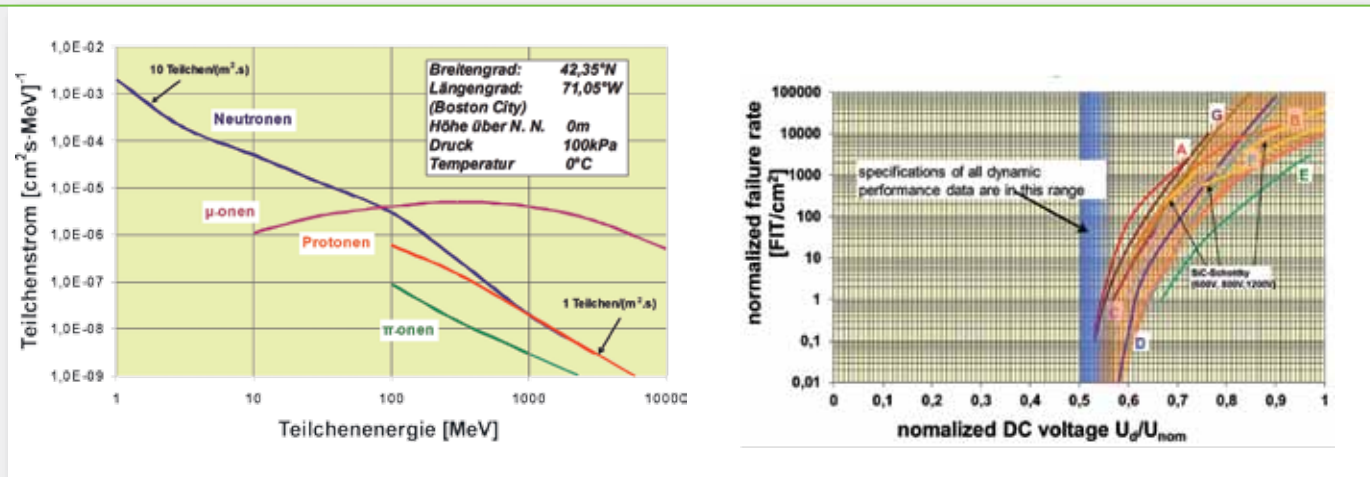
Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
LEBENSDAUER UND BETRIEBSZUVERLÄSSIGKEIT LEISTUNGSELEKTRONISCHER WANDLER

Energiewandler für die Nutzung erneuerbarer Energiequellen (insbesondere Wind und Sonne) sind – wie andere Anlagen der Energieversorgungstechnik auch – für eine lange Nutzungsdauer bei geringen Wartungs- und Betriebskosten auszulegen. Nur so lässt sich eine hohe Versorgungssicherheit bei vertretbaren Kosten erreichen. Die Modellierung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit (mean time between failures (MTBF), failure in time: FIT-Raten) mit dem Ziel einer entsprechenden Prognose gewinnt daher zunehmend an Bedeutung. Dabei werden wichtigen Einflussfaktoren wie Belastungswechsel, Temperaturwechsel, Temperaturniveau sowie Höhenstrahlung in ihrem Einfluss untersucht. In elektrischen Versorgungsnetzen wird gewöhnlich von Lebensdauern von 30-50 Jahren für Basiskomponenten ausgegangen. Hier spielt in der Elektronik die auch auf der Erde in Teilen ankommende kosmische (Teilchen-) Strahlung eine Rolle. Je größer die Leistung, desto größer wird die erforderliche Halbleiterfläche. Die Wahrscheinlichkeit eines Einschlags eines solchen Teilchens wächst damit. Durch Dimensionierung lässt sich beeinflussen, ob ein solches Ereignis fatale Folgen hat oder nicht.

title
LIFE TIME AND OPERATIONAL RELIABILITY OF POWER ELECTRONIC CONVERTERS

Energy converters for the use of renewable energy sources (especially wind and solar) are to be designed for a long operational lifetime with low maintenance and operational expenses – just like other power technology sub-systems. This is the only way to achieve a high level of security in power supply system at reasonable costs. Hence, the modelling of lifetime and reliability (mean time between failures (MTBF), failure in time: FIT rates) with the purpose of a suitable prediction is of increasing importance. The influence of the major affecting factors, such as load changes, temperature changes, temperature levels as well as cosmic radiation is examined. In electric power supply grids a service life of 30-50 years for basic components is relatively common. Cosmic particle radiation – some parts of which arrive on the earth surface – plays an important role in power electronics. The higher the rated power of a device, the larger becomes the necessary semiconductor surface area. The likelihood of an impact of such a particle therefore grows with installed power. By dimensioning of components it is possible to influence the probability of such an event to have severe consequences.



Kosmische Teilchenstrahlung*
*Cosmic particle irradiation**

Abhängigkeit der Ausfallrate von der relativen Betriebsspannung von Sperrschicht-Halbleiterelementen**
*Semiconductor FIT rates depending on ratio of operating voltage to nominal voltage***

Gefördert durch: intern /Land Hessen

REFERENZEN

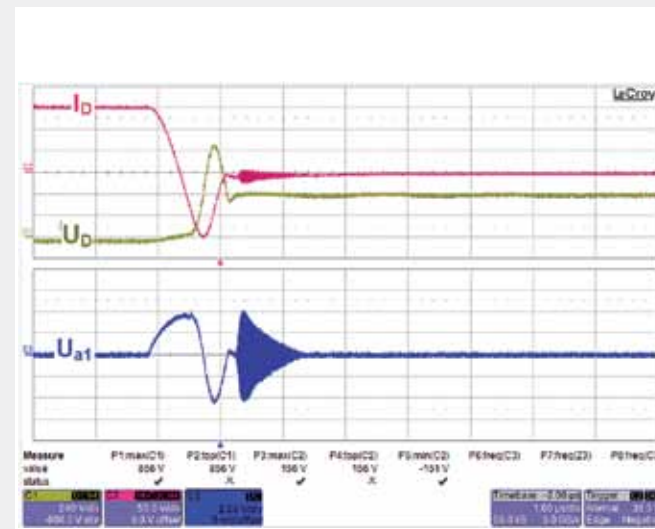
* J. F. Ziegler, "Terrestrial cosmic rays intensities," IBM Journal of R&D, Vol. 42, No. 1, pp. 117-140, 1998; A. Astbury and D. Axen: Comparison of GEANT4, Simulation of Atmospheric Cosmic Rays with Measured Terrestrial Muon and Neutron | Spectra, TRI--PP--06--14, Nov 2006

** Publications of ABB Semiconductors, Infineon AG, Microsemi, Soelkner, G. et al. in Materials Science | Forum Vols. 556-557, (2007)

Ansprechpartner
DIPL.-ING. MICHAEL HEEB

Titel
MODELLIERUNG DER PARASITÄREN PASSIVEN ELEMENTE IN IGBT-HOCH-LEISTUNGSMODULEN

In der Energietechnik werden für die elektrische Energieaufbereitung zunehmend leistungselektronische Wandler mit schnellen Schaltern eingesetzt. Das „Arbeitspferd“ im Hochleistungsbereich ist das dabei der IGBT (insulated gate bipolar transistor) zusammen mit schnellen Leistungsdioden. Für große Leistungen bzw. Ströme werden viele Halbleiterchips mit diesen Bauelementen parallel in Modulen betrieben. Das Auftreten hochfrequenter Schwingungen beim Schalten stellt eine potentielle Störgröße dar. Die Hochfrequenzschwingungen können während des Schaltvorgangs entstehen und verursachen EMV-Probleme die den Stromrichter selbst oder andere Geräte und Anlagen leitungsgebunden oder durch Abstrahlung stören können. Die vorgelegte Arbeit konzentriert sich auf Schwingungen, die durch Trägerlaufzeiteffekte in bipolaren Halbleitern verursacht werden. Der Fokus liegt hierbei auf der Plasma Extraction Transit Time Oszillation, kurz PETT-Oszillation, die sowohl in IGBTs als auch in Dioden im Bereich zwischen 100 MHz und 1 GHz auftreten kann. Auslöser für die schnellen Oszillationen können zum einen Unsymmetrien im Modulaufbau, aber vor allem parametrische Verstärkungen der Oszillationen im Halbleiterchip durch aufbaubedingte Resonanzstellen parasitärer Elemente in der Aufbau- und Verbindungstechnik um den Halbleiterchip herum sein. Die bereits eingereichte Arbeit beschäftigt sich mit der mathematischen Modellierung dieser Umgebung und den entstehenden Wechselwirkungen.

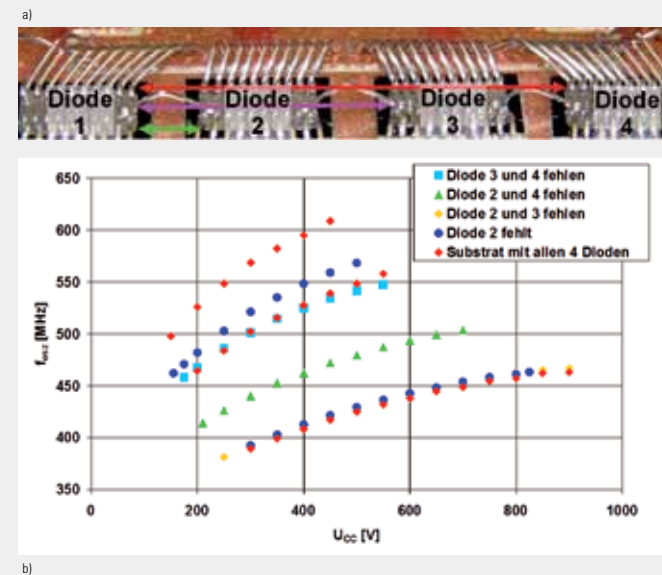


Schalten eines 1700 V-Substrats mit $I_D = 150$ A: I_D : Diodenstrom, U_D : Diodenspannung, U_{a1} : Mess-Signal der Antenne
Switching of a 1700 V diode substrate with $I_D = 150$ A: I_D : diode current, U_D : diode voltage, U_{a1} : measuring signal of the antenna

Promotionsprojekt an der Universität Kassel, gefördert durch die Infineon AG, München

title
MODELING OF THE PARASITIC PASSIVE ELEMENTS IN HIGH POWER IGBT MODULES

Power electronic converters with fast switching elements are used increasingly for power conditioning. The IGBT (insulated gate bipolar transistor) is the "workhorse" in the high power accompanied by fast switching power diodes. For high power or high currents many semiconductor chips with these elements are operated in parallel within modules. The appearance of high frequent oscillations at switching can potentially cause disturbances. The high-frequency oscillations can be caused during the switching process and result in EMV problems by interfering in the converter itself or in other equipment by means of radiated or conducted disturbing signals. The submitted thesis focus on oscillations which are caused by carrier travel effects in bipolar semiconductors, namely the plasma extraction transit time oscillation. Briefly known as PETT oscillation, they can appear in IGBTs as well as in diodes in the range between 100 MHz and 1 GHz. Triggers for the HF oscillations can be no only unbalances in the module design, but above all parametric gain of the oscillations in the semiconductor chip by design-conditioned resonances of parasitic elements in the packaging and integration technology around the semiconductor chip. The already submitted work deals with the mathematical modeling of these surroundings and the possible interactions.



Messungen an einem 1700 V-Substrat mit $I_D = 150$ A: a) Nummerierung der Dioden auf dem Substrat b) Messergebnisse mit veränderlicher Zahl wirksamer Dioden
Measurements at a 1700 V substrate with $I_D = 150$ A: a) arrangement and numbering of the diodes on a substrate b) measuring results with variable number of effective diodes

Ansprechpartner
M.SC. SAMUEL ARAÚJO, M.SC. MARITA WENDT

Titel
**POTENZIALANALYSE VON SILIZIUMKARBID
UND GALLIUMNITRID-BAUELEMENTEN**

Potenzialanalyse von Siliziumkarbid und Galliumnitrid-Bauelementen in automotiven und erneuerbaren Energiesystemen

Halbleiterbauelemente auf Basis von Siliziumkarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN) bieten hervorragende Eigenschaften, wie z.B. sehr schnelles Schaltverhalten und Betrieb bei erhöhten Temperaturen. Durch diese Merkmale ermöglichen sie eine deutliche Erhöhung der Schaltfrequenz und infolgedessen die Senkung der spezifischen Kosten von leistungselektronischen Wandlern.

Die technischen und wirtschaftlichen Potenziale dieser Technologien werden weiter mit Fokus auf der Anwendung in automotiven und erneuerbaren Energiesystemen erforscht.

Auf experimenteller Ebene ist die Erstellung eines kompakten und hocheffizienten DC-Hochsetzstellers für photovoltaische Systeme, der mit SiC-BJTs ausgerüstet ist und bei einer Schaltfrequenz von 48 kHz arbeitet, zu erwähnen. Hierzu wurde eine spezielle Treiberschaltung entwickelt, um die entstehenden Verluste zu reduzieren.

Aktuell werden weitere Untersuchungen mit GaN-Bauelementen einer niedrigen Spannungsklasse durchgeführt, welche z.B. innerhalb von Spannungsversorgungseinrichtungen in automotiven Systemen, in photovoltaischen Kleinleistungswechselrichtern usw. Anwendung finden können.



Demonstratorplatine des Herstellers EPC mit GaN Schalter
Demonstrator board from the manufacturer EPC with GaN switches

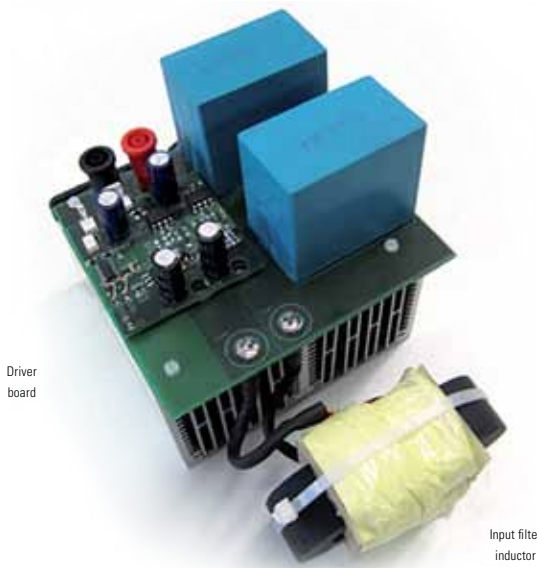
Gefördert durch: intern / Land Hessen

title
**ANALYSIS ON THE POTENTIAL OF SILICON
CARBIDE AND GALLIUM NITRIDE DEVICES**

Analysis on the potential of silicon carbide and gallium nitride devices in power conversion systems for automotive and renewable energy sources

Semiconductor devices based on silicon carbide (SiC) and gallium nitride (GaN) offer outstanding characteristics like very fast dynamic behavior and high temperature capability. These will allow significant increase on the switching frequency and reduction of specific costs for power electronics converters.

The technical and economic potential of the referred technologies continues to be researched within internal activities, focusing on the application on renewable energy and also on automotive systems. At experimental level it is possible to cite the investigation of a compact and efficient step-up converter for photovoltaic systems operating at 48 kHz with SiC-BJTs. For this investigation was developed a special driver circuitry in order to reduce losses. Furthermore additional investigations are currently taking place with low voltage GaN devices, with possible fields of application including onboard supply converters for automotive systems and also photovoltaic micro-inverters.



Laboraufbau des Hochsetzstellers mit SiC BJTs
Experimental setup of the step-up converter with SiC-BJTs

Gefördert durch: intern / Land Hessen

Ansprechpartner
M.SC. SAMUEL ARAÚJO, DIPL.-ING. CHRISTIAN NÖDING

Titel
**AUTOMATISIERTER PRÜFSTAND FÜR
LEISTUNGSHALBLEITER**

Mit dem Ziel die Eigenschaften von innovativen Leistungshalbleitern zu bestimmen, ist in unseren Laboren ein spezieller Prüfstand ausgelegt und aufgebaut worden. Sehr hohe Schalttransienten können wegen der hochbandbreitigen Messtechnik und dem Aufbau mit geringeren Störeffekten vollständig untersucht werden. Auf diese Weise ist die Vermessung von Schalt- und Durchlassverluste bis 1500 V und 400 A innerhalb eines Temperaturbereiches von -40 bis 200°C und mit Kommutierungstransienten über 50 kV/μs und 5 kA/μs möglich. Weitere Testpunkte beinhalten die Ansteuerung und die Durchbruchcharakterisierung sowie die Messung der Bauteil-Kapazitäten unter erhöhter Spannung. Außerdem ermöglicht die Mess-Automatisierung eine Durchführung von zahlreichen Messreihen in kurzer Zeit.



Leistungshalbleiter Prüfstand
Power Semiconductors Test Bench

Gefördert durch: intern / Land Hessen

title
**AUTOMATED TEST BENCH FOR POWER
ELECTRONICS SEMICONDUCTOR DEVICES**

In order to investigate the capabilities of innovative semiconductor devices a special test bench was projected and constructed in our labs. Very high switching speeds can be fully investigated given the high bandwidth measuring equipment and the low parasitics environment. Thus, switching and conduction losses can be measured up to 1500 V and 400 A with temperatures in the range between -40 to 200°C, with switching transients exceeding 50 kV/μs and 5 kA/μs. Other possible investigations include the driving and breakdown characteristics, along with the characterization of device capacitances under high voltage. In addition to this, the possibility of automated measurements enables performing large series within a short time frame.



