

## JAHRESBERICHT 2010

# **JAHRESBERICHT 2010**

---

## **IMPRESSUM**

---

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

Leiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias

Anschrift:  
Wilhelmshöher Allee 71  
34121 Kassel  
Germany

Tel.: +49 561 804 6344  
Fax: +49 561 804 6521

E-Mail: sekretariat.evs@uni-kassel.de

[www.kdee.uni-kassel.de](http://www.kdee.uni-kassel.de) & [www.evs.e-technik.uni-kassel.de](http://www.evs.e-technik.uni-kassel.de)

Redaktionelle Koordination: Dr.-Ing. Benjamin Sahan

Satz und Layout:  
formkonfekt | konzept & gestaltung | Kassel

Bilder:  
Universität Kassel, Agentur für Erneuerbare Energien, iStockphoto

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, März 2011

<b>ÖFFENTLICHKEITSARBEIT</b>	<b>4</b>	<b>F&amp;E PROJEKTE KDEE</b>	<b>28</b>
Vorwort	4	Entwicklung hocheffizienter Konverter für erneuerbare Energiequellen	28
Selbstbild KDEE	6	Leistungselektronische Wandler für automotive Applikationen	29
Fachgebiet Elektronische Energieversorgungstechnik (EVS)	9	Aktive, intelligente Niederspannungsnetze	30
Das KDEE ist Mitglied des Forschungsverbunds Fahrzeugsysteme (FAST)	10	Potenzialanalyse zur Nutzung von Wide Band Gap Bauelementen in erneuerbaren Energiesystemen	31
Erneut Auszeichnung für Kasseler Forscher	11	Entwicklung eines Ladegeräts für Li-Ionen Batterien	32
Kooperationen	12	Untersuchung modulintegrierter PV-Wechselrichter – Vigoni	33
Labor-Infrastruktur / Serviceangebote	15	Entwicklung einer elektronischen Quelle / Last	34
<b>FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN</b>	<b>16</b>	Prüfstand für Leistungshalbleiter	35
Vorwort	16	Entwicklung eines Drosselprüfstandes	36
<b>F&amp;E PROJEKTE EVS</b>	<b>18</b>	Netzintegration von Blockheizkraftwerken	37
Windenergietechnik:	18	<b>DOKUMENTATION</b>	<b>38</b>
MagnetRing – Vorentwicklung eines magnetisch gelagerten Ringgenerators für Windenergieanlagen im 10 MW-Bereich	18	Abgeschlossene Promotionen 2010	39
RAVE – Research at alpha ventus – Netzintegration	19	Berufung von Dr.-Ing. H. Bradke zum Honorarprofessor im Fachgebiet EVS	43
ZIM – Entwicklung eines getriebelosen Energiemoduls	20	Abgeschlossene Diplom-Arbeiten 2010	44
Machbarkeitsuntersuchungen durch Asynchrongeneratoren	21	Publikationen 2010	46
Neuentwicklung von Synchrongenerator-Systemen	23	Publikationen 2009 – 2005	47
EVS:	24	Patente und Schutzrechte	51
Lebensdauer und Betriebszuverlässigkeit leistungselektronischer Wandler	24	Mitarbeiter des KDEE/EVS	52
Energiespeicher für dezentrale und mobile Energiesysteme	25	Freizeitaktivitäten	54
Elektromagnetischer Schienenbeschleuniger für symmetrischen Taylor-Test	26		
Stromrichter für Elektrofahrzeuge	27		

## VORWORT

---

Das Kompetenzzentrum für Dezentrale Elektrische Energieversorgungstechnik (KDEE) wurde im Januar 2009 als eigene Struktureinheit der Universität Kassel gegründet. Seither hat es sich zusammen mit dem Fachgebiet Elektrische Energieversorgungssysteme (EVS) sowohl inhaltlich als auch personell schnell entwickelt. Noch schneller entwickelt sich jedoch die Nachfrage nach innovativen Lösungen für sich ständig neu ergebende Fragestellungen beim rasanten Umbau der elektrischen Energieversorgung hin zu einem vorwiegend auf erneuerbaren Quellen beruhenden Versorgungssystem. Dieser Trend wird verstärkt durch den gleichzeitig stattfindenden Paradigmenwechsel in der Fahrzeugindustrie hin zu teilweise oder vollständig elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Der zunehmende Einsatz elektrischer Energie in Fahrzeugen führt zwangsläufig auf Dauer zu völlig neuen systemtechnischen Lösungen. Das Automobil wird praktisch unter völlig anderen Rahmenbedingungen „neu erfunden“.