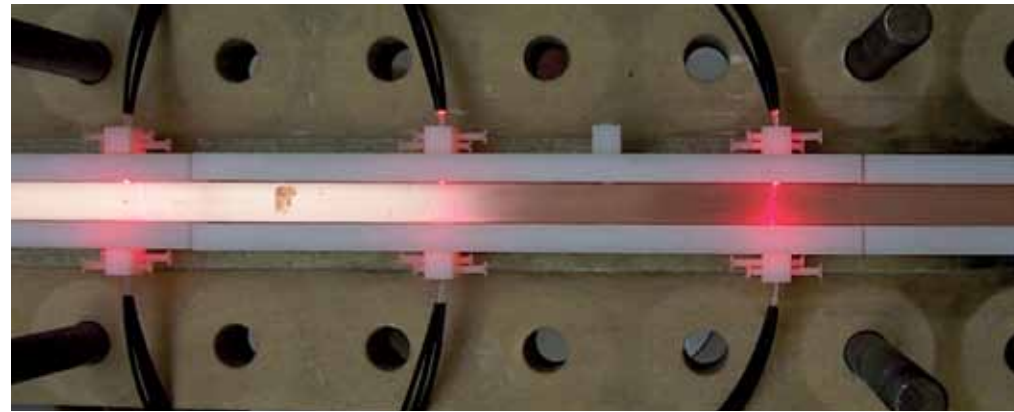
Benutzeroberfläche des Automatisierungsprogramms
User interface of program for automated measurements

Gefördert durch: intern / Land Hessen

Ansprechpartner
DIPL.-ING. THORBJÖRN SIAENEN, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

<p>Titel</p> <p>ENTWICKLUNG EINES ELEKTRO-MAGNETISCHEN SCHIENENBESCHLEUNIGERS FÜR DEN SYMMETRISCHEN TAYLORTEST</p>	<p>title</p> <p>DEVELOPMENT OF AN ELECTROMAGNETIC RAIL ACCELERATOR FOR THE SYMMETRICAL TAYLOR TEST</p>
---	---

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt / Promotionsvorhaben von ISL Saint-Louis, FH Gelsenkirchen und EVS/Universität Kassel wurde ein elektromagnetischer Schienenbeschleuniger als Basis für die Grundlagenforschung zur Hochgeschwindigkeitsumformung von Materialien entwickelt. Dabei werden kleine gleichartige zylindrische Materialproben mit Geschwindigkeiten nahe der Schall-



Lichtschranken zur Positionserfassung des Probekörpers
Light barriers for position detection of the test body

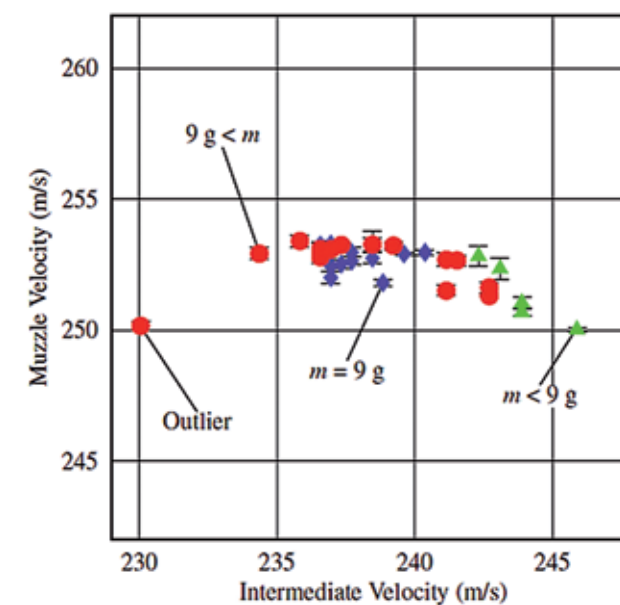
geschwindigkeit oder darüber aufeinander „geschossen“, um die Verformungsdynamik mit Hochgeschwindigkeitskameras untersuchen zu können. Anwendungen der Erkenntnisse liegen z.B. in Sonderfertigungsverfahren wie elektromagnetischer Impulsumformung oder Explosiv-Umformung oder Plattierung in der metallverarbeitenden Industrie.

Schwerpunkt der Arbeit war die Verringerung der Streuung in der Endgeschwindigkeit zur Sicherung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse durch eine prädiktive Steuerung der Leistungszufuhr bei der magnetischen Beschleunigung. Dies wird durch eine optische Positionserfassung erreicht, aus der der Zündzeitpunkt für die Zuschaltung der nächsten Kondensatorbank bestimmt wird. Die Arbeit wurde im Sommer 2013 abgeschlossen und eingereicht.

Testergebnisse der optisch gesteuerten Endgeschwindigkeit eines 9g Probekörpers
Test results of the optically controlled final speed of a 9g test body

In a joint research project of ISL Saint-Louis, FH Gelsenkirchen and EVS/University of Kassel an electromagnetic rail accelerator has been developed in order to enable the basic research of high-speed metal forming. Small cylindrical material probes of similar type are accelerated close or above the speed of sound and “shot” onto each other in order to be able to examine the distortion dynamics with high-speed cameras. Applications of the findings include e.g. special manufacturing methods such as electromagnetic impulse forming or explosive forming within the metal processing industry.

Main focus of the work was the reduction of the dispersion in the final speed to get a safe reproduction of the results by a predictive control of the power supply for the magnetic acceleration. This is reached by an optical position measurement from which the ignition time is determined for the switch-on of the next capacitor bank. The work was concluded in summer, 2013 and submitted.



REFERENZEN

T. Siaenen, M. Schneider, M. Löffler, “Rail Gun Muzzle Velocity Control with High Accuracy”, ISL Saint-Louis, May 19, 2010

Ansprechpartner
DR.-ING. MATHIAS KÄBISCH, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

<p>Titel</p> <p>ENERGIEMANAGEMENT ZWISCHEN VERSCHIEDENEN SPEICHERN</p>	<p>title</p> <p>ENERGY MANAGEMENT BETWEEN DIFFERENT STORAGEES</p>
---	--

Energiespeicher gehören zu den Bauelementen in Stromrichtern, die wesentlich Kosten, Volumen und Gewicht beeinflussen. Sie unterscheiden sich erheblich in den Parametern Energiedichte, verfügbare Leistungsdichte, maximale Zyklenzahl, kalendarische Lebensdauer und Abhängigkeit von der Betriebstemperatur. Elektrochemische Energiespeicher (Akkumulatoren, Brennstoffzellen) sind z.B. durch hohe Energiedichten und eine vergleichsweise geringe Abhängigkeit der Klemmenspannung vom Energieinhalt gekennzeichnet. Doppelschichtkondensatoren weisen dagegen zwar eine viel geringere Energiedichte jedoch wesentlich größere Spitzenleistungen und Zyklenzahlen auf. Dabei ist der Energieinhalt quadratisch abhängig von der Spannung. Dies verursacht Schwierigkeiten im Systemdesign.

Bei den in Bild 1 abgebildeten Supercaps würde ein Anschalten an 12V einen Spitzen-Ladestrom von 12000A verursachen können. Im Parallelbetrieb zu einer Batterie ist die niedrige Impedanz der Kondensatoren vorteilhaft um hohe Spitzenleistungen in beiden Energieflussrichtungen abzudecken. Im Verbund ist jedoch eine leistungselektronische Systemtechnik mit Betriebsführung und Regelung erforderlich. Bild 2 zeigt ein Beispiel für einen solchen Ansatz für 2 hochbelastbare Ausgangsspannungen. Ein anderer Ansatz ist z.B. die Zulassung eines größeren Spannungsbereichs für einen Spannungszwischenkreis, wie im Ladegerät der mit dem 2. Preis des studentischen Future Energy Challenge 2011 eingesetzt, um Volumen zu sparen. Die dazu erforderliche Regelung erfordert nur zusätzlichen Programmcode.



Abb. 1: Doppelschicht-Kondensator-Pack 2x330F/16V/1mΩ (Maxwell) mit peripherer Leistungselektronik zur Eingliederung in Systeme (Uni Kassel)
Fig. 1: Double layer capacitor stack 2x330F/16V/1mΩ (Maxwell) with peripheral power electronics for system integration (University Kassel)

Energy storages belong to the elements in power converters which influence substantially costs, volumes and weight. They considerably differ in the parameters energy density, available power density, maximum number of cycles, life span and dependency on the operating temperature. Electro-chemical energy storages (batteries, fuel cells) are characterized, e.g., by high energy-densities and a relatively low dependence of the terminal voltage on the energy contents. Double layer capacitors show in opposite, indeed, much lower energy density but, nevertheless, substantially higher maximum power and number of cycles. Their energy contents are squarely depending on the voltage. This causes difficulties in the system design.

With the illustrated Supercaps in fig. 1, a switching on to 12V would be able to cause a peak charging current up to 12000A. In the parallel operation to a battery, the low impedance of the capacitors is of advantage for high power flow in both directions. Nevertheless, for parallel use, a power electronic system with operation management and control is necessary. Fig. 2 shows an example for such approach with two voltage outputs for heavy duty application. Another approach is to allow a higher voltage range for the DC link of the power converters in order to save volume. A similar approach was used in the battery charger in the 2011 IEEE Future Energy Challenge by the Team from Kassel. The necessary additional control requires only additional program code.

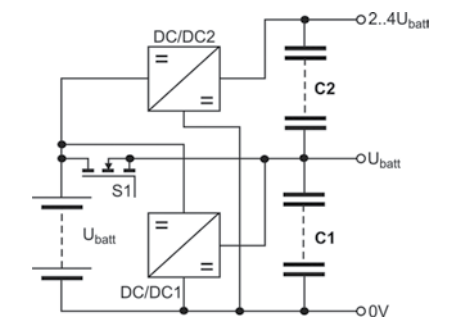


Abb. 2: Systemaufbau zur Versorgung von 2 Spitzenlastkreisen aus einer Batterie in Verbindung mit 2 Supercap-Packs
Fig. 2: System design for supply of 2 heavy load circuits from a battery in combination with 2 Supercap stacks

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**NICHTLINEARE MODELLIERUNG KOMPLEXER
MAGNETISCHER BAUELEMENTE**

Magnetische Bauelemente der Energietechnik beruhen in vielen Fällen in Ihrer Funktion auf der einfachen oder mehrfachen Kopplung magnetischer Felder. Zur Führung des magnetischen Feldes werden ferromagnetische Materialien eingesetzt. Dies führt zu kleineren Bauelementegrößen. Bei hinreichend hohen Polarisierungen weisen jedoch alle ferromagnetischen Materialien Sättigungseigenschaften auf. Das heißt, dass das Maximum der verfügbaren magnetischen Dipole sich im äußeren Feld ausgerichtet hat. Die über die elektrischen Signale beobachtbaren Eigenschaften der Bauelemente ändern sich entsprechend. Wenn diese Bauelemente Bestandteile von Stromrichtersystemen sind, ergeben sich betriebsmäßig oder im Havariefall Situationen, die nur bei Berücksichtigung der nichtlinearen Eigenschaften beherrscht werden können. Dafür ist eine Modellbildung erforderlich. Der in Bild 1 dargestellte Transformator ist Teil eines elektronischen Längsreglers (siehe Projekt Aktive, intelligente Niederspannungsnetze). Im Fall von ein- oder mehrpoligen Kurzschlüssen im Niederspannungsnetz können z. B. bis zum Auslösen der Sicherungen kurzzeitig sehr hohe Spannungen an der Unterspannungsseite anliegen und Ströme bis zu 25 kA fließen. Ein für die Regelung vollständiges Modell zeigt Bild 2. Sowohl die linearen als auch die nichtlinearen Anteile wurden für den Entwurf der Strategie für Regler und Betriebsführung experimentell quantitativ charakterisiert.

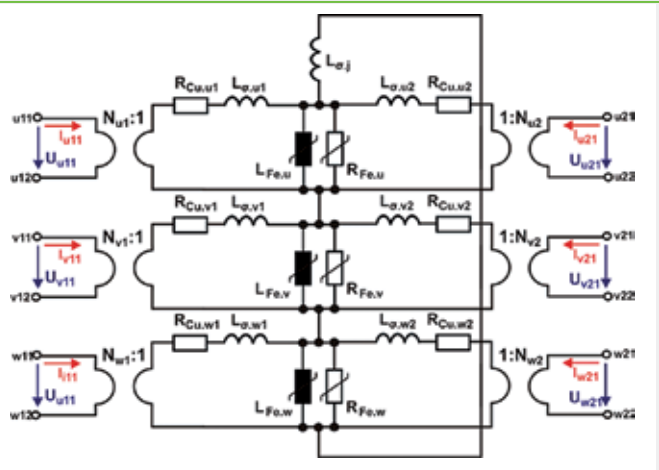


3-phasiger 3-Schenkeltransformator
3-phase 3-leg transformer

Gefördert durch: intern / Land Hessen

title
**NON-LINEAR MODELING OF COMPLEX
INDUCTIVE ELEMENTS**

Inductive elements of power engineering are based in many cases in their function on the single or multiple coupling of magnetic fields. Ferromagnetic materials are used as a channel of the magnetic field. This leads to smaller element dimensions. Nevertheless, in case of sufficiently high polarization, all ferromagnetic materials show saturation. In this case the maximum amount of available magnetic dipoles is aligned to the external field. The properties observable over the electric signals of the elements change accordingly. If these elements are components of power converter systems, the situations can be controlled only by consideration of the non-linear properties in case of normal operation or during faults. The establishment of a model is necessary for it. The transformer shown in fig. 1 is part of an electronic series voltage controller (see project AINS). In the case of single or multiple short circuits in the low-voltage grid high voltages can arise at the lower voltage windings for a short time up to reaction of fuses, and currents up to 25 kA are possible. Fig. 2 shows a transformer model adequate for the power electronic control. The linear as well as the non-linear components have been characterized quantitatively by experiments for the concept of strategy for control and operation management.



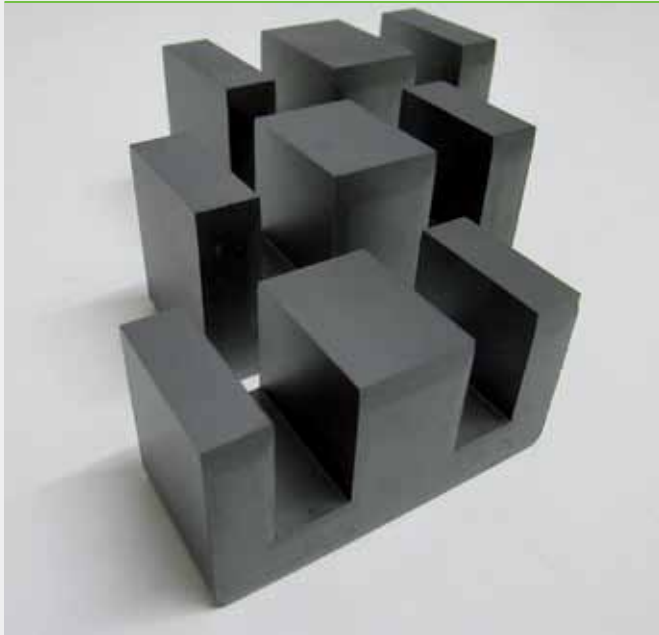
Nichtlineares elektrisches Modell eines 3-phasigen 3-Schenkeltransformators
Non-linear electric model of a 3-phase 3-leg transformer

Ansprechpartner
DIPL.-ING. THIEMO KLEEB

Titel
VERLUSTMESSUNG VON WEICHMAGNETISCHEN MATERIALIEN FÜR LEISTUNGSELEKTRONISCHE ANWENDUNGEN

Die Optimierung magnetischer Bauelemente spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung leistungselektronischer Wandler, vor allem wenn es darum geht Material, Kosten und Verluste einzusparen und zu verringern. Im Rahmen einer Studie wurden daher Potentiale und Möglichkeiten aufgezeigt, um Volumen und Verluste magnetischer Bauelemente zu verringern.

Dabei wurden die Verluste verschiedener Kernmaterialien mit Hilfe eines kalorimetrischen Messverfahrens bestimmt. Die Prüflinge wurden unter realen Betriebsbedingungen, ähnlich wie in der Applikation, gemessen, um die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Verluste zu identifizieren. Neben den Bekannten Einflussgrößen wie Frequenz, Induktion, Vormagnetisierung und Tastgrad wurden auch Hinweise gefunden, dass die Schaltgeschwindigkeiten einen Einfluss auf die Verluste haben können. Dieser Aspekt kann in Zukunft besonders beim Einsatz schnell schaltender Halbleiter von Bedeutung sein, da für diese Anwendungen entsprechend geeignete Kernmaterialien gefunden werden müssen.



Ferrit E-Kerne
Ferrite E cores

Gefördert durch: ECPE e. V.

title
LOSS MEASUREMENT OF SOFT MAGNETIC MATERIALS FOR POWER ELECTRONIC APPLICATIONS

The optimization of magnetic components plays an important role for the development of power electronic converters, especially for growing demands to reduce material, costs and losses. Therefore the possibilities to reduce volume and losses of magnetic components were investigated in a study.

The losses of different material grades were measured via a calorimetric method. The devices under test were measured under real operation conditions, similar as in the application, in order to identify the different influencing factors on the losses. Beside the known influencing factors like frequency, induction, DC bias and duty cycle, the study offered hints that the switching speed can have an influence on the losses, too. This aspect will become of interest especially when fast switching semiconductors will be established, because suitable magnetic materials must be identified for these applications.



Optimierung einer Speicherdrossel
Optimization of a choke

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS, DIPL.-ING THIEMO KLEEB

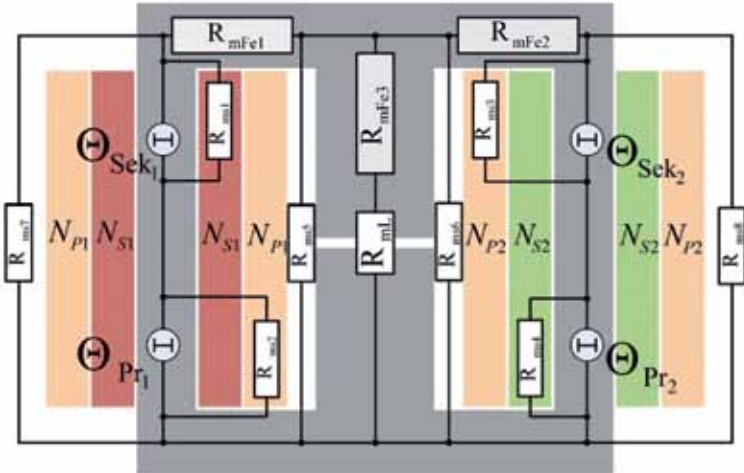
Titel

INTEGRIERTE MAGNETISCHE BAUELEMENTE ALS WEG ZU HÖHEREN LEISTUNGSDICHTE

title

INTEGRATED MAGNETIC ELEMENTS AS AN APPROACH FOR ACHIEVING HIGHER POWER DENSITIES

Magnetische Bauelemente bilden neben den Halbleiterbauelementen und den Kapazitäten eine wichtige Gruppe von Elementen elektronischer Energiewandler. Im Gegensatz zu den beiden Letztgenannten hat man bei den magnetischen Bauelementen weitgehenden Einfluss auf Design, verwendete Materialien und Fertigungsverfahren, wenn man dies will – und kann. In der vor-mikroprozessoralen Zeit (vor 1975) gab es auch geregelte Energiewandler, die sich gerade wegen der Abwesenheit von Halbleiterelektronik durch hohe Zuverlässigkeit bei allerdings recht geringen Leistungsdichten und hohem Eigengewicht auszeichneten. Durch die rasant gestiegenen Zuverlässigkeitswerte der Elektronik werden hier viele Möglichkeiten magnetischer Designs nicht mehr berücksichtigt, da das aktiv verfügbare Wissen darüber verloren zu gehen droht. An der Universität Kassel wurde daher ein Kurs „Magnetische Bauelemente“ auf Master-Niveau eingerichtet. Neben der Optimierung einzelner Bauelemente auf ihre Anwendung hin wird in der Forschung u. a. das Ziel verfolgt, mehrere induktive Bauelemente eines Stromrichters zu einem Bauelement mit einem gemeinsam genutzten magnetischen Kern zu vereinigen. Dies verringert das erforderliche Bauvolumen, den Materialeinsatz und damit auch Kosten und stellt nicht zuletzt wegen des erforderlichen weitergehenden Verständnisses der inneren Zusammenhänge auch eine Art „Kopierschutz“ dar. Kombinationen von common mode (CM) und differential mode (DM) EMV-Filtern sind hier ein Thema, aber auch die Kombinationen von mehreren Hauptfunktionen wie Transformator+Glättung bei DC/DC-Wandlern oder Eingangs-drossel+Transformator+Ausgangs-drossel z. B. bei Batterieladegeräten werden hinsichtlich ihres Potenzials systematisch untersucht. [D. Gottschalk, Masterthesis, Uni Kassel 2012; G. Gläsel, Masterthesis, Uni Kassel 2012]



Modellierung einer magnetischen Anordnung von Transformator + DC-seitiger Glättungsdrossel über ein konzentriertes Reluktanzmodell als Ausgangspunkt für eine elektrische Simulation (D. Gottschalk, Masterthesis, Uni Kassel 2012)
Modeling of a magnetic transformer arrangement with DC sided smoothing choke based on a concentrated reluctance model as a starting point for an electric simulation (D. Gottschalk, Masterthesis, Uni Kassel 2012)