Zu einem immer stärkeren Problem wird derzeit der Mangel an qualifizierten Fachkräften. Es war daher eine weit vorausschauende Entscheidung des Landes Hessen und der Universität Kassel, Wissenschaft und Forschung in diesen Bereichen durch Förderung und enge Kooperationsbeziehungen mit der Industrie auszubauen. Trotzdem kann die Nachfrage nach ausgebildeten Elektroingenieuren nicht nur im Territorium Nordhessen / Südniedersachsen auch nur annähernd befriedigt werden.

Die Profilierung von EVS und KDEE in Richtung elektromechanische und elektronische Wandler für die Nutzung dezentral bereitgestellter Energieressourcen (Sonne, Wind, Wasser, Gas etc.) hat sich bewährt und wird zunehmend ergänzt durch Themen, die eine Übertragung der Technologien in die effiziente Nutzung der elektrischen Energie in Geräten, Fahrzeugen und industriellen Prozessen ermöglichen.

Entwicklungen an der Universität Kassel haben in den letzten beiden Jahren gezeigt, dass durch Kombination verschiedener Halbleitertechnologien in Verbindung mit ausgefeilter Schaltungs- und Steuerungstechnik das Erreichen von maximalen Wandler-Wirkungsgraden >98,5 % bei vielen Einsatzfällen möglich ist. Der im Labor erreichte Rekord-Wert liegt derzeit bei über 99 % für einen Wechselrichter. Die Forschungsziele verlagern sich daher mehr von der Schaffung hocheffizienter Systemkomponenten hin zu integrierten robusten Systemen, die die hohe Effizienz ihrer Komponenten auch nutzen.

Mitarbeiter und Studenten von EVS & KDEE, die auch gleichzeitig im Forschungsverbund Fahrzeugsysteme (FAST) der Universität Kassel mitwirken, fühlen sich der weiteren Stärkung der Zusammenarbeit der Universität mit anderen wissenschaftlichen Institutionen wie Fh IWES und Industrie-Unternehmen sowie der internationalen Visualisierung ihrer Leistungsfähigkeit und ihres industriellen und wissenschaftlichen Umfelds auf dem Gebiet nachhaltiger Energieversorgungstechnik verpflichtet und danken ihren Förderern und Kooperationspartnern auf das Herzlichste.

## **FOREWORD**

The Centre of Competence for Distributed Electric Power Technology (KDEE) was founded in January 2009 as a special scientific entity of the University of Kassel. Since then, a dynamic development has taken place together with the chair of Electric Power Supply Systems (EVS) regarding scientific focal points as well as staff-wise. Nevertheless, the inquiry for innovative solutions for constantly arising questions with the rapid re-construction of the electric energy supply towards a sustainable system mainly based on renewable sources is developing even faster. This trend is additionally being pushed by the paradigm change taking place at the same time in the automotive industry from combustion engines to partly or entirely electrically powered vehicles. The increasing application of electric energy in vehicles leads necessarily to totally new system-technical solutions. The car is practically being invented anew under completely different basic conditions.

The lack of qualified professionals in the energy field becomes a stronger and stronger problem nowadays. Hence, it was a far farsighted decision of the state of Hesse and the University of Kassel to develop science and research in these areas by structural support and close cooperation with the industry. Nevertheless, the need for qualified electrical engineers, not only in the area of northern Hesse/southern Lower Saxony, cannot nearly be satisfied.

Focusing EVS and KDEE in the direction of electromechanical and electronic converters for the use of decentralized energy resources (sun, wind, small hydro, gas, oil etc.) has proven itself and is complemented steadily with subjects allowing a transfer of these technologies in the efficient use of electrical energy in devices, vehicles and industrial processes.



**Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias**

During the past two years, developments at the University of Kassel have shown that by a combination of different solid-state semiconductor technologies in connection with sophisticated circuit and control technology the achievement of maximum converter efficiencies > 98.5 % is possible for many applications. The current peak value for an inverter achieved in our labs is more than 99 %. Hence, the research purposes shift more and more from the establishment of highly efficient system components towards integrated robust systems which use the high efficiency of the available components.

The employees and students of EVS and KDEE, who are also contributing to the Research Network of Vehicle Systems (FAST) at the University of Kassel, feel committed to strengthen the collaboration of the university with other scientific institutions such as Fh IWES and with industrial partners (companies). They also aim to internationally visualize the excellence of the scientific and industrial cluster in the Kassel area in the field of sustainable energy supply technology and – last but not least – would like to convey their gratitude to all sponsors and cooperation partners.

P. Zacharias

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

## **SELBSTBILD 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).

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

Die Gründung des KDEE dient der weiteren Stärkung der Zusammenarbeit der Universität mit Unternehmen sowie der internationalen Visualisierung 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. durchgeföhrten Potenzialstudie, zu steigern. So soll das Profil der Region in Richtung effizienter Energieerzeugung & -verwendung weiter geschärft werden.