Gefördert durch: intern / Land Hessen

Ansprechpartner
DIPL.-ING. JIE LIU, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

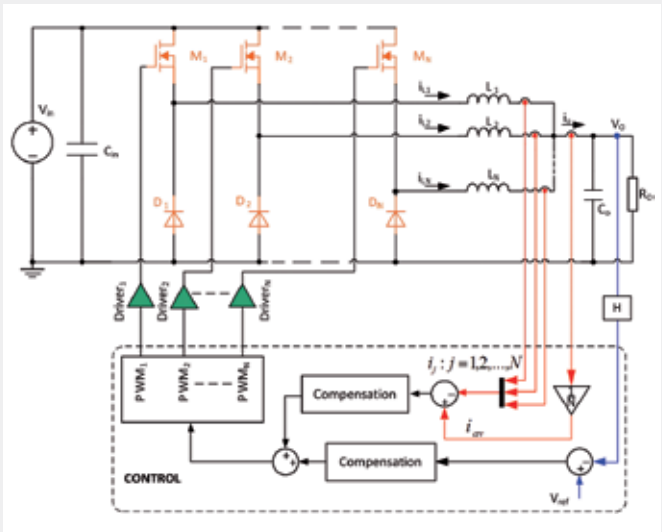
ERSATZ VON SPEICHERN DURCH ERWEITERTEN HALBLEITEREINSATZ

title

REPLACEMENT OF STORAGE ELEMENTS BY EXTENDED USE OF SEMICONDUCTORS

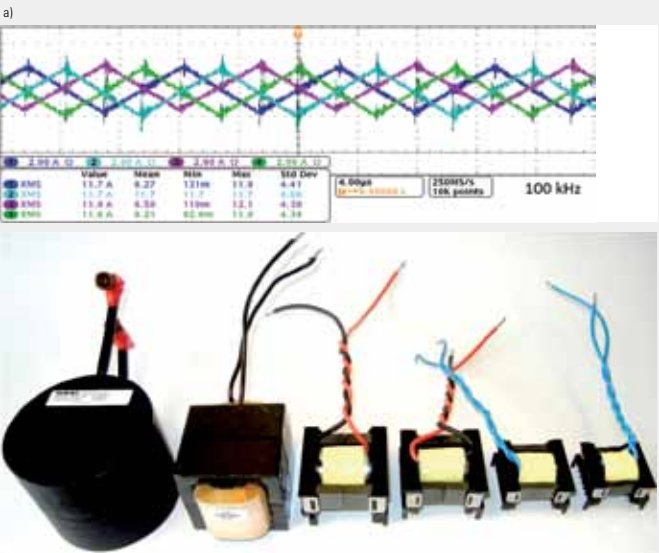
Stromrichter beruhen darauf, Energie zwischen induktiven und kapazitiven Speichern nach einem vorgegebenen Konzept durch das Betätigen von Schaltern so auszutauschen, dass ein bestimmter Zweck (AC/DC, DC/DC, DC/AC etc.) beim Steuern von Energieströmen erfüllt wird. Da man möglichst kontinuierliche Energieströme erreichen will, müssen entsprechend der eingesetzten Schaltfrequenzen hinreichend große Speicher eingesetzt werden. Je höher die Schaltfrequenz, desto geringer die zwischen 2 Schaltvorgängen zu speichernde Energie (Bild 2b: Beispiel induktive Speicher). Aber auch die kapazitiven Speicher können tendenziell verringert werden. Da Schalter aus verschiedenen Gründen in ihrer Schaltfrequenz nach oben begrenzt sind, kann man mit der Methode der virtuellen Erhöhung der Schaltfrequenz durch zeitversetztes Schalten von Teilströmen dasselbe Ziel erreichen. Das zeitversetzte Schalten erfordert jedoch einen entsprechend der Phasenzahl höheren Aufwand an Treiberelektronik und einen im Gesamt-Volumen geringeren, in der Bauelementezahl jedoch höheren Aufwand an induktiven Bauelementen. Eine Verringerung der Zahl der induktiven Bauelemente lässt sich erreichen, wenn diese magnetisch gekoppelt werden, was gleichzeitig mit einer weiteren Verringerung des Platzbedarfs einhergeht. Diese Methodik wird in mehreren Promotions- und Diplomprojekten verfolgt.

Power converters exchange energy between inductive and capacitive storage based on a certain concept by means of operating switches so that a special purpose (AC/DC, DC/DC, DC/AC conversion etc.) can be achieved with control of energy flow. Because one wants to reach low fluctuations in the energy flow, usually big storages in accordance with the used switching frequency must be used. The higher the switching frequency, the lower is the energy to be stored between two switching events (fig. 2b: Example of inductive storages). In a similar way, the capacitive storages can also be reduced in size. Because switches are limited upwards in their switching frequency for different reasons, one can reach the same effect with the method of the virtual increase of the switching frequency by interleaved switching of partial currents. Nevertheless, the interleaved approach requires a higher expenditure in driver's electronics. This is also true for the number of inductive elements, while their overall size remains smaller. A reduction of the number of the inductive elements can be reached if these are coupled magnetically what directly enables further reduction of the overall volume. This methodology is pursued in several doctorate and graduation projects.



Mehrphasiger Tiefsetzsteller im Voltage Control Modus und geregelter Stromaufteilung
Multiphase buck converter with voltage mode control and current sharing

Gefördert durch: intern / Land Hessen



a) Zeitversetztes Schalten bei 100kHz
Interleaved Switching at 100kHz
b) Verschiedene Baugrößen von Induktivitäten für experimentelle Tests (16 kHz bis 800 kHz von links nach rechts)
Different sizes of inductors used for the experimental test (16 kHz to 800 kHz left to right)

Bilder / Figures: Nathaniel Molla, Master Thesis Uni Kassel, 2012, Jie Liu, Manuscript PhD thesis

Ansprechpartner
DIPL.-ING. THIEMO KLEEB, DIPL.-ING. BENJAMIN DOMBERT

Titel
**KOMPENSATIONS-KALORIMETER ZUR
SCHNELLEN VERLUSTMESSUNG VON LEIS-
TUNGSELEKTRONISCHEN KOMPONENTEN**

title
**COMPENSATION CALORIMETER FOR
RAPID LOSS MEASUREMENT OF POWER
ELECTRONIC COMPONENTS**

Leistungselektronische Wandler können heute bereits Wirkungsgrade von 99 % im Laborbetrieb erreichen. D. h. die Verlustleistung der Schaltung selbst und der einzelnen Komponenten kann unter 1 % liegen. Die einzelnen Komponenten arbeiten oftmals mit hochfrequent getakteten Rechteck-Spannungen, welche für elektrische Verlustmessungsverfahren nur sehr schwer zu handhaben sind.

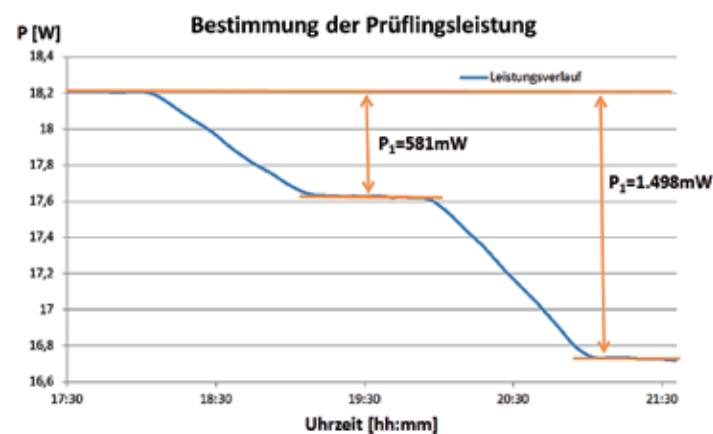
Da thermische Messverfahren unabhängig von elektrischen Größen sind, kann sowohl eine sehr hohe Messgenauigkeit als auch die Verlustmessung von einzelnen Bauteilen mit getakteten Spannungen ermöglicht werden. Dafür haben thermische Messverfahren auf Basis von Kalorimetern aber den Nachteil, dass die großen thermischen Zeitkonstanten des Messaufbaus zu sehr langen Messzeiten führen. Daher wurde am KDEE ein Kalorimeter entwickelt welches, durch eine Regelung der Messung, besonders kurze Messzeiten, von z. T. deutlich unter einer Stunde, ermöglicht.

Weiterhin konnte durch die Regelung der Einfluss von externen, thermischen Störquellen, welche die Messung beeinflussen können, minimiert werden.

Today power electronic converters can reach efficiency values from up to 99 % in laboratory experiments. This means the losses of the circuit itself and the several components can be less than 1 %. Electrical measuring methods are normally unsuitable for the measurement of single components operating under high frequency rectangular voltages.

Thermal measurement methods are independent of electrical quantities. This means they are able to achieve very high accuracy as well as to measure single components operating under high frequency rectangular voltages. Therefore thermal measurement methods based on calorimetric setups have very large time constants leading to very long measurement periods. Hence KDEE developed a controlled calorimeter which enables very short measurement periods from less than one hour.

Furthermore the control minimizes the influence of external thermal disturbances which can influence the measurement results.



Verlustleistungsmessung
Thermal power loss measurement



Mess-Kammer des Kalorimeters
Test chamber of the calorimeter

Gefördert durch: intern / Land Hessen



Ansprechpartner
DIPL.-ING., DIPL. WIRTSCH.-ING. CHRISTOF DZIENDZIOL

Titel
**STUDIE ZUR VERÄNDERUNG DER NETZKURZ-
SCHLUSSLEISTUNG**

Studie zur Veränderung der Netzkurzschlussleistung beim Übergang von einem zentral zu einem dezentral gespeisten Energieversorgungssystem

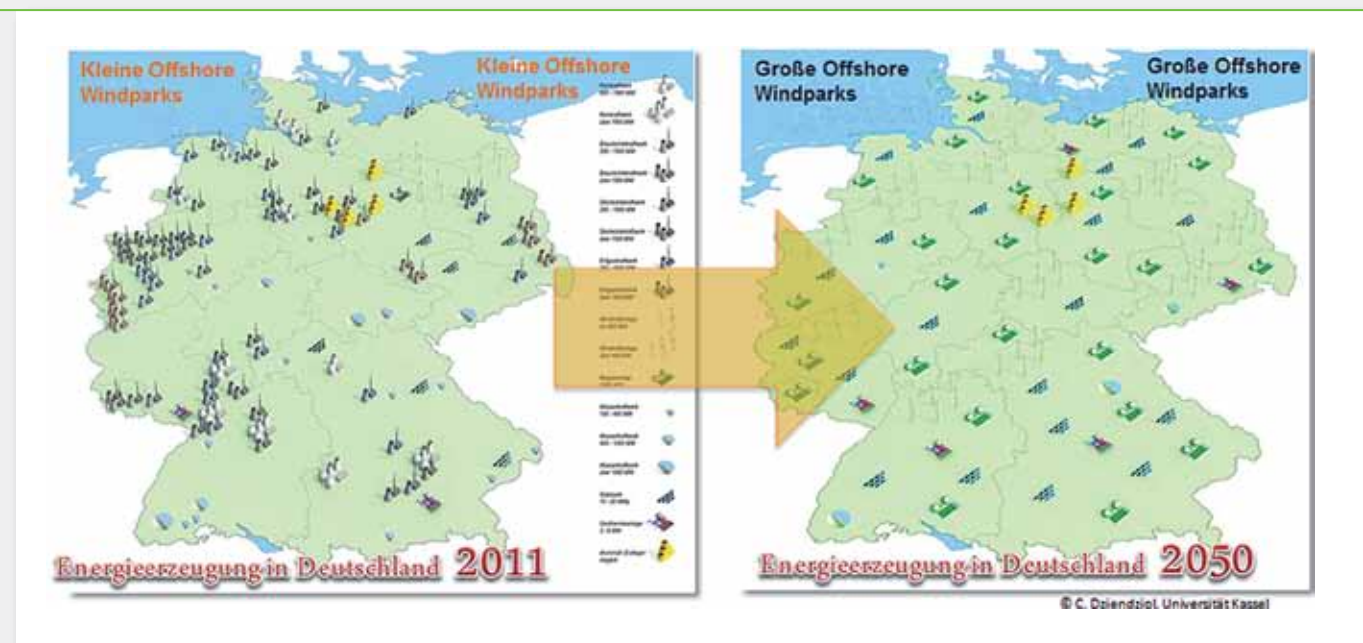
Das Energieversorgungssystem Deutschlands befindet sich derzeit in einem gewaltigen Umbruch. Neben dem Ausbau der Übertragungs- und Verteilungsnetze, der zunehmenden Netzintegration fluktuierender umrichter gespeister Energieerzeuger, der Abschaltung fossiler Kraftwerke – mit den ans Netz direkt angeschlossenen Synchrongeneratoren – findet ein Übergang von einem zentral zu einem dezentral gespeisten Energieversorgungssystem statt. Dieser Trend beeinflusst bzw. verändert die Kurzschlussleistungen auf allen Netzebenen. Bereits heute müssen die Veränderungen der Kurzschlussleistungen bei Umstrukturierung des Kraftwerksparks und Netzausbau genauer untersucht werden, um die in der Zukunft unnötigen finanziellen Ausgaben für Netzverstärkung bzw. Verbesserung dynamischer Netzstabilität, Anpassung des Schutzes, Senkung der Netzzurückwirkungen, Austausch der Netzbetriebsmittel zu vermeiden. Die Ergebnisse sind übertragbar auf die Betriebsverhältnisse in anderen Energieversorgungsgebieten bundesweit und dadurch von allgemeiner Bedeutung.

title
**STUDY ON THE MODIFICATION OF THE GRID
SHORT CIRCUIT POWER**

Study on the modification of the grid short circuit power with the transition from a central to a decentralized power supply system

The power supply system of Germany is facing nowadays several changes. Besides the extension of the transmission and distribution networks and increasing net integration of fluctuating producers with electric converters, one can further observe the disconnection of fossil fueled power stations directly connected to the grid with synchronous generators. A transition is clearly taking place from a central to a decentralized-fed power supply system.

This trend influences and accordingly changes the short circuit power at all grid voltage levels. Already in the present, the changes of the short circuit power must be carefully examined with regard to the restructuring of the power plant parks and grid extensions in order to avoid unnecessary financial expenses in the future. This concerns also planning of net reinforcement or improvement of dynamic net stability, adaptation of the protection, lowering of power quality and exchange of grid assets. The results from this project are transferable to various operation conditions in other electric power supply areas and therefore of general importance.



Der zunehmende Übergang von einem zentral zu einem dezentral gespeisten Energieversorgungssystem
Increased transition from a central to a decentralized power supply system

GEFÖRDERT VOM



Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 0325360A

Ansprechpartner
DIPL.-ING., DIPL. WIRTSCH.-ING. CHRISTOF DZIENDZIOL, PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**MACHBARKEITSSTUDIE ZUR BEREIT-
STELLUNG GEREGLER KURZSCHLUSS-
LEISTUNG**

title
**FEASIBILITY INVESTIGATIONS FOR DELIVERY
OF CONTROLLED SHORT CIRCUIT POWER**

**Machbarkeitsuntersuchungen zur Bereitstellung geregelter Kurzschlussleistung durch doppelt gespeiste Asynchron-
generatoren**

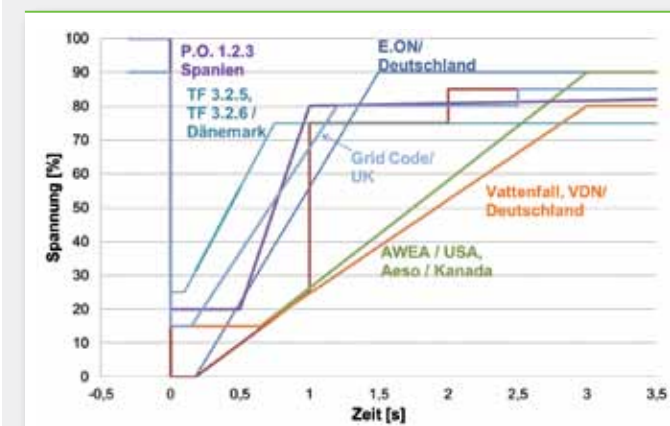
Die Machbarkeitsuntersuchung beschäftigt sich mit der Bereitstellung höherer geregelter Kurzschlussleistung durch doppeltgespeiste Asynchrongeneratoren. Die Lieferung höherer Kurzschlussleistung ermöglicht, das elektrische Netz bei Spannungseinbrüchen aktiv durch Blindstromeinspeisung zu stützen. Während die derzeitigen Netzananschlussrichtlinien lediglich die Bereitstellung des Nennstroms (der 1-fachen Kurzschlussleistung) verlangen, verfolgt das Projekt das Ziel, durch innovative Regelungskonzepte, leicht geänderte leistungselektronische Peripherie und modellgestützte Eingriffe in die Steuerung die Bereitstellung höherer Kurzschlussleistung zu ermöglichen. Dazu gehört auch, den Zeitraum zu verkürzen, in dem nach einem starken Spannungseinbruch der Generator handlungsunfähig wird, weil die starken Ausgleichsströme des Rotors durch eine Crowbar vom Umrichter ferngehalten werden, um den maschinen-
seitigen Wechselrichter vor Zerstörung zu schützen.

Erst nach dieser Zeit, die von der Maschinenseite durch die magnetisch gespeicherte Energie mitbestimmt wird, ist eine geregelte Einspeisung von (Blind-)Strom erneut möglich. Die verschiedenen Lösungsansätze werden zunächst durch Simulationen getestet und dann – soweit erforderlich – in einem experimentellen Aufbau mit einer installierten Leistung von 10 kVA getestet.

Feasibility investigations for delivery of controlled short circuit power by doubly fed induction generators (DFIG)

The feasibility study deals with the delivery of higher regulated short circuit power by doubly fed induction generators. The delivery of higher short circuit power enables the support of the electric grid in case of voltage drops actively by feeding in reactive current. While the present connection guidelines for the grid require only the supply of the nominal current (the 1 p. u. short circuit current), the project pursues the objective of enabling the delivery of higher short circuit power by a slightly changed power electronics periphery, innovative control approaches and finally model-based interventions into the control. In addition this it is also necessary to shorten the period in which after a strong voltage drop the generator becomes inactive. This is because the strong currents of the rotor have to be kept away from the AC/AC-converter by a crowbar to protect the machine-side inverter against destruction.

Only after this time, which is mainly influenced by the magnetically stored energy within the generator, can a controlled feed in of (reactive) current be possible again. The different solution attempts are tested firstly by simulations and then – as far as necessary – in an experimental setup with an installed power of 10 kVA.



Spannungshaltung nach verschiedenen Richtlinien
Voltage stability according to various guidelines



Der Versuchsstand
Experimental setup

Gefördert durch: Johannes Hübner Stiftung, Gießen, Laufzeit bis 6/2013

Ansprechpartner
DR.-ING. JEAN PATRIC DA COSTA, DIPL.-ING. WOLFRAM KRUSCHEL

Titel
**AKTIVE, INTELLIGENTE NIEDERSPANNUNGS-
NETZE**

title
ACTIVE, INTELLIGENT LOW VOLTAGE GRIDS

Gegen Ende des Jahres 2012 waren in Deutschland Photovoltaikanlagen mit einer Gesamt-Nennleistung von mehr als 32 GW installiert. Der größte Teil dieser dezentralen Einspeiseanlagen ist dabei in den Verteilnetzen auf der Niederspannungsebene angeschlossen. Durch die besonders bei Schwachlast auftretende Rückspeisung in die vorgelagerten Netze ergeben sich Herausforderungen u. a. hinsichtlich der Spannungshaltung, die durch die überwiegend in die Mittelspannungsnetze einspeisenden Windenergieanlagen und die hieraus resultierende Anhebung des Mittelspannungsniveaus noch vergrößert werden. Damit die Netzbetreiber das Einhalten der für die Verteilnetze reservierten Spannungsbänder gewährleisten können, werden Konzepte für eine aktive Spannungsregelung auch in den bislang in der Regel passiven Niederspannungsnetzen benötigt.

Zentrale Elemente solcher Lösungsansätze für die Spannungshaltung in aktiven Niederspannungsnetzen sind Betriebsmittel wie regelbare Ortsnetztransformatoren, blindleistungsfähige Photovoltaik-Wechselrichter und dezentrale Netzspannungsregler. Regelbare Ortsnetztransformatoren dienen primär zur Ausregelung der Mittelspannung, wodurch die Niederspannungsnetze entkoppelt von der Mittelspannung betrieben werden können. Die Möglichkeit einer Einflussnahme auf die Netzspannung mittels blindleistungsfähiger PV-Wechselrichter hängt vom Netzimpedanzwinkel am Netzan-schlusspunkt einer Anlage ab, wobei sich die spannungssenkende Wirkung im Wesentlichen über die Induktivität des Ortsnetztransformators ergibt. Dezentrale Netzregler beeinflussen die Netzspannung direkt – entweder in der Ortsnetzstation als Ergänzung zu einem passiven Verteiltransformator oder dezentral in besonders kritischen Ausläufern eines Ortsnetzes. Das KDEE baut einen solchen Längs-regler im Rahmen dieses Projektes auf.



Arbeiten am Versuchsstand
Working in the lab

At the end of the year 2012, photovoltaic systems with a total nominal power of more than 32 GW were installed in Germany. The majority of these distributed generation units are connected to distribution networks at the low voltage level. Due to the reversed power flow from the low voltage networks into the upstream networks, which occurs especially during situations with low load, challenges regarding the voltage regulation arise. The increasing number of wind energy plants connected mainly to medium voltage networks and the resultant increase of the medium voltage levels increases the need for voltage control concepts in distribution networks. Therefore, approaches for implementing an active voltage regulation in the so far generally passive low voltage networks are needed which enable distribution network operators to guarantee voltage levels within the permissible range.

A key aspect of approaches for controlling the voltage in active low voltage networks is the use of equipment such as regulated distribution transformers, solar inverters capable of providing reactive power, and distributed voltage regulators. By means of an on-load tap-changer, regulated distribution transformers are able to control the voltage at their low voltage side. This allows operating a low voltage network independently from the upstream medium voltage network. The extent to which solar inverters are able to influence the voltage level by providing reactive power depends on the X/R-ratio at the network connection point of a system. Basically, the effect of decreasing the voltage via reactive power in a low voltage network is due to the inductance of the distribution transformer. Distributed voltage regulators do not have such a constraint, because this type of equipment influences the voltage profile directly – installed either in the substation as an addition to a passive distribution transformer or in critical feeders with high generation capacity. In this project, the KDEE implements such a distributed voltage regulator.

REFERENZEN

T. Bülo, D. Mende, D. Geibel, T. Degner, J. P. da Costa, W. Kruschel, K. Boldt, F. Sutter, T. Hug, B. Engel, P. Zacharias, „Spannungshaltung in aktiven, intelligenten Niederspannungsnetzen“, VDE-Kongress, Stuttgart, November 2012
T. Bülo, D. Mende, G. Bettenwort, D. Geibel, T. Degner, A. Seibel, J. P. da Costa, W. Kruschel, K. Boldt, F. Sutter, T. Hug, B. Engel, P. Zacharias, „Voltage Control in Active, Intelligent Distribution Networks“, 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Oktober 2012
D. Geibel, T. Degner, T. Reimann, T. Bülo, B. Engel, J. P. da Costa, W. Kruschel, B. Sahan, P. Zacharias, „Active, Intelligent Low Voltage Networks Results and Experiences of the Field Test“, CIRED Workshop May 2012

Projektpartner: SMA Solar Technology AG, J. Schneider Elektrotechnik GmbH, E.ON Mitte, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, KDEE
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Förderkennzeichen 0325202)

Ansprechpartner
PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER, M.SC. AMMAR SALMAN, DIPL.-ING. CHRISTOF DZIENDZIOL

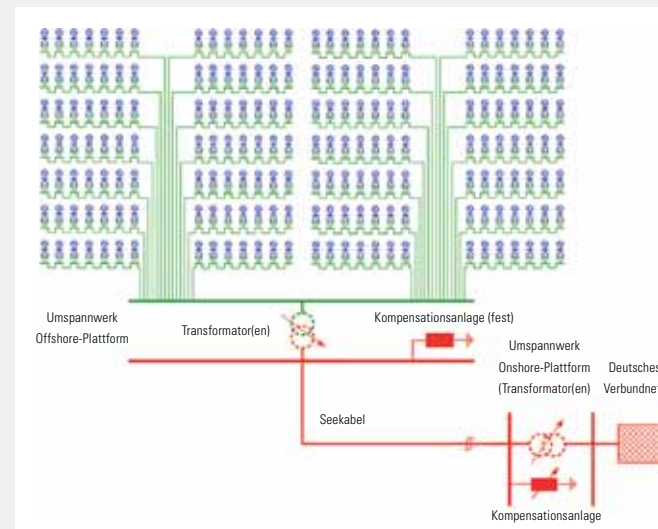
Titel
**RAVE – RESEARCH AT ALPHA VENTUS –
NETZINTEGRATION**

title
**RAVE – RESEARCH AT ALPHA VENTUS –
GRID INTEGRATION**

Ziel des Teilprojekts „Netzintegration“ innerhalb der Forschungsinitiative RAVE (Research at alpha ventus) ist die Untersuchung der Integration von Offshore-Windparks in das deutsche Verbundnetz und die Möglichkeiten der aktiven Beteiligung von Windparks an der Netzbetriebsführung. Im Vordergrund standen im Fachgebiet EVS Untersuchungen zur Netzanbindung von alpha ventus, aber auch von Windparks im Leistungsbereich von 1 GW auf Drehstrombasis (HVAC).

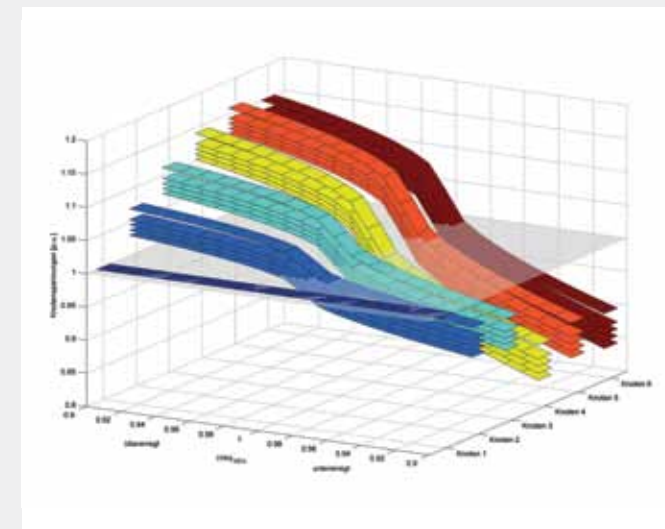
Der Windpark alpha ventus ist über ein 70 km langes Drehstromkabel mit dem Festland verbunden. Charakteristisch für diese Art der Energieübertragung ist der hohe Bedarf an v.a. kapazitiver Blindleistung, der die Installation von induktiven Blindleistungskompensationseinheiten erfordert. In diesem Fall wurden diese durch eine feste, see-seitige und eine variable, landseitige Drossel realisiert.

Im Hinblick auf Windparks großer Leistung konnte gezeigt werden, dass hier eine Anbindung per Drehstromtechnik – am günstigsten auf der Hochspannungsebene von bspw. 110kV – mit den entsprechend erforderlichen Kompensationseinrichtungen ebenfalls technisch realisierbar ist. Auch die Anforderungen des Netzbetreibers hinsichtlich Spannung und Blindleistung am Netzan-schlusspunkt können zum großen Teil eingehalten werden.



Aufbau der Ausbaustufe des Windparks alpha ventus

Construction of the expansion phase of the wind park Alpha Ventus



Spannungswerte an verschiedenen Netzknoten

Voltage values at various network nodes

Projektpartner: Fraunhofer IWES, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, REpower Systems AG, AREVA Wind GmbH u.a.
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) – Projektträger Jülich (PTJ)

Ansprechpartner
DIPL.-ING. DARÍO BERNARDO LAFFERTE, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**AUSWIRKUNGEN VON WINDKRAFTANLAGEN
AUF DIE SPANNUNGSSTABILITÄT**

title
**IMPACT FROM WIND TURBINES ON THE
VOLTAGE STABILITY**

Auswirkungen von Windkraftanlagen auf die Spannungsstabilität im nördlichen Verbundsystem Chiles (SING)

Die zwei großen Verbundsysteme Chiles haben longitudinale Strukturen wegen der Geografie des Landes und bringen verschiedene Herausforderungen für die Netzspannungsstabilität mit sich. Eine Netzintegration von Windkraftanlagen (WKA) mit doppelt gespeisten Asynchrongeneratoren (DFIG, doubly fed induction generator) bedeutet für das Netz weitere Schwierigkeiten bei der Aufrechterhaltung der Spannung bei sprungartigen Veränderungen in der Belastung oder Erzeugung oder im Fehlerfall. Außerdem sind auch Frequenzprobleme im System zu erwarten.

Bislang wird angenommen, dass wegen des dynamischen Verhaltens der WKA mit DFIG im Netzverbund und der longitudinalen Struktur des Netzes, die ein ungünstiges Szenario für die Spannungshaltung bilden, in erster Linie Probleme bezüglich der Spannungsstabilität auftreten. Dementsprechend konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf die Auswirkungen der Netzintegration von WKA auf die Spannungsstabilität des SING. In diesem Gebiet ist ein großer Teil der chilenischen Industrie konzentriert, insbesondere der größte Kupfertagebau der Welt. Der hohe Energiebedarf einerseits wird durch fehlende fossile Energiereserven andererseits ergänzt, so dass eine Reduktion der vorwiegend aus Argentinien bezogenen Brennstoffe (Erdgas) ökonomisch und strategisch sinnvoll ist. Gerade in der Nähe der Tagebaue sind gute Windstandorte verfügbar.



Der Tagebau Chucicamata, eine der größten Kupfergruben der Welt
Opencast mine Chucicamata, one of the world largest copper mines
<http://www.steine-und-erden.net/se507/codelco.html> (05.2007)

Impact from wind turbines on the voltage stability in the north grid system from (SING)

The two big interconnected power systems of Chile have longitudinal structures because of the geography of the land and cause different challenges for the grid voltage stability. A power system integration of wind energy converters (WEC) with doubly fed induction generators (DFIG) add further difficulties in keeping the grid line voltage within tolerances under quick changes of loads or power production or in case of faults. In addition, frequency problems are also expected in the system.

Because of the dynamic behavior of the WEC with DFIG interconnected to the grid and the longitudinal structure of the power system, which form an unfavorable scenario for the voltage stability, it is up to now supposed that problems will appear with regard to the voltage stability. Accordingly, the project is focused on the consequences of the grid integration of WEC on the voltage stability of the SING system. In this area a big part of the Chilean industry is concentrated, in particular the biggest copper opencast mine of the world at Chuquibambilla. On the other hand, the high power demand is complemented with missing fossil energy reserves, so that a reduction of the fuel demand mainly covered by Argentina (natural gas) is economically and strategically meaningful. Especially near opencast mining areas good wind locations are available.



Nördliches Verbundnetz von Chile SING
Northern interconnected grid of Chile SING
http://cdec2.cdec-sing.cl/pls/portal/cdec.pck_web_cdec_pages.pagina?p_id=1 (Jan. 2013)

Ansprechpartner
M.SC. FREY ALBERTO FLOREZ ALZATE, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel
**SECURITY ASSESSMENT OF POWER
SYSTEMS WITH LARGE-SCALE WIND
INTEGRATION**

title
**SECURITY ASSESSMENT OF POWER
SYSTEMS WITH LARGE-SCALE WIND
INTEGRATION**

Die Struktur des heutigen Energieversorgungssystems ist das Ergebnis der Deregulierung der Energieversorgung, die in den frühen 1980er Jahren begann. Mit der Öffnung der Energieversorgungsindustrie haben sich neue Organisationen entwickelt und entwickeln sich noch immer, um die sich ändernden Notwendigkeiten hinsichtlich der Leitung, Planung und Betrieb zu erfüllen. Neue deregulierte Elektrizitätsmärkte beruhen auf einer dezentralisierten, konkurrenzfähigen Entscheidungsfähigkeit. Dabei müssen solche wichtigen Aspekte berücksichtigt wie die steigende Komplexität des Marktes, die wachsende Zahl der Teilnehmer und ihre Verschiedenheit hinsichtlich der Ziele und/oder Risikobewertungen. In Bild 1 sind Marktteilnehmer und die Wechselwirkung unter ihnen dargestellt. Dezentrale Erzeugung (DG) aber auch großangelegte Windfarmen an Land und Offshore gewinnen allmählich einen besonders wertvollen Platz in der Energieversorgungs-Struktur. Jedoch verursachen die einzigartigen Eigenschaften der Windenergie in Bezug auf die Position und Verfügbarkeit bei der Integration im Netz schwierige Probleme. Systemsicherheit ist die Fähigkeit, den Wirkungen von eventuellen Ereignissen in Bezug auf Belastung von Netzzweigen, Spannungsverteilungen an Sammelschienen und Reaktionen auf dynamische Belastungen zu widerstehen. Das Projekt folgt dem Trend in Forschung und Entwicklung, Systemsicherheit auch auf die Echtzeitoperation einzustellen. Zur Gewährleistung eines einheitlichen Prozesses müssen die Energieversorger ihre Systeme in verschiedenen Zeithorizonten analysieren: die Operationsplanung, Tagesvorausplanung und Echtzeitoperation. Das PhD-Projekt berücksichtigt die komplizierte gekoppelte Modellierung der notwendigen Abläufe zur Gewährleistung der Sicherheit beim Transmission System Operator (TSO) in verschiedenen Zeithorizonten.

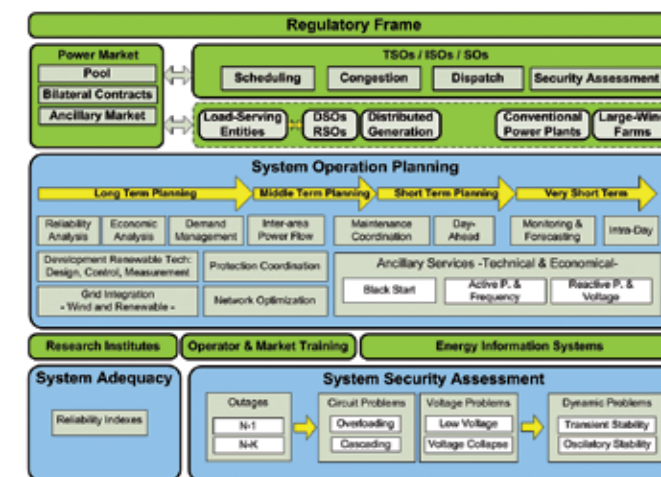
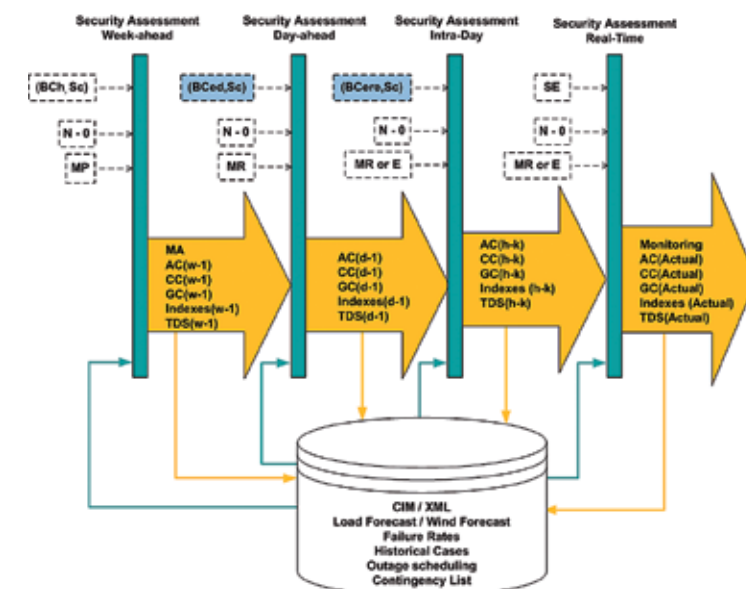


Abb.1: Vereinfachte Darstellung der Struktur des aktuellen Stromnetzes
Fig.1: Simplified representation of today's power system structure

Today's power systems structure is the result of the deregulation occurred in early 1980's on the power utility industry. With the opening of the power industry, new organizations have evolved and still evolving in order to handle the changing needs with regard to administration, planning and operation. New deregulated electricity markets are based on a decentralized, competitive decision-making, taking into account important aspects such as market complexity, more and diverse players with different objectives and/or risk preferences. In Figure 1, market players or participants and the interaction among them are represented. Distributed generation (DG) but particularly large-scale onshore and offshore wind farms are gradually gaining a valuable place in the power structure. However, singular characteristics of wind power in terms of location and availability makes integration in the network a challenging issue. System Security is the ability to withstand the effects of contingencies in terms of branch loads, bus voltages, and dynamic response. The project follows the research and development (R&D) trend to focus system security just on real time operation. However, it corresponds to an integrated process that utilities analyze in different time horizons: operation planning, day-ahead dispatch, and real time operation. The PhD project concerns the complex modeling of the necessary security flow of the transmission system operator (TSO) in different time horizons.



Forschungsproblem: Modellierung mit TSO Security Flow (Staffelstab)
Research problem: Modeling TSO Security Flow (Staffelstab)

Start / start: 3/2008 ; Abschluss / expected completion: 10/2013

Promotionsprojekt an der Universität Kassel, gefördert durch den DAAD
Start / start: 9/2009; Abschluss / expected completion: 9/2013

Ansprechpartner
M.SC. AMMAR SALMAN

Titel
DATEN-ERFASSUNGSSYSTEME UND DEREN ANWENDUNG IN DER ELEKTROTECHNIK

title
DATA ACQUISITION SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN THE ELECTRICAL ENGINEERING

Daten-Erfassungssysteme und deren Anwendung in der Elektrotechnik – Blindleistungs-Spannungsregelung zur optimierten Einbindung erneuerbarer Energie-Anlagen in das Stromversorgungssystem

Das Verteilnetz in Deutschland ist so organisiert, dass die Mittelspannung (typisch MS = 10 kV oder 20 kV) über einen umschaltbaren Transformator am Übergabepunkt 110 kV/(10...20 kV) automatisiert in einem Spannungstoleranzband gehalten wird. Je nach Netztopologie und -ausdehnung gibt es einen oder mehrere Übergabepunkte. Während in Ballungszentren von Siedlungen und Industrie der Verbrauch elektrischer Energie überwiegt, kommt es ländlichen Regionen zu Gebieten in denen sowohl Verbrauch als auch Einspeisung aus regenerativen Energiequellen überwiegen können, wobei diese Verhältnisse nicht statisch sind, sondern sich je nach Energiedargebot ändern.