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



### **Einbindung in die Universität Kassel**

EVS und KDEE sind in der Universität Kassel eingebunden.

#### **Kernkompetenz:**

**Geräteorientierte Energiesystemtechnik für die Nutzung erneuerbarer Energien. Die besonderen Schwerpunkte liegen dabei auf der Stromrichtertechnik in Hybridsystemen und Verteilernetz, bei dezentraler Energiewandlung sowie mobilen Energieversorgungssystemen.**

title

## **SELF-PERCEPTION KDEE**

*The foundation of the Centre of Competence for Distributed Electric Power Technology (KDEE) followed the need for a concentration point in the university for the development of innovative solutions as well for a preparation of the scientific-technical transfer of complex device and systems principle solutions into the industrial exploration. In terms of topics and personnel it is closely connected with the chair of Electric Power Supply Systems (EVS).*

*Power electronic based converters are the most flexible and dynamic equipments for management of energy in the actual and future electrical grid. Their construction and control requires specialized knowledge, which will be concentrated and pursued on the long term. Hence, the KDEE will act as a partner for industrial and public-founded projects not only on the fundamental research level but also on industrial-oriented applications.*

*Furthermore, the KDEE aims not only for the consolidation of the cooperation between the university and companies but also to promote international awareness regarding their capabilities and industrial-scientific environment.*

*It is a central goal, to increase the number of the workplaces in the sector of distributed power systems in the region of Northern Hesse till 2020 up to at least 20,000 according to the results of the potential study of the cluster organization deENet e. V. and thus to specify further the profile of the region in the direction of efficient energy production and energy use.*

*Within the scientific community is aimed the development of a DFG Research Group from the KDEE.*

Gruppenfoto

Group Photo

#### **Involvement with the University of Kassel**

*The Chair of Electric Power Supply Systems (EVS) and the Centre of Competence for Distributed Electric Power Technology (KDEE) are integrated in the University of Kassel as follows:*

#### **Core competence:**

***Appliance-oriented power systems technology for the use of renewable energy sources with special focus on the power converter technology for hybrid systems, distribution network, decentralized energy conversion and mobile power supply systems.***

## Thematische Schwerpunkte des Zentrums

- Erforschung und Entwicklung von neuen Systemelementen und Strukturen für die dezentrale Bereitstellung von elektrischer Energie in einem öffentlichen Versorgungssystem, sowohl im Verbund als auch in isolierten Inselnetzen.
- Entwicklung von Grundsatzlösungen für Geräte, Anlagen und Systeme zur dezentralen Bereitstellung von Strom und Wärme zur effektiven Nutzung aller ökonomisch sinnvollen Energieressourcen.
- Erforschung und Entwicklung von Konzepten und technischen Grundsatzlösungen für integrierte/gleichzeitige Nutzung verschiedener Energieressourcen in Blockheizkraftwerken, PV-Solaranlagen und Brennstoffzellen mit und ohne Speichereinbindung.
- Regelung und Betriebsführung von vernetzten Energielieferanten und Energiespeichern in mobilen Systemen und Bordnetzen.
- Entwicklung neuartiger Aktoren und Antriebe in Fahrzeugen.
- Ausbildung hoch qualifizierter und promovierter Ingenieure der Energietechnik.

Das EVS und KDEE sind in folgende 4 Säulen gegliedert, die jeweils von einem Forschungsgruppenleiter koordiniert werden:

### ▪ 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 frequenz-starres Netz, wie z. B. in innovativen Blockheizkraftwerken sowie drehzahlvariablen Wasserkraft- und Windgeneratoren.

### ▪ Windkrafttechnik

Triebstrangkonzepte und regelungstechnische Konzepte der Netz-anbindung von Generatoren mit variabler Drehzahl, Windkraftanlagen bis 1 MW als systemtechnische Gesamtkonzepte.

### ▪ Leistungselektr. Konverter für industrielle Applikationen

Nutzung des über 3 Jahrzehnte aufgebauten Know-how in der Stromrichtertechnik zur Aufbereitung elektrischer Energie in industriellen Prozessen.