Die Folge ist, dass sich die ursprünglich bei der Netzerrichtung geplante Spannungsverteilung im MS-Netz (Bild 1) ändern kann, so dass sie potenziell außerhalb der Toleranzen geraten kann. Im MS-Netz sind typischerweise nur wenige und im nachgelagerten Niederspannungsnetz (NS) gar keine Messwerterfassungseinheiten angeordnet. Bislang werden MS- und NS-Netze ohne Stellglieder für die Spannungsverteilung betrieben. Dies ist im Begriff, sich zu ändern. Das Promotionsprojekt befasst sich sowohl mit der Frage nach einer optimalen (kostengünstig + aussagefähigen) Erfassung der Zustandsdaten als auch mit dem Betrieb möglicher Stellglieder (Bild 2) zur Korrektur der Spannungsverteilung.

Data Acquisition Systems and their Application in Electrical Engineering – reactive power to voltage control for optimized integration of renewable energy sources into the electric power system

The distribution grid in Germany is designed in a way that medium voltage (typically MV = 10 kV or 20 kV) is automatically controlled within the tolerance band via a transformer 110 kV/(10...20 kV) at the connection point to the HV grid with tap changer at the 110 kV side. According to the grid topology and its extension there are one or several of those points. While consumption of energy dominates in areas of concentration of settlements and industry, it comes in rural regions to areas in which power consumption as well as feed in of regenerative energy sources can dominate. The relations between them are not static, but change according to availability of power.

The result is that the originally at the implementation of the MV grid planned voltage distribution can change (picture 1) by time, so that it can get potentially beyond the allowed tolerances. But only few measurement installations are located in the MV grid, while within the low voltage grid (LV) no data acquisition has been implemented in the past. This is now about to change. The doctorate project deals with the question about an optimum (at a reasonable price + reliable information) status data acquisition system as well as with the possible actuators (example see fig. 2) to control the voltage distribution.

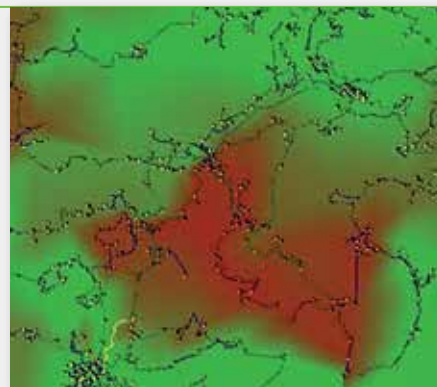


Abb.1: Simulierte Visualisierung der Spannungsverteilung in einem Versorgungsgebiet (Ausschnitt); Busold: Masterarbeit Uni Kassel, 2012

Fig.1: Simulated visualization of a power supply area (cutout); Busold: Master thesis University of Kassel, in 2012

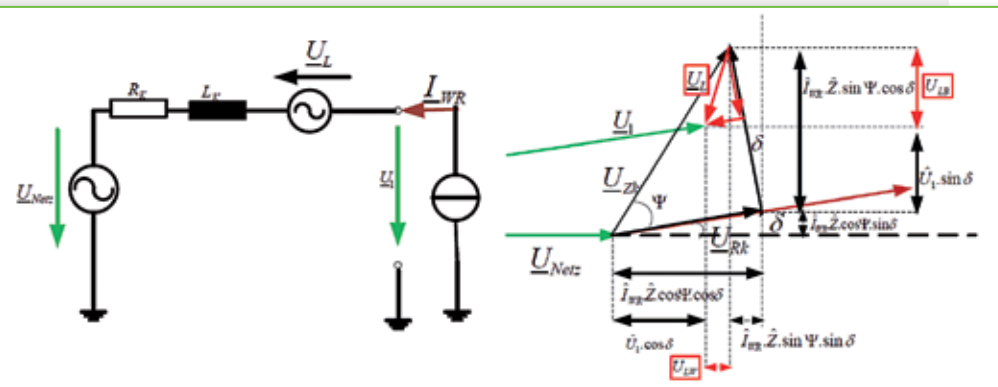


Abb.2: Prinzipielle Spannungsregelung durch seriellres Einkoppeln einer Zusatzspannung
a) Prinzipschaltung, b) Zeigerbild für Ströme und Spannungen

Fig.2: Principle of voltage control regulation by adding a controllable voltage drop

a) Schematic in principle, b) pointers for currents and voltages

Promotionsprojekt an der Universität Kassel, gefördert durch ein Stipendium der Damaskus-Universität
Start / start: 9/2009; Abschluss / expected completion: 9/2013

Ansprechpartner

DIPL.-MATH. DIPL.-INF. PAUL KAUFMANN, DIPL.-ING. CONG SHEN, PROF. DR.-ING. MARTIN BRAUN

Titel
NETZWIEDERAUFBAU IN DEZENTRALEN VERSORGUNGSSTRUKTUREN

title
NETWORK RESTORATION IN DECENTRAL SUPPLY STRUCTURES

In Deutschland stehen die politischen Ziele der Energiewende auf der Integration einer stetig wachsenden Anzahl dezentraler Erzeuger. Da die Verfügbarkeit regenerativer Energiequellen ungleich verteilt ist und sie zudem oft einen fluktuierenden Charakter besitzen, ist ihre Integration eine herausfordernde Aufgabe. Diese Aufgabe beinhaltet neue Strategien für die Netzwiederherstellung, Stabilitätsaspekte, Ausbaumaßnahmen und neuartige Betriebsstrategien.

Mit modernen Erzeugern und Verbrauchern haben auch Stromrichter eine zunehmende Durchdringung in den elektrischen Netzen. Stromrichter erlauben eine Reihe von zusätzlichen Maßnahmen für das flexible Anbinden dezentraler Erzeuger. Es werden neue Verfahren entwickelt, u. a. basierend auf Fuzzy-Systemen und Evolutionären Algorithmen, um das Netz im laufenden Betrieb zu optimieren.

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten umfassen:

- echtzeitfähige Simulation erneuerbarer Erzeuger,
- Regelungskonzepte für Mikronetze,
- Netzbetriebsoptimierung,
- Netzpartitionierung und Rekonfiguration für den Netzwiederaufbau und
- Netzsimulation auf Hochleistungsrechnern.

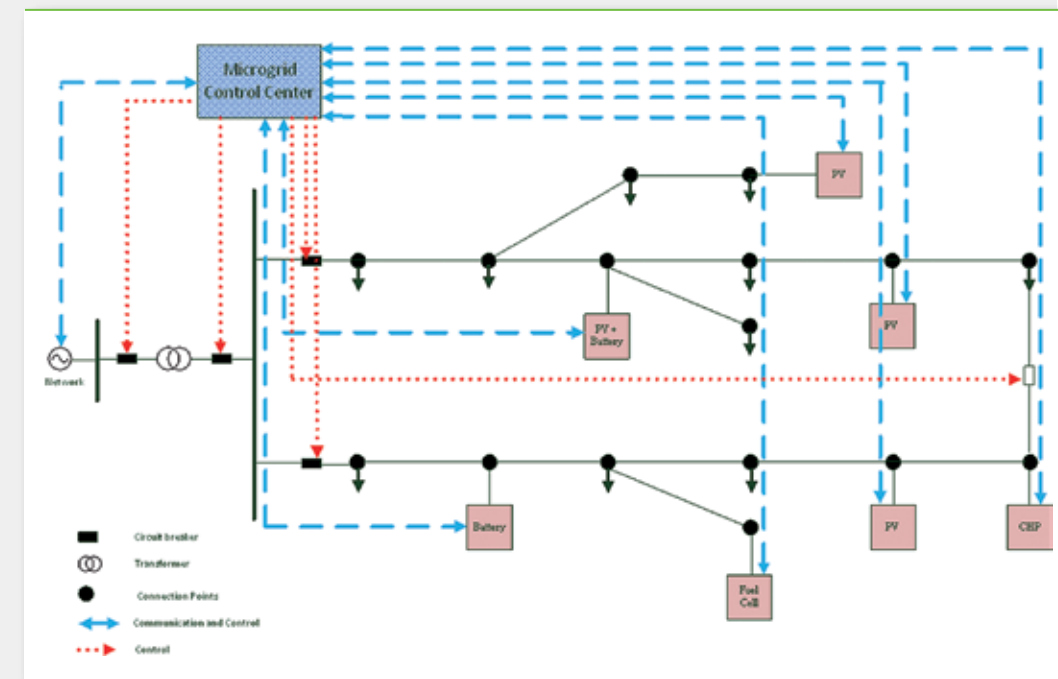
More and more renewable energy sources, such as wind and solar are being integrated into the current electric grid. The characteristics and location of renewables are highly dependent on the properties and locations of primary resources. The integration of renewables is therefore a challenging task comprising network stability and operation issues, grid reinforcement measures and novel power system restoration strategies.

With the introduction of novel electric generators and consumers, intelligent inverters become more popular. Inverters allow for flexible measures to improve the integration of distributed generators and intelligent loads. Fuzzy systems and evolutionary algorithms are implemented into power system operation to ensure online optimization.

The research and development activities comprise:

- renewable energy modules for real time simulation,
- micro grid control strategies,
- optimization of network operation,
- optimization of grid partitioning and reconfiguration for network restoration and
- high-performance computing for grid simulations.

Niederspannungs-Microgrid
low voltage microgrid



Ansprechpartner
DIPL.-ING. ADIL EZZAHRAQUI, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS, PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER

Titel
MULTI-GENERATOR-KONZEPT FÜR WINDKRAFTANLAGEN IM OFFSHORE-BEREICH

title
MULTI-GENERATOR-CONCEPT FOR WIND TURBINES (IN THE OFFSHORE AREA) IN OFFSHORE APPLICATIONS

Die Ausführung des Multigeneratorkonzeptes für Windkraftanlagen großer Leistung im 10 MW-Bereich erfolgt über zwei niedertourig drehende permanenterregten Synchrongeneratoren (PMSG).

Ein Teil der Arbeit umfasst die Modellierung des Triebstrangs als mechanisches Drei-Massen-System (Fig. 1). Die Windturbine wird dabei als starrer Körper mit dem Massenträgheitsmoment J_{WT} , Generator 1 mit J_{G1} und Generator 2 mit J_{G2} betrachtet. An der Windturbine wirkt das Antriebsmoment T_{WT} , am Generator 1 T_{G1} und am Generator 2 T_{G2} . Die Welle zwischen der Windturbine und Generator 1 wird als Torsionsfeder mit einer Federkonstante K_{01} sowie die Welle zwischen Generator 1 und Generator 2 als Torsionsfeder mit der Federkonstanten K_{02} berücksichtigt. Die Verbindung der Komponenten erfolgt durch entsprechende Drehdämpfer mit den Dämpfungskonstanten d_0 für die Windturbine, d_{01} zwischen Windturbine und Generator 1, d_1 für Generator 1, d_{02} zwischen Generator 1 und Generator 2 sowie d_2 für Generator 2.

Eine Validierung des Drei-Massen-Modells wurde durch Vergleichsversuche an einem kleinen Versuchstriebstrangs (Fig. 2) durchgeführt. Die Ergebnisse zum dynamischen Betriebszustand sind in Fig. 4 dargestellt.

The implementation of the multi-generator-concept for wind turbines in the 10 megawatt class is carried out by means of two low-speed rotating permanent magnet synchronous generators (PMSG).

Part of the work includes modeling the drive train as a mechanical three-mass system (fig. 1). Considering the turbine and both generators as independent masses the drive train can be described as a three-mass-system. In such a system the wind turbine is considered as a stiff subsystem. The following mass inertia moments are assumed: J_{WT} for the wind turbine, J_{G1} for generator 1 J_{G2} for generator 2. On these three bodies, T_{WT} as external driving torque and T_{G1} and T_{G2} as resistive torques of the generators are generated. Furthermore, the shaft between wind turbine and generator 1 as well as the shaft between generator 1 and generator 2 are considered as torsion springs with the spring constants K_{01} and K_{02} , respectively. The components are connected by means of rotational dampers with the following damping constants: d_0 for the wind turbine, d_{01} between wind turbine and generator 1, d_1 for generator 1, d_{02} between generator 1 and generator 2 and d_2 for generator 2.

A validation of the three-mass-model was performed on a small experimental drive train (fig. 2). The results of the dynamic operating conditions are shown in fig. 3.

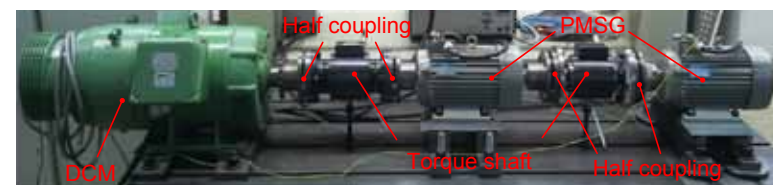
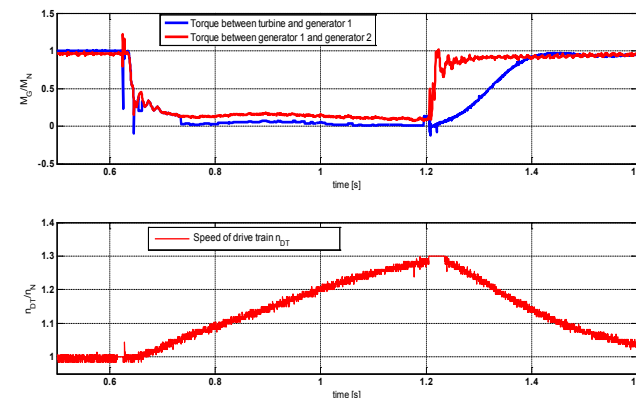
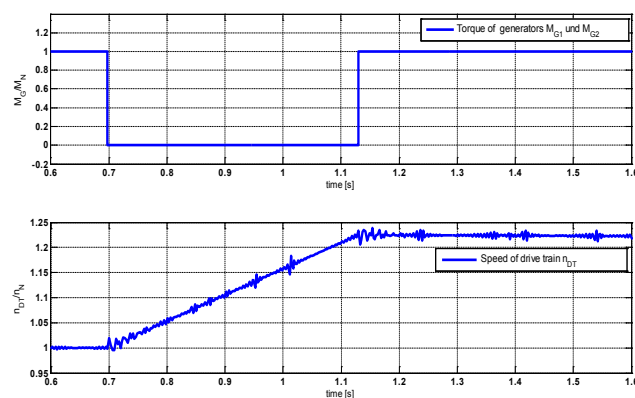


Fig 2: Versuchstriebstrang zur Validierung des Modells

Test drive train for the validation of the system

Fig. 3: Simulations- (links) und Messergebnisse (rechts) von Generatorndrehmomente und Drehzahl des Versuchstriebstrangs im dynamischen Betriebszustand
Generator's torque and rotational speed of the simulated drive train (left) and of the measurement results (right) in dynamic state



Ansprechpartner
M.SC. LIKAA FAHMI AHMED IZZAT, PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER

Titel
ENTWICKLUNG EINES BÜRSTENLOSEN, SELBST-ERREGTEN UND -GEREGELTEN SYNCHRONGENERATORS

title
DEVELOPMENT OF A BRUSHLESS SELF-EXCITED AND SELF-REGULATED SYNCHRONOUS GENERATOR

Das Projekt verfolgt einen innovativen Lösungsansatz um die von einem Generator erzeugte Spannung bei Lastschwankungen und/oder Drehzahländerungen zu regeln um diese in vorgegebenen Grenzen stabil zu halten. Das entwickelte Konstruktionsprinzip kann sowohl für Generatoren in erneuerbaren Energiesystemen (Wind/ Wasser) als auch für Diesel-Generator Systeme eingesetzt werden. Der mögliche Leistungsbereich erstreckt sich dabei von mehreren Kilowatt bis in den Megawatt-Bereich.

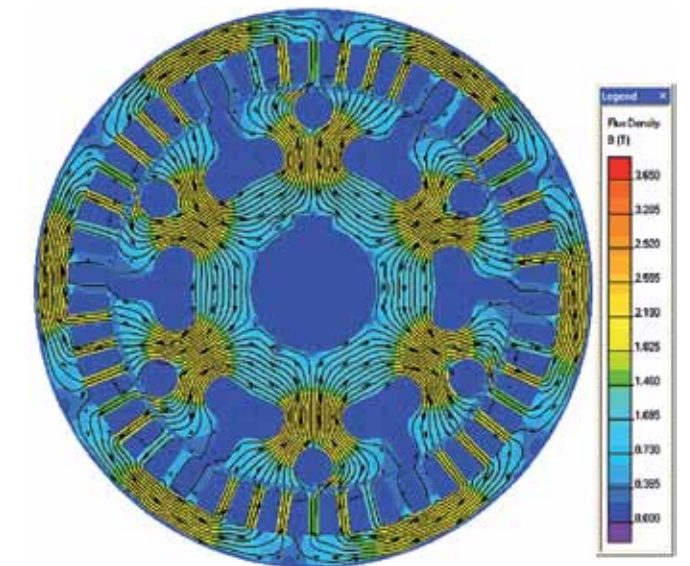
Der neuartige Generator ist bürstenlos, selbsterregend und selbstregelnd. Durch nach außen geführte Statorwicklungen ist es möglich, einen zusätzlichen Regelungskreis zu integrieren, damit eine Regelung des Systems auch unter größeren Drehzahländerungen möglich ist. Das System wird dabei mit Hilfe einer Rotor-Kompensationswicklung und einem über eine Stator-Hilfswicklung angeschlossenen zusätzlichen Erreger-Kondensator geregelt. Die Simulation des Generatorprinzips sowie eine Betrachtung der Leistungsfähigkeit der Maschine wurde mit Hilfe einer Finite-Elemente-Analyse durchgeführt. Außerdem wurde ein sechspoliger 10 kVA-Prototyp zur weiteren experimentellen Untersuchung entworfen.

The project aims to solve the problem of regulating the generated voltage within a stable range under load fluctuations and/or variations of the rotational speed for electrical machines from several kilowatts to the megawatt power range. The novel construction and principle of the design can be applied for generators used in renewable energy systems (wind /hydro) as well as in diesel generator systems.

The electrical generator in this project is brushless, self-excited and self-regulated with external arrangements of the stator windings to include an additional integrated control circuit to enable an advanced regulation of the system for enhanced limits of speed variation. The generator system is controlled using a compensating winding in the rotor and an additional excitation capacitor winding in the stator. Finite element analysis was used to simulate the machine and to investigate the performance. Moreover, a prototype of a 6-pole 10 kVA-generator was designed for further experimental investigations.



Labor Prüfstand des bürstenlosen, selbst-erregten und -geregeltten Synchrongenerators
Laboratory test-bench of the brushless self-excited and self-regulated synchronous generator



FEM Simulation der Aufteilung der Flussdichte im Generator
FEM Simulation of flux density distribution in the generator

Gefördert durch: Johannes Hübner Stiftung, Gießen

Ansprechpartner
M.SC. KATHARINA MESSOLL, PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

<p>Titel</p> <p>MAGNETRING – VORENTWICKLUNG EINES MAGNETISCH GELAGERTEN RINGGENERATORS</p>	<p>title</p> <p>MAGNETRING – PREDEVELOPMENT OF A RING GENERATOR WITH MAGNET BEARING</p>
---	--

MagnetRing – Vorentwicklung eines magnetisch gelagerten Ringgenerators für Windenergieanlagen im 10MW-Bereich

Ziel des Projekts „MagnetRing“ war die Erarbeitung eines magnetisch gelagerten Ringgeneratorkonzepts für Windkraftanlagen der 10 MW-Klasse. Dieses weist neben einem vergrößerten Generatordurchmesser von etwa 20 m eine neue Magnetkreisanordnung auf, die durch hohe Kraftdichten und eine zugleich massearme Ausführung sowie durch eine innovative, eigenstabile Magnetlagerung gekennzeichnet ist.

Neben theoretischen Berechnungen und numerischen Simulationen wurden zur Verifizierung des Konzepts die im Generator auftretenden Kräfte anhand von drei Magnetkreismodellen messtechnisch untersucht.

Als Ergebnisse des Projekts konnten Aussagen hinsichtlich des elektromagnetischen Verhaltens des Generators und dessen Leistungsfähigkeit, Möglichkeiten der Ausführung der magnetischen Lagerung sowie der mechanischen Ankopplung der Generator-Magnetlager-Kombination getroffen werden.

Eine Weiterführung der Forschungsaktivitäten ist ab dem Jahr 2013 geplant; in einem Nachfolgeprojekt sollen die Erkenntnisse des MagnetRing-Projekts in Zusammenarbeit mit Industriepartnern in einen Modellgenerator im Labormaßstab umgesetzt und somit Betriebsergebnisse anhand eines realen Modells gewonnen werden.

MagnetRing – predevelopment of a ring generator with magnet bearing for 10 MW wind energy converters

The “MagnetRing” project’s objective was the development of a new generator concept with permanent magnet excitation for gearless 10 MW wind turbines. Besides a larger generator diameter of about 20 m a new configuration of the magnetic circuit with high power density and low masses are characteristic for this concept as well as an innovative magnetic bearing leading to an inherent stability.

In addition to theoretical calculations and numerical simulations the forces that appear in the generator are analysed metrologically by means of three magnetic circuit models for the verification of the new concept.

Results of this project are statements regarding the generator’s electro-magnetic behaviour as well as its power capability, proposals for the magnetic bearing construction and the mechanical coupling of the combination of generator and magnetic bearing.

Research activities are planned to be continued in 2013. In a follow-up project in cooperation with industrial partners the results from the MagnetRing project shall be transferred to a bench-scale model, so that operation results based on a real machine are gained.



Ausschnitt des Ringgenerators in den entwickelten Versuchsmodellen
Ring generator segment in the test bench

Projektpartner: Fraunhofer IWES

Laufzeit: 01.10.2009 – 31.03.2012

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) – Projektträger Jülich (PTJ)



AKTUELLE DIPLOM I-ARBEITEN IN 2012

Art der Arbeit	Name	Titel	Betreuer
Diplom I	Maurer, Tobias	Reduktion Stromüberschwingungen bei drei-phasigen Wechselrichtern	Zacharias
Diplom I	Umbach, Martin	Aufbau eines Hardware-in-the-Loop Wechselrichter Prüfstandes	Zacharias
Diplom I	Schütz, Christian	Erarbeitung einer Regelungsstrategie zum Wirkungsgrad-optimierten Betrieb von PV-Wechselrichtern	Zacharias
Diplom I	Sachs, Tobias	Entwicklung eines SW-Algorithmus (Konzept) zur PFC Regelung inkl. Rückspeisung	Zacharias
Diplom I	Höhre, Mike	Dreiphasige Beobachterstruktur zur Netzimpedanz- und Bauteilparameter-schätzung	Zacharias
Diplom I	Erden, Michael	Entwicklung und Verifikation einer dynamischen AX-Strombegrenzung für dreiphasige Regelungskonzepte von PV-Wechselrichtern	Zacharias
Diplom I	Salwiczek, Felix	Spannungssymmetrierung als neue Systemdienstleistung dezentraler Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz	Zacharias
Diplom I	Umlauf, Sebastian	Schaltentlasteter Hochsetzsteller	Zacharias
Diplom I	Rothenburger, Max	Automatisierte Verlustleistungseinprägung in IGBT-Module für einen Kühlkörper-Teststand	Zacharias
Diplom I	Denz, Gina	Elektrische Energieversorgung eines autarken Hotelkomplexes mittels eines Hybridsystems	Zacharias
Diplom I	Weiß, Gerhard	Vergleich dreiphasiger Gleichrichtertopologien für den Einsatz in leistungselektronischen Netzreglern für intelligente Verteilnetze	Zacharias
Diplom I	Möller, Felix	Auslegung und Vergleich von AC-Filtern für einen dreiphasigen Batterie-umrichter	Zacharias
Diplom I	Stemmann, Axel	Regionale Wertschöpfung durch die Nutzung des Windpotentials in Fels-berg	Zacharias
Diplom I	Peschkow, Alexander	Auslegung eines einstufigen mehrsträngigen Antriebswechselrichters für BLDX-Motoren in E-Traktionsanwendungen	Zacharias
Diplom I	Yu, Libiao	Elektrisches Verhalten von Hochvolt-IGBT-Modulen nahe ihrer Grenz-robustheit	Zacharias
Diplom I	Pohlemann, Anja	„Reactive Power Compensation in a Distribution Grid – Comparison between Conventional Reactive Power Compensation and Provision from Distributed Generators“	Braun

AKTUELLE DIPLOM II-ARBEITEN IN 2012

Art der Arbeit	Name	Titel	Betreuer
Diplom II	Schlünder, Manuel	Modellierung und Simulation eines Windparknetzes für unsymmetrische Belastungsfälle	Zacharias
Diplom II	Rösinger, Tim	Untersuchung von Wechselrichter-Topologien mit hoher Blindleistungs-fähigkeit am Beispiel eines dreiphasigen Batterieumrichters	Zacharias
Diplom II	Zimmer, Daniel	Thermische Überwachung von HL-Modulen in einem Wechselrichter	Zacharias
Diplom II	Cramer, Lars	Untersuchung eines resonant schaltenden Gleichstromwandlers	Zacharias
Diplom II	Abril López, Sandra Patricia	CO ₂ -Materialbilanz der in Deutschland installierten Windenergieanlagen	Zacharias
Diplom II	Jeromin, Paul	Schutz vor transienten Überspannungen in PV-Wechselrichtern	Zacharias

AKTUELLE MASTER-ARBEITEN IN 2012

Art der Arbeit	Name	Titel	Betreuer
Master	Helmbrecht, Vincent	Dynamische Untersuchungen von Stringsicherungen für Photovoltaik-Anlagen	Zacharias
Master	Fenske, Florian	Charakterisierung von Wickelgütern unter Einfluss des Proximity-Effekts	Zacharias
Master	Gottschalk, Daniel	Entwurf eines Transformators mit funktionell integrierter Speicherdrossel für einen Automobil-Bordnetzwandler	Zacharias
Master	Halt, Christian	Theoretische Betrachtung von Netzfehlern verschiedener Netztopologien in Energieversorgungssystemen mit 3- und 5-Schenkelkern Transformatoren	Zacharias
Master	Tan, Kah Guan	Aufbau eines Messplatzes zur Untersuchung der spannungsinduzierten Degradation (PID) an kristallinen Modulen sowie ein vergleichbarer Labortestaufbau	Zacharias

...

AKTUELLE MASTER-ARBEITEN IN 2012

Art der Arbeit	Name	Titel	Betreuer
Master	Molla, Natnael Teshome	Development of Multiphase Buck Converter with Ultra-high Switching Frequency for Electric Vehicle Application	Zacharias
Master	Busold, Johannes	Umsetzung eines effizienten Einspeisemanagements bei einem Verteilnetzbetreiber am Beispiel der ÖWAG Netz GmbH	Zacharias
Master	Leng, Micha	System Design and Optimization of Photovoltaic-Diesel-Hybrid Systems for the Off-Grid Market	Zacharias
Master	Chebou, Jean Zephizin	Konzept eines einphasigen Stromrichters für die Elektromobilität	Zacharias
Master	Brunner, Bernd	Netzsimulation von Elektrofahrzeugen zur optimierten Integration in das Verteilnetz	Bradke / Zacharias
Master	Abdulsattar, Sarmid Shakir	Optimization of the medium voltage (MV) interconnections within large photovoltaic power stations	Zacharias
Master	Mostafa, Kamal Salem	Development of a Comprehensive Battery Energy Storage System Model for Grid Analysis Applications	Zacharias
Master	Holzner, Claudia	Netzintegration dezentraler Energieerzeugungsanlagen auf Mittelspannungsebene	Zacharias
Master	Robinius, Martin	Energiewende durch erneuerbare Energien	Zacharias
Master	Hinze, Juliane	Aufbau- und Verbindungstechnik für PV-Wechselrichter	Zacharias
Master	Weiberlenn, Tobias	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung zur Netzanbindung von PV-Kraftwerken . Innovativer Netzausbau im Sonnengürtel Erde	Zacharias
Master	Gläsel, Gerd	Untersuchung einer neuartigen PFC-Schaltung mit integrierten magnetischen Komponenten und galvanischer Trennung	Zacharias
Master	Prus, Sebastian	Validierung eines 3D-Messverfahrens zur Bewertung der Windbedingungen und Verbesserung der Messgenauigkeit von Doppler-LiDAR	Heier
Master	Thurner, Leon	Entwicklung eines Regelunsalgorithmus zur Begrenzung der Spannung an Windenergieanlagen im Parknetz	Heier
Master	Labeled, Moncef	Vergleichende Bewertung und Szenarien für die Integration von Photovoltaik mit Hilfe automatisierter Netzplanungsverfahren: Fallstudie mit integrierter Simulation von Mittel- und Niederspannung bis 2030	Braun

PUBLIKATIONEN 2012

Beiträge in referierten Konferenzproceedings 2012

1.

T. Siaenen, M. Schneider, P. Zacharias, and M. J. Löffler: Actively Controlling the Muzzle Velocity of a Railgun. *International Symposium on Electromagnetic Launch Technology (EML)*, 2012 16th 15-19 May 2012
2.

P. Zacharias: Reliability and Lifetime Aspects of Power Electronic Components in Photovoltaic Systems. *1st Thailand-Germany Workshop on RE*, Chiang Mai 2012, Thailand
3.

M. Meinhardt, P. Zacharias, S. Heier: Power Electronics for Renewable Energy Systems. *Tutorial, International Conference on Power Conversion and Intelligent Motion*, March 2012, Nuremberg
4.

P. Zacharias: Perspectives and Challenges of Alternative and Renewable Energy in Future. Invited Keynote. *World Alternative Energy Forum (WAEF)*, Chiang Mai 2012, Thailand
5.

P. Zacharias: Power Electronics for Grid Integration of Renewable Energies. Invited lecture. *TIA Summer School for POWER ELECTRONICS*, Tsukuba, August 2012, Japan
6.

P. Zacharias: Solar Power. Invited Keynote, *International Conference on Power Conversion and Intelligent Motion*, March 2012, Nuremberg
7.

S. Araujo, P. Zacharias, “Reducing expenditure with cooling in renewable power conversion systems with innovative SiC switches”, *7th International Conference on Integrated Power Electronics Systems (CIPS 2012)*, March 2012, Nuremberg
8.

M. Kazanbas, C. Nöding, C. H. Can, T. Kleeb, P. Zacharias, “A new single phase transformerless photovoltaic inverter topology with coupled inductor,” *6th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2012)*, March 2012, Bristol, England.
9.

T. Kleeb, M. Kazanbas, L. Menezes, P. Zacharias, “Analysis and design of coupled inductor for a new single phase transformerless photovoltaic inverter topology,” *6th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2012)*, March 2012, Bristol, England.
10.

S. Araujo, T. Hjort, P. Zacharias, “The Renaissance of the BJT as a Highly Efficient Power Device Based on SiC Material”, *PCIM 2012 Conference*, May 2012, Nuremberg.
11.

M. Kazanbas, C. Nöding, T. Kleeb, S.V. Araújo, L. Menezes, P. Zacharias, “A novel single-phase transformerless photovoltaic inverter with innovative semiconductor technologies”, *PCIM*, May 2012, Nürnberg.
12.

D. Geibel, T. Degner, T. Reimann, T. Bülo, B. Engel, J. P. da Costa, W. Kruschel, B. Sahan, P. Zacharias, “Active, Intelligent Low Voltage Networks Results and Experiences of the Field Test”, *CIRED Workshop*, May 2012.
13.

G. Petrone, G. Lempidis, B. Sahan, E. Mamarelis, P. Zacharias, G. Spagnuolo, “One Cycle Control for photovoltaic module-integrated inverters,” *3rd IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG) 2012*, June 2012, Aalborg.
14.

M. Kazanbas, L. Menezes and P. Zacharias, “Considerations on Grounding Possibilities of Transformerless Grid-connected Photovoltaic Inverters”, the *2nd IEEE ENERGYCON Conference & Exhibition, 2012 / Advances in Energy Conversion Symp*, 2012, Florence, Italy.
15.

M. S. G. Dias, J. P. da Costa, H. Einfeld, P. Zacharias, “High Performance Controller for Multiphase Brushless DC Motor”, *XXth International Conference on Electrical Machines (ICEM’2012)*, September 2012, Marseille.
16.

J. von Appen, A. Schmiegell, M. Braun: “Impact of PV Storage Systems on Low Voltage Grid – A Study on the Influence of PV Storage Systems on the Symmetry of the Grid”, *27th EU PVSEC, Frankfurt*, 24.-28. September 2012.
17.

T. Stetz, M. Kraicz, M. Braun: “Technical and Economical Assessment of Voltage Control Strategies for Photovoltaic Systems”, *27th EU PVSEC*, Frankfurt, 24.-28. September 2012.
18.

J. Binder, H.D. Mohring, M. Danzer, O. Schanz, A.U. Schmiegell, A. Linhart, M. Landau, J. von Appen, F. Niedermeyer, M. Braun, D. Magnor, D.-U. Sauer, H. Schuh, U. Thomas, N. Martin, J.-C. Marcel, C. Jehoulet: “Sol-Ion PV Storage System: Fieldd Trial Results, Spread of Operating Conditions and Performance Evaluation Based on Field Data”, *27th EU PVSEC*, Frankfurt, 24.-28. September 2012.
19.

N. Martin, B. Berseneff, C. Grosjean, B. Lazpita, M. Perrin, J.-C. Marcel, C. Jehoulet, A.U. Schmiegell, A. Linhart, J. Binder, H.-D. Mohring, M. Danzer, M. Landau, J. von Appen, M. Braun, D.U. Sauer, D. Magnor, U. Thomas: “Sol-Ion PV Storage System: The French Overseas Territories as a Use Case”, *27th EU PVSEC*, Frankfurt, 24.-28. September 2012.
20.

A. Ezzahraoui, F. Thalemann, S. Heier, „Betriebsverhalten einer Windkraftanlage mit mehreren permanenterregten Synchrongeneratoren für den Einsatz im Offshore-Bereich“, *Decentralized Power Systems (DPS) 2012*, September 2012, Paderborn.

21. T. Bülo, D. Mende, G. Bettenwort, D. Geibel, T. Degner; A. Seibel, J. P. da COSTA, W. Kruschel, K. Boldt, F. Sutter, T. Hug, B. Engel, P. Zacharias, "Voltage Control in Active, Intelligent Distribution Networks", *27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Oktober 2012,

22. T. Bülo, D. Mende, D. Geibel, T. Degner, J. P. da COSTA, W. Kruschel, K. Boldt, F. Sutter, T. Hug, B. Engel, P. Zacharias, „Spannungshaltung in aktiven, intelligenten Niederspannungsnetzen“, *Smart Grid Intelligente Energieversorgung der Zukunft*, November 2012, Stuttgart.

23. A. Ezzahraoui, S. Heier: „Multi Generator Concept for Wind Turbines“. *Deutsche Windenergie-Konferenz (DEWEK)*, Bremen, 7.-8. Nov. 2012

24. K. Messoll, S. Heier: „Analysis on the Force Density of a New Ring Generator Concept for 10 MW Wind Energy Converters“. *Deutsche Windenergie-Konferenz (DEWEK)*, Bremen, 7.-8. Nov. 2012

Zeitschriften, Bücher und Buchbeiträge 2012

1. P. Zacharias: Elektronische Energiewandler für netzgekoppelte photovoltaische Solaranlagen. In: *D. Schröder; Leistungselektronische Schaltungen*. 3. Auflage, Springer-Verlag 2012, ISBN 978-3-642-30104-9, S.1446-1484

2. B. Valov, P. Zacharias: Die Nordsee geht ans Netz. In: *Bührke, Thomas / Wengenmayr, Roland (Hrsg.) Erneuerbare Energie*, Dezember 2011, ISBN 978-3-527-41108-5 - Wiley-VCH, Berlin, S. 109-111

PUBLIKATIONEN 2011 – 2006

Beiträge in referierten Fachzeitschriften 2011 – 2006

1. J. P. da Costa, H. Pinheiro, T. Degner, G. Arnold, "Robust Controller for DFIGs of Grid-Connected Wind Turbines," *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, vol.58, no.9, pp. 4023–4038, Sept. 2011

2. B. Sahan, S. Araújo, C. Nöding, P. Zacharias "Comparative Evaluation of Three-Phase Current Source Inverters for Grid Interfacing of Distributed and Renewable Energy Systems," *Power Electronics, IEEE Transactions on*, vol.26, no.8, pp. 2304–2318, Aug. 2011

3. S. V. Araújo, B. Sahan, P. Zacharias, R. Rupp and X. Zhang, "Application of SiC Normally-On JFETs in Photovoltaic Power Converters: Suitable Circuits and Potentials", *Materials Science Forum Journal, Volume Silicon Carbide and Related Materials 2010*, vol. 645 – 648, pp. 1111 – 1114, 2010

4. S. V. Araujo, R. P. Torrico-Bascope, G. V. Torrico-Bascope, "Highly Efficient High Step-Up Converter for Fuel-Cell Power Processing Based on Three-State Commutation Cell", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol.57, no.6, pp.1987 – 1997, Jun. 2010

5. S. V. Araujo, P. Zacharias, R. Mallwitz, "Highly Efficient Single-Phase Transformerless Inverters for Grid-Connected Photovoltaic Systems", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol.57, no.9, pp.3118 – 3128, Sept. 2010

6. G. Spagnuolo, G. Petrone, S.V. Araujo, C. Cecati, E. Friis-Madsen, E. Gubia, D. Hissel, M. Jasinski, W. Knapp, M. Liserre, P. Rodriguez, R. Teodorescu, P. Zacharias, "Renewable Energy Operation and Conversion Schemes: A Summary of Discussions During the Seminar on Renewable Energy Systems," in *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol.4, no.1, pp.38 – 51, March 2010

7. S. Heier, M. Hilbert, „Vom Wind zum elektrischen Strom“, *Praxis der Naturwissenschaften*, Heft 5/58, Juli 2009, 58. Jg. Aulis Verlag Deubner, Köln & Leipzig. S. 24 – 29

8. P. Zacharias, "Perspectives of SiC Power Devices in Highly Efficient Renewable Energy Conversion Systems", *Materials Science Forum Journal*, Volume Silicon Carbide and Related Materials 2008, vol. 615 – 617, pp. 889 – 894, March, 2009

9. B. Sahan, A. Vergara Notholt, N. Henze, A. Engler, P. Zacharias, "A Single-Stage PV Module Integrated Converter Based on a Low-Power Current-Source Inverter" *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, no. 7, pp. 2602 – 2609, July, 2008

10. V. Scarpa, S. Buso and G. Spiazzi, „Low-Complexity MPPT Technique Exploiting the PV Module MPP Locus Characterization”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol.56, no.5, pp.1531-1538, May, 2009.

Beiträge in referierten Konferenzproceedings 2011 – 2006

1. W. Kruschel, J. P. da Costa, B. Sahan, T. Bülo, P. Zacharias, „Dezentrale Spannungsregelung in intelligenten Niederspannungsnetzen – Leistungselektronische Komponenten zur Erhöhung der Aufnahmekapazität für erneuerbare Erzeugungseinheiten“ *ETG Fachtagung*, Würzburg, November 2011

2. V. R. Scarpa, S. V. Araújo, B. Sahan, P. Zacharias "Achieving Higher Power Density in DC-DC Converters for Photovoltaic Applications" in Proc. European Conference on Power Electronics and Applications (EPE), August 2011

3. S. V. Araujo, P. Zacharias, "Perspectives of high-voltage SiC-semiconductors in high power conversion systems for wind and photovoltaic sources," *Proceedings of the 2011–14th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE 2011)*, 10, Aug. 30 2011 – Sept. 2011

4. S. Araujo, C. Nöding, B. Sahan, P. Zacharias, „Exploiting the Benefits of SiC by Using 1700 V Switches in Single-Stage Inverter Topologies Applied to Photovoltaic Systems” in Proc. Conference on Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM), Nürnberg, May 2011

5. F. Bätz-Oberhäuser, F. Ackermann, R. Horff, R. Emmerich, M. Braun, H. Einfeld „Multifunktionale Stromrichtersysteme zur Nachbildung netzgekoppelter Elektrofahrzeuge“ *ETG Fachtagung*, Würzburg, November 2011

6. F. Ackermann (IWES), T. Bülo (ISET), C. Nöding (KDEE), P. Funtan (IWES), „Untersuchung von Einflussgrößen bei Wirkungsgrad- und Leistungsmessungen von PV-Wechselrichtern“, 26. *Symposium Photovoltaische Solarenergie*, Staffelstein 2011

7. J. P. da Costa (KDEE) ; P. Zacharias (KDEE) ; F. Gafaro (IWES), "Reduction of voltage violations at remote location by intelligent active and reactive power control of a DFIG based wind turbine" *14th European Conference on Power Electronics and Applications, EPE 2011*, September 2011.

8. J. P. da Costa, F. Gafaro, T. Degner, S. Heier and H. Pinheiro, "Simulation Model and Investigation of DFIG Integration in weak Networks during Unbalanced Voltage Conditions", *German Wind Energy Conference (DEWEK)*, Nov. 17 – 18, 2010, Bremen

9. J. P. da Costa, C. Dziendziol, T. Degner, S. Heier and H. Pinheiro, "An improved fault ride-through capability for grid connected doubly fed induction generator based wind turbines", *German Wind Energy Conference (DEWEK)*, Nov. 17 – 18, 2010, Bremen

10. K. Messoll, S. Heier, "HVAC Grid Connection of Large Offshore Wind Farms", *German Wind Energy Conference (DEWEK)*, Nov. 17 – 18, 2010, Bremen

11. J.P. da Costa, "Contribution to Study of Doubly-Fed Induction Generators: Operation under Network Disturbances", *The European Academy of Wind Energy (EAWE) 2010*, Trondheim, October 2010

12. P. Zacharias, „Stromrichter für Elektrofahrzeuge“, in 15. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik – Erneuerbare Energien und E-Mobilität, pp.101 – 124, Kassel, September 2010

13. S. V. Araújo, M. K. Kazanbas, P. Zacharias, "Breaking the theoretical limits of silicon with innovative switch technologies", in *Proc. of the 2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, pp. 676 – 681, July 2010

14. S. V. Araújo, B. Sahan, P. Zacharias, "Comparative Evaluation of SiC-JFETs applied to Power Converters in Renewable Energy Systems" in *Proc. Conference on Power Conversion and Intelligent Motion China (PCIM)*, Shanghai, July 2010

15. N. P. Polyzos, E. P. Drakakis, K. Siderakis, E. C. Tatakis, G. Lempidis, "Power losses analysis in a single switch resonant reset forward converter implemented with a SiC power JFET", in *Proc. Conference on Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM)*, pp 969 – 974, Nuremberg, July 2010

16. G. Lempidis, M. Rzeszut, P. Zacharias, N. Polyzos, "A Zero Voltage Transition Isolated Cuk Current Source Inverter for Photovoltaic Module Integrated Converter Applications", in *Proc. Conference on Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM)*, pp.791 – 794, Nuremberg, May 2010

17. S.V. Araújo, M.K. Kazanbas, P. Zacharias, "Considerations on switching losses and electromagnetic compatibility (EMC) of innovative semiconductor technologies", in *Proc. Conference on Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM)*, pp. 601 – 607, Nuremberg, May 2010

18. C. Nöding, B. Sahan, P. Zacharias, "Evaluation of a three-phase two-HF-switch PV inverter with thyristor-interface and active power factor control", in *Proc. Conference on Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM)*, pp. 538 – 542, Nuremberg, May 2010

19. P. Zacharias, „Zuverlässigkeit Elektrischer und Elektronischer Komponenten in PV-Analagen“, 25. *Symposium Photovoltaische Solarenergie*, Staffelstein, March 2010

20. S. Araújo, B. Sahan, P. Zacharias, R. Rupp, X. Zhang, "Application of SiC Normally-On JFETs in Photovoltaic Power Converters: Suitable Circuits and Potentials", *Proceedings of the International Conference on Silicon Carbide and Related Materials*, ICSCRM'09, Oct. 2009

- 21.** P. Zacharias, „Beiträge zur Netzregelung durch dezentrale Energieerzeugungsanlagen“, in Proc. *Internationaler ETG-Kongress 2009 – Leistungselektronik in Netzen*, Düsseldorf, Oktober, 2009

22. L. Brabetz, M. Ayeb, P. Zacharias, „Leistungselektronik in der Fahrzeugarchitektur“, in Proc. *E-MOTIVE Expertenforum Elektrische Fahrzeugantriebe*, Hannover, September, 2009

- 23.** P. Zacharias, "Decentralized Energy Distribution", in Proc. *13th European Conference on Power Electronics and Applications*, Barcelona, September, 2009

24. S. V. Araújo, P. Zacharias, "Analysis on the potential of Silicon Carbide MOSFETs and other innovative semiconductor technologies in the photovoltaic branch", in *Proc. 13th European Conference on Power Electronics and Applications*, pp. 1 – 10, September, 2009

25. B. Koirala, B. Sahan, N. Henze, “Study on MPP Mismatch Losses in Photovoltaic Applications”, in Proc. *24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Hamburg, September, 2009

26. M. Heeb, F. Pfirsch, Th. Hunger, O. Schilling, P. Zacharias, “Carrier Transit Time Approximation for Prediction of PETT Oscillation in Power Diodes” in Proc. *European Conference on Power Conversion and Intelligent Motion*, Nuremberg, May, 2009

27. B. Sahan, S.V. Araújo, Th. Kirstein, L. Menezes, P. Zacharias, “Photovoltaic converter topologies suitable for SiC-JFETs”, in Proc. *European Conference on Power Conversion and Intelligent Motion*, Nuremberg, May, 2009

28. S.V. Araújo, P. Zacharias, B. Sahan: „Neue nicht galvanisch getrennte Konverter für netzgekoppelte System mit geerdetem PV-Generator“, in Proc. *24. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Staffelstein*, pp. 402 – 407, March, 2009

29. M. S. G. Dias, L. C. De Souza Marques, “Robust Control of Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Higher-Order Sliding Mode Approach” in Proc. of *X Brazilian Power Electronics Conference (Cobep)*, Bonito, 2009

30. N. Henze, B. Sahan, R. Burger, W. Belschner, “A Novel AC Module with High-Voltage Panels in CIS Technology”, in Proc. of *23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Valencia, September, 2008

31. N. Henze, B. Sahan, J. Liu, „Modulintegrierte Photovoltaik-Wechselrichter“ in Proc. of *13th Kassel Symposium Energy Systems Technology*, Kassel, September, 2008

32. S.V. Araújo, R.P. Torrico-Bascopé, G.V. Torrico-Bascopé, L.M. Menezes, “Step-Up Converter with High Voltage Gain Employing Three-State Switching Cell and Voltage Multiplier”, in Prof. *Power Electronics Specialists Conference 2008 (PESC)*, pp. 2271 – 2277, Rhodes, June, 2008

33. S.V. Araújo, P. Zacharias, B. Sahan, “Novel Grid-Connected Non-Isolated Converters for Photovoltaic Systems with Grounded Generator”, in Prof. *Power Electronics Specialists Conference 2008 (PESC)*, pp. 58 – 65, Rhodes, June, 2008

34. R.P. Venturini, V.V.R. Scarpa, S. Buso and G. Spiazzi, „Analysis of Limit Cycle Oscillations in Maximum Power Point Tracking Algorithms“, in Prof. *Power Electronics Specialists Conference 2008 (PESC)*, pp. 378-384, Rhodes, June, 2008.

35. F. Wang, F and P. Zacharias “Two Dimensional Thermal Modeling with Spreading Heat Flow and its Analytical Solution for Heat Sink Application in Electronics”, in Proc. *Conference on Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM)*, May, 2008

36. P. Zacharias, L.M. Menezes, J. Friebe, “2 New Topologies for Transformerless Grid Connected PV-Systems with Minimum Switch Number”, in Proc. *European Conference on Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM)*, May, 2008

37. N. Henze, T. Bülo, J. Liu, A. Notholt Vergara, S. Ritter, B. Sahan, „Ein photovoltaisches AC-Modul in Hochvolt-Technologie“ in Proc. of *23. Symposium Photovoltaische Solarenergie*, Staffelstein, March, 2008

38. P. Zacharias, „Wechselrichter für die Solartechnik – 20-Jahresbilanz und Zukunftsperspektiven“ in Proc. *23. Symposium Photovoltaische Solarenergie*, Staffelstein, March, 2008

39. V.V.R. Scarpa, S. Buso and G. Spiazzi, „Low Complexity Mppt Technique Exploiting The Effect Of The PV Cell Series Resistance“, in Proc. of *Applied Power Electronics Specialists Conference and Exposition (APEC)*, pp. 1958-1964, Austin, February, 2008.

40. F.B. Grigoletto, C. C. Gastaldini, F.L. Tomm, F. Beltrame, H. Sartori, M. Martins, M.S.G. Dias, R. Azzolin, T. Bernardes, H. Pinheiro, “Nova Modulação Space Vector para o controle da Tensão do Ponto Central do Divisor Capacitivo do NPC”, in Proc. of *XVII Brazilian Conference on Automation (CBA 2008)*, Juiz De Fora, 2008

41. M. S. G. Dias, L. C. de Souza Marques, A. Nied, J. de Oliveira, “Robust Control Of Permanent Magnet Synchronous Motor Based On Second-Order Sliding Mode Approach”, in Proc. of *VIII International Conference Of Industrial Applications (INDUSCON)*, Poços De Caldas, 2008

42. P. Zacharias, „Topologische Ansätze für Wechselrichter in netzgekoppelten Photovoltaikanlagen“, in Proc. of *ETG-Fachtagung – Leistungselektronische Systeme für dezentrale Energieerzeugung*, München, 2008

43. S. Heier, R. Saiju, A. Tamzarti, “Performance Analysis of Small Wind Turbine Connected to a Grid through Modelling and Simulation”, IEEE IECON 2007. *The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*. Nov. 5 – 8, 2007, Taipei, Taiwan.

44. V.V.R. Scarpa, S. Buso and G. Spiazzi, „Cost-Effective Maximum Power Point Tracking For Battery Charging Applications“ in Proc. of *Brazilian Conference on Power Electronics (COBEP)*, pp. 682-686, Blumenau, October, 2007.

45. S.V. Araújo, P. Zacharias, B. Sahan, R.P. Torrico-Bascopé, F.L.M. Antunes, “Analysis and proposition of a PV module integrated converter with high voltage gain capability in a non-isolated topology”, in Proc. of *7th International Conference on Power Electronics (ICPE)*, Daegu, October, 2007

46. S.V. Araújo, A. Engler, B. Sahan, F.L.M. Antunes, “Optimization of a LCL Filter design for grid connected NPC inverters in offshore wind turbines”, Proc. of *7th International Conference on Power Electronics (ICPE)*, Daegu, October, 2007

47. S.V. Araújo, F.L.M. Antunes, B. Sahan and A. Engler, “Analysis And Design Of A LCL-filter for a NPC Inverter in Offshore Wind Power Conversion System”, in Proc. of *Brazilian Conference on Power Electronics (COBEP)*, pp. 301 – 306, Blumenau, October, 2007

48. C. G. C. Branco, G. V. Torrico-Bascopé, R. P. Torrico-Bascopé, D. S. Oliveira, S. V. Araújo and F. L. M. Antunes, “Analysis, Design and Implementation of a General High Step-up DC-DC Converter”, in Proc. of *Brazilian Conference on Power Electronics (COBEP)*, pp. 569 – 573, Blumenau, October, 2007

49. S.V. Araújo, B. Sahan, F.L.M. Antunes, „Analysis and Design of a LCL filter for a NPC inverter for the application on in offshore wind power conversion systems“, in Proc. of *Brazilian Conference on Power Electronics (COBEP)*, pp. 301 – 306, Blumenau, October, 2007

50. P. Zacharias, M. Köhl, K. Vanoli, A. Herrfeld, „Qualifizierung und Qualitätssicherung zur Lebensdauer-Optimierung und Ertragskontrolle – Rückwirkungen auf Technologieentwicklung und Montage“, in Proc. of *Jahrestagung Forschungsverbund Sonnenenergie „Produktionstechnologien für die Solarenergie*, Hannover, September, 2007

51. T. Bülo, B. Sahan, C. Nöding, P. Zacharias, “Comparison of three-phase inverter topologies for grid connected photovoltaic systems”, in Proc. of *22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, September, 2007

52. B. Sahan, A. Notholt-Vergara, A. Engler, P. Zacharias, “Development of a Single-Stage Three-Phase PV Module Integrated Converter”, in Proc. of *12th European Conference on Power Electronics and Applications*, vol. 1 – 10, pp. 1154 – 1164, Aalborg, September, 2007

53. S. Heier, “Wind Plant Development and State of the Art of Grid Connected Systems”, in Proc. of *World Renewable Energy Conference IX and Exhibition*. Florence, August, 2006

54. P. Zacharias, “Power Quality: Impact of Distributed Generation and Future Network Structure. Power Quality”, in Proc. of *Symposium TU Eindhoven*, May 2007

55. B. Sahan, S.V. Araújo, A. Engler, F.L.M. Antunes, “Design And Benchmark Of A Multilevel Converter For Large-Scale Wind Power Systems,” in Proc. of *European Wind Energy Conference & Exhibition*, Milan, May, 2007

56. B. Sahan, S. V. Araújo, F. L. M. Antunes and A. Engler, „Design and benchmark of a Multilevel Converter for large-scale wind power systems“, in Proc. of *European Wind Energy Conference & Exhibition*, Milan, May, 2007

57. G. V. Torrico-Bascope, R. P. Torrico-Bascope, D. S. Oliveira, F. L. M. Antunes, S. V. Araújo, C. G. C. Branco, “A generalized high voltage gain boost converter based on three-state switching cell”, in Proc. of *IEEE 32nd Annual Conference on Industrial Electronics (IECON)*, pp. 1927 – 1932, November, 2006

58. S.V. Araújo, R.P. Torrico-Bascope, F.L.M. Antunes, E. Mineiro Sá, “Stand-alone Photovoltaic System using an UPS Inverter and a Microcontrolled Battery Charger based on a Boost Converter with a 3 State-Commutation Cell”, in Proc. of *32nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, vol. 1 – 11, pp. 4381 – 4386, Paris, November, 2006

59. G. V. Torrico-Bascope, R. P. Torrico-Bascope, D. S. Oliveira, F. L. M. Antunes, S. V. Araújo, C. G. C. Branco, “A Generalized High Voltage Gain Boost Converter Based on Three-State Switching”, in Proc. of *32nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, vol. 1 – 11, pp. 4297 – 4302, Paris, November, 2006

60. N. Henze, A. Engler, P. Zacharias, “Photovoltaic Module with integrated power conversion and interconnection system – The European Project PV-MIPS”, in Proc. of *21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, September, 2006

61. P. Zacharias, B. Burger, “Overview of Recent Inverter Developments for Grid Connected Systems”, in Proc. of *21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, September, 2006

62. P. Zacharias, J. Schmid, J. Vetter, „Export erneuerbarer Energietechniken – Ländliche Elektrifizierung“, in Proc. of *Jahrestagung Forschungsverbund Sonnenenergie*, Berlin, September, 2006

63. P. Zacharias, Chr. Wittwer, F. Trieb, U. Leprich, „Netzintegration der erneuerbaren Energien – Steuerung der Energieflüsse“, in Proc. of *Jahrestagung Forschungsverbund Sonnenenergie*, Berlin, September, 2006

64. Engler, H. Müller, N. Henze, T. Bülo, A. Notholt Vergara, B. Sahan, A. Zimpfer, “Design of a 200w 3-Phase Module Integrated PV Inverter as Part of The European Project PV-MIPS”, in Proc. of *21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, September, 2006

65. G. V. Torrico-Bascopé, S. V. Araújo, R. Torrico-Bascopé, D. S. Oliveira, F. L. M. Antunes, C. G. C. Branco, “A High Step-Up DC-DC Converter based on Three-State Switching Cell”, in Proc. of *International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, vol. 2, pp. 998 – 1003, Montreal, July, 2006

66. C. Strowitzki, M. Baumann, P. Zacharias, "A novel solid state pulsed power module for excimer laser", in Proc. of 27th *International Power Modulator Symposium/2006 High Voltage Workshops*, pp. 207 – 210, Washington, May, 2006

67. S.V. Araújo, F.L.M. Antunes, R. Torrico-Bascopé, "Microcontrolled battery charger for photovoltaic systems using modified boost converter with autotransformer and 3-State commutation cell", in Proc. of 3rd *European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference*, pp. 162 – 167, Aix-en-Provence, May, 2006

68. P. Zacharias, "Grid Integration of Renewable Energy Sources via Power Electronics", in Proc. of *ECPE-Seminar Renewable Energy*, Kassel, February, 2006

69. S.V. Araújo, F.M. Antunes, R. Torrico-Bascopé, S. Daher, "Micro-controlled battery charger for photovoltaic systems using modified boost converter with autotransformer and 3-State commutation cell", in Proc. of *VII International Conference on Industrial Appliances (INDUSCON)*, Recife, 2006

Bücher und Buchbeiträge 2011 – 2006

1. S. Heier, J.P. da Costa, K. Messoll, B. Valov: "Grid Connected Systems: Interconnection, Transmission and Generation" in: *Wind Energy International 2011/2012, World Wind Energy Association*, pp. 355 – 364, ISBN: 978-3-940683-02-1x

2. B. Valov, P. Zacharias, „Die Nordsee geht ans Netz, Erneuerbare Energie: Alternative Energiekonzepte für die Zukunft“, *Wiley-VCH Verlag*, 2010

3. P. Zacharias et al., "Use of Electronic-based Power Conversion for Distributed and Renewable Energy Sources", *Kassel: ISET*, 2nd ed., 2009

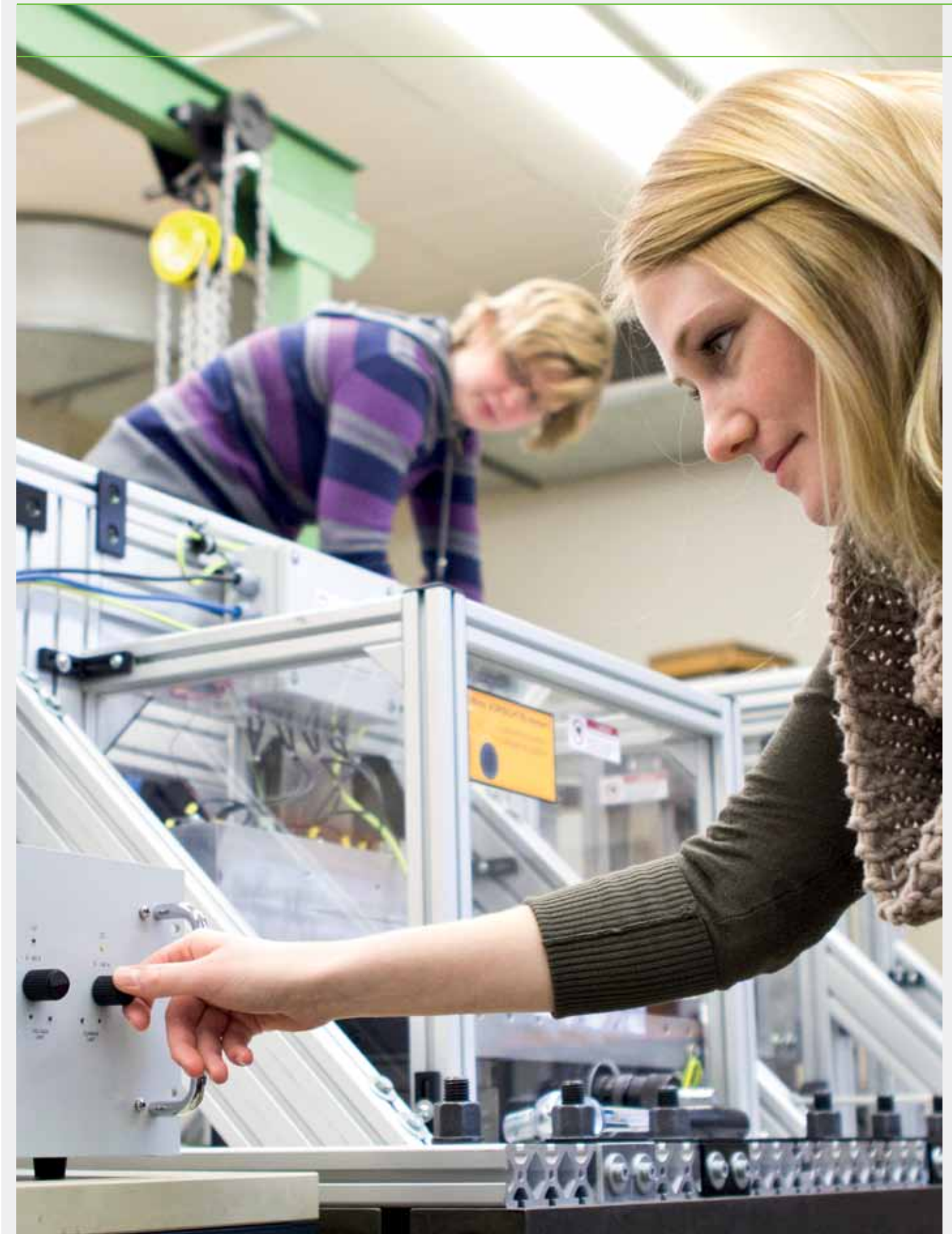
4. S. Heier, „WINDKRAFTANLAGEN – Systemauslegung, Netzintegration und Regelung“, 2009. *Vieweg+Teubner*, Wiesbaden, 5. überarbeitete und aktualisierte Auflage, 482 Seiten, gebunden, fester Einband, ISBN: 978-3-8351-0142-5

5. P. Zacharias, „Elektronische Energiewandler für netzgekoppelte photovoltaische Solarenergieanlagen“, in *Leistungselektronische Schaltungen*, 2nd ed., *Springer-Verlag GmbH*, 2008, pp. 1069 – 1092

6. P. Zacharias et al., „Use of Electronic-based Power Conversion for Distributed and Renewable Energy Sources“, *Kassel: ISET*, 1st ed., 2008

7. S. Heier, „Nutzung der Windenergie“, 5. völlig überarb. Auflage, 160 Seiten, broschiert. *Verlag Solarpraxis AG*. Berlin, 2007. ISBN: 978-3-934595-63-7

8. S. Heier, „Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems“, 2. Auflage – April 2006. 446 Seiten, Hardcover. *Wiley, Chichester*, 2006. ISBN-10: 0-470-86899-6, ISBN-13: 978-0-470-86899-6





PATENTE UND SCHUTZRECHTE

Schutzrechte mit Erfinderanteilen von EVS und e²n

Schutzrechte mit Erfinderanteilen von EVS und e²n
KDEE in der Tradition von Erfindungsanmeldungen
KDEE in the tradition of patents

- hohe Innovationsrate im Bereich regenerative Energie & Energieeffizienz
- *high innovation rate in the area of renewable energies and energy efficiency*

Veröffentlichte Patentfamilien

1. Heier, Siegfried; Izzat, Likaa Fahmi Ahmed; DE102010060998A1, „*Bürstenloser Synchrongenerator und Generatoranordnung mit einem bürstenlosen Synchrongenerator*“, 06.06.2012
2. Mehmet Kazanbas, Christian Nöding, Peter Zacharias; DE102011052768.0 „*Wechselrichter mit gekoppelten Induktivitäten*“, 22.03.2012
3. Zacharias, Peter; Mallwitz, Regine; Araújo, Samuel Vasconcelos; Sahan, Benjamin; WO002011042567A1, „*Blindleistungsfähiger Wechselrichter*“, 14.04.2011
4. Zacharias, Peter; Sahan, Benjamin; Kazanbas, Mehmet; Falk, Andreas; Vasconcelos, Samuel Araújo, DE102009052461A1, „*Wechselrichter-Schaltungsanordnung*“, 26.05.2011
5. Rigbers Klaus; Mallwitz, Regine; Engel, Bernd; Zacharias, Peter, WO002010069620A1, „*Transformatorloser Wechselrichter mit einem DC/DC-Wandler*“, 24.06.2010
6. Mallwitz, Regine; Zacharias, Peter; EP0000002144359A2, „*DC/ DC- Wandler*“, 13.01.2010
7. Friebe, Jens; Mallwitz, Regine; Zacharias, Peter; EP0000002136465A1, „*Wechselrichter in Brückenschaltung mit langsam und schnell getakten Schaltern*“, 18.06.2008/23.12.2009
8. Engel, Bernd; Mallwitz, Regine,; Zacharias, Peter, EP0000002023475A1, „*Wechselrichter für eine geerdete Gleichspannungsquelle, insbesondere einen Photovoltaikgenerator*“, 11.02.2009
9. Heier, Siegfried, DE102007035570A1, „*Doppelt gespeister Asynchrongenerator und Verfahren zu dessen Betrieb*“, 05.02.2009
10. Zacharias, Peter; Sahan, Benjamin, DE102007028077B4, „*Vorrichtung zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Energieversorgungsnetz und Gleichspannungswandler für eine solche Vorrichtung*“, 16.04.2009
11. Zacharias, Peter; Sahan, Benjamin, DE102007028078B4, „*Vorrichtung zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Energieversorgungsnetz und Gleichspannungswandler für eine solche Vorrichtung*“, 16.04.2009
12. Zacharias, Peter; Sahan, Benjamin, DE102007030577A1, „*Wechselrichter zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Energieversorgungsnetz*“, 02.01.2009
13. Zacharias, Peter; Friebe, Jens; Blumenstein, Felix; Gerlach, Ann-Katrin; Scheuermann, Jan; Zinn, Matthias, DE102007038959A1, „*Wechselrichter*“, 26.02.2009
14. Zacharias, Peter; Friebe, Jens; Blumenstein, Felix; Gerlach, Ann-Katrin; Scheuermann, Jan; Zinn, Matthias, DE102007038960A1, „*Wechselrichter*“, 26.02.2009
15. Cramer, Guenther; Kleinkauf, Werner; Meinhardt, Mike; Zacharias, Peter, DE000019961705B4, „*Vorrichtung zur dezentralen Einspeisung regenerativer Energie*“, 01.12.2005
16. Kleinkauf, Werner, DE000019635606A1, „*Vorrichtung zur Erzeugung einer höheren Wechselspannung aus mehreren niedrigeren Gleichspannungen und dafür geeigneter Bausatz*“, 05.03.1998
17. Kleinkauf, Werner; Krengel, Uwe, DE000004302687A1, „*Verfahren und Wechselrichter zur Umwandlung von Gleichstrom in Drehstrom*“, 08.09.1994
18. Heier, Siegfried; Kleinkauf, Werner, DE000004232356C2, „*Stromversorgungseinrichtung mit mindestens zwei Stromquellen*“, 09.01.1997
19. Kleinkauf, Werner, Sachau, Jürgen, DE000004129053A1, „*Verfahren und Vorrichtung zur Regelung von Synchronmaschine und drehstromseitig angekoppeltem statischen Umrichter*“, 04.03.1993
20. Kleinkauf, Werner; Sachau, Jürgen, DE000003931800C2, „*Vorrichtung zur Stabilisierung einer Drehstromversorgung*“, 10.07.2003

MITARBEITER DES KDEE/EVS/e²n

Leitung



**Prof. Dr.-Ing. habil.
Peter Zacharias**
Tel.: 0561 804 6344
peter.zacharias@uni-kassel.de



**Professor Dr.-Ing.
Martin Braun**
Tel.: 0561 804 6202
martin.braun@uni-kassel.de

Stellvertretende Leitung



Dr.-Ing. Mathias Käbisch
Tel.: 0561 804 6166
mathias.kaebisch@uni-kassel.de
seit September 2012



**Prof. Dr.-Ing. habil.
Siegfried Heier (emeritiert)**
Tel.: 0561 804 6345
heier@uni-kassel.de

Forschungsgruppenleiter KDEE/Leistungselektronik

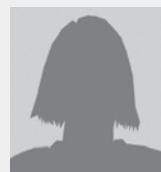


M.Sc. Samuel Araújo
Tel.: 0561 804 6516
s.araujo@uni-kassel.de



Dr.-Ing. Benjamin Sahan
bis Juni 2012

Sekretariat



Frau Anja Clark-Carina
Tel.: 0561 804 6344
sekretariat.evs@uni-kassel.de



Frau Claudia Erdt
Tel.: 0561 804 6201
cerdt@uni-kassel.de

Mitarbeiter



Techn. Volker Berge
Tel.: 0561 804 6524
vberge@uni-kassel.de



**Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Christof Dziendziol, M.Sc.**
Windenergietechnik
Tel.: 0561 804 6370
dziendziol@uni-kassel.de



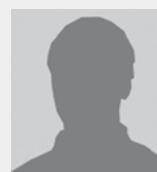
Dr.-Ing. Jean Patric da Costa
Tel.: 0561 804 6491
jdacosta@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Benjamin Dombert
Tel.: 0561 804 6404
b.dombert@uni-kassel.de



M.Sc. Milena Dias
Tel.: 0561 804 6510
m.dias@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Werner Döring
Tel.: 0561 804 6465
werner.doering@uni-kassel.de

WWW.KDEE.UNI-KASSEL.DE & WWW.EVS.E-TECHNIK.UNI-KASSEL.DE
WWW.UNI-KASSEL.DE/EECS/E2N & WWW.IWES.FRAUNHOFER.DE/DE/PERSONAL_NEU/
BEREICH_A/PERSONAL-BETRIEB-VERTEILUNGSNETZE/BRAUN-MARTIN.HTML



Dipl.-Ing. Hauke Einfeld
bis September 2012



Dipl.-Ing. Thomas Kirstein
bis April 2012



Dipl.-Ing. Adil Ezzahraoui
Windenergietechnik
Tel.: 0561 804 6454
ezzahraoui@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Thiemo Kleeb
Tel.: 0561 804 6404
t.kleeb@uni-kassel.de



M.Eng. Christian Felgemacher
Tel.: 0561 804 6477
c.felgemacher@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Wolfram Kruschel
Tel.: 0561 804 6320
w.kruschel@uni-kassel.de



Wolfgang Fröhlich
Tel.: 0561 804 6465
w.froehlich@uni-kassel.de



M.Sc. Lucas Menezes
Tel.: 0561 804 6512
lucas.menezes@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Bernd Gruß
Tel.: 0561 804 6432
gruss@uni-kassel.de



M.Sc. Katharina Messoll
Windenergietechnik
Tel.: 0561 804 6454
messoll@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Manuel Günther
Tel.: 0561 804 6404



Dipl.-Ing. Christian Nöding
Tel.: 0561 804 6512
christian.noeding@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Wolfram Hofman
Tel.: 0561 804 6477
w.hofman@uni-kassel.de
seit November 2012



M.Sc. Douglas Pappis
Tel.: 0561 804 6320
douglas.pappis@uni-kassel.de
seit August 2012



Dipl.-Math. Dipl.-Inf. Paul Kaufmann
Tel.: 0561 804 6165
paul.kaufmann@uni-kassel.de



Techn. Bernhard Siano
Tel.: 0561 804 6524
siano@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Mehmet Kazanbas
Tel.: 0561 804 6512
mehmet.kazanbas@uni-kassel.de



M.Sc. Marita Wendt
Tel.: 0561 804 6510
marita.wendt@uni-kassel.de

MITARBEITER DES KDEE/EVS/e²n

Doktoranden und Gastwissenschaftler



Dipl.-Ing. Dario Lafferte
Tel.: 0561 804 6563
dario.lafferte@uni-kassel.de



M.Sc. Likaa Fahmi Ahmed Izzat
Tel.: 0561 804 6563
likaafahmi@uni-kassel.de



M.Sc. Ammar Salmann
Tel.: 0561 804 6370
a.salman@uni-kassel.de



M.Sc. Andressa Colvero Schittler
Tel.: 0561 804 6563
schittler@gast.uni-kassel.de
seit August 2012



Dipl.-Ing. Cong Shen
Tel.: 0561 804 6432
cong.shen@gast.uni-kassel.de

Wissenschaftliche und studentische Hilfskräfte

Maria Valov, Jannah Lümmer, Georgios Lempidis,
Johannes Schwind, Sebastian Stein, Christoph Gerling,
Gerhard Weiß, Markus Horn, Philpp Jäger, Ghislain Ngale

IMPRESSIONEN 2012



Weihnachtsfeier 2012



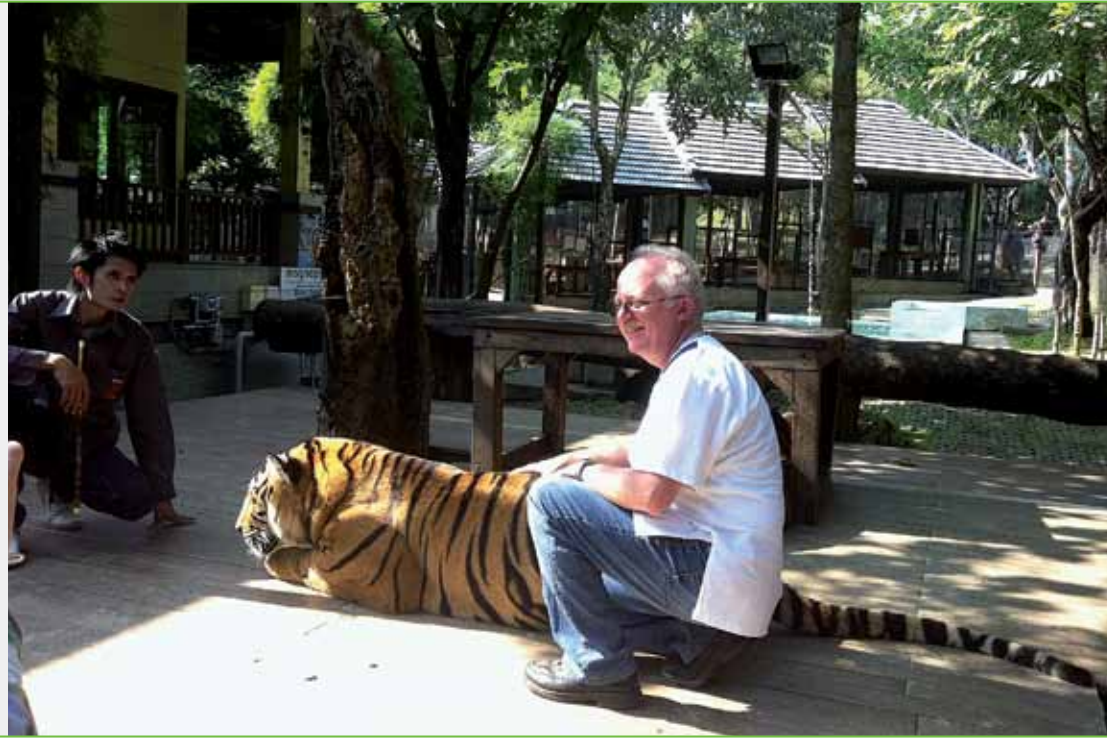
Begrüßung eines Nachwuchsingenieurs



Proben zur musikalischen Untermalung der Weihnachtsfeier



IMPRESSIONEN 2012



Tiger streicheln in Thailand

Prof. Zacharias mit Frau Rakwichian
bei der Eröffnungszeremonie



IMPRESSIONEN 2012



Impressionen 2012 (Chiang Mai, Thailand)



Eröffnungszeremonie der
World Green City Chiang Mai

IMPRESSIONEN 2012



Tempel Doi Suthep in Chiang Mai

Metrofahrplan in Japan



Nächtlicher Umzug (Japan)



Windkraftanlagen mit anderem Standard auf einem japanischen Markt

www.kdee.uni-kassel.de
www.evs.e-technik.uni-kassel.de
www.uni-kassel.de/eecs/e2n



Kompetenzzentrum für Dezentrale Elektrische Energieversorgungstechnik (KDEE)

Institut für Elektrische Energietechnik (IEE)
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungssysteme (EVS)
Fachgebiet Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze (e²n)

Universität Kassel
Wilhelmshöher Allee 71

34121 Kassel, Germany

EVS: Tel. +49 561 804 6344
www.evs.e-technik.uni-kassel.de

e²n: Tel. +49 561 804 6201
www.uni-kassel.de/eecs/e2n

Stand: Februar 2013