## Thematic emphasis of the Center

- *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.*
- *Investigation and development of concepts and technical approaches for integrated solutions aiming the simultaneous use of diversified energy sources in combined heat and power plants (CHP), photovoltaic facilities and fuel cells with or without storage connection.*
- *Control and implementation of networked energy sources and storages in mobile systems and on-board power supplies.*
- *Development of new actuators and drives in vehicles.*
- *Training of highly-qualified and postgraduated engineers in the field of power engineering.*

*EVS and KDEE are structured into the following four columns, which are respectively coordinated by a research group leader:*

### ▪ 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 variable frequency or strong variation around the grid-value to a fixed grid frequency like not only innovative combined heat and power generation plant but also speed variable hydroelectric and wind power plants.*

### ▪ Wind power technology

*Drive train concepts, control technique and grid connection of generators with variable speed, and wind power plants up to 1 MW as general technical concept.*

### ▪ Power electronics converter for industrial applications

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

Das KDEE wird in ein (in Planung befindliches) Forschungszentrum Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in der Universität Kassel eingebettet. Ziel ist dabei die Überführung der Ergebnisse in das, als Anwendungszentrum für die Industrie geplante, Institut für dezentrale Energietechnologie (IDE GmbH i. G.) an der Universität Kassel. Dieses soll den Zeitraum zwischen Idee und Marktwirksamkeit deutlich verkürzen.

*They are embedded in the (planned) Research Center of Renewable Energy and Energy Efficiency inside the University of Kassel. Besides, purpose is also the transportation of the results in an application center for the industry planned Institute of Decentralized Energy Technology (IDE GmbH i. G.) at the university of Kassel. This should shorten the period between idea and market effectiveness clearly.*



Aufbau des vernetzten Forschungszentrums Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (FVee<sup>2</sup>) der Universität Kassel in einer Übersicht (FhG IBP PG Kassel: Fh Institut Bauphysik Projektgruppe Kassel; ZUB: Zentrum für Umweltbewusstes Bauen).

*Overview of the network of the Centre of Research for Renewable Energies and Energy Efficiency of the University of Kassel (FhG IBP PG Kassel: Fh Institut Bauphysik Projektgruppe Kassel; ZUB: Zentrum für Umweltbewusstes Bauen).*

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

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

title

**CHAIR OF ELECTRIC POWER SUPPLY  
SYSTEMS (EVS)**

## Institut für Elektrische Energietechnik Elektrische EnergieVersorgungsSysteme Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Zacharias

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 Fachgebetsleiter Prof. Kleinkauf gegründeten „Institut für Solare Energieversorgungs-technik“ (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 Wettklaufer 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 Fh IWES gepflegt durch gemeinsame Projekte und die Betreuung von Doktoranden.

Bei einem Mitarbeiterstamm von derzeit fast 30 Personen von EVS und 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**

*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 inclu-*

*de 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 energy supply systems at the University of Kassel. Thereby good research possibilities as well as widespread study contents can be proposed.*



Links: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias, Leiter des Fachgebets

Mitte: Prof. Dr.-Ing. habil. Siegfried Heier, Leiter Windkrafttechnik

Rechts: Prof. Dr.-Ing. Harald Bradke, Honorarprofessor der Universität Kassel und Leiter des Competence Centers Energiepolitik und Energiesysteme beim Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung

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. H. Bradke, FhG-ISI Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier

Prof. Dr.-Ing. habil. S. Heier

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

## **DAS KDEE IST MITGLIED DES FORSCHUNGSVERBUNDS FAHRZEUGSYSTEME (FAST)**

title

**EVS AND KDEE ARE MEMBERS OF THE**

**"RESEARCH ASSOCIATION VEHICLE SYSTEMS"**

Mit dem Forschungsverbund Fahrzeugsysteme als interdisziplinären Verbund wird das Ziel verfolgt, die Region Kassel als Forschungsstandort zu stärken.

FAST nimmt entsprechend seiner Aufgabenstellung als wissenschaftliche Einrichtung fächerübergreifende und interdisziplinäre Aufgaben in Forschung und Lehre, Studium und Weiterbildung, zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und zur Förderung der Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Einrichtungen und Industrieunternehmen auf dem Gebiet der Fahrzeugsysteme wahr.

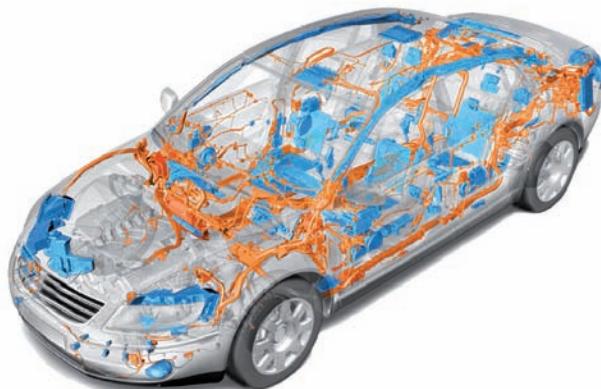
Hierzu gehören insbesondere die Förderung einer organisierten, interdisziplinären Forschung in übergreifenden Projekten, die Schaffung einer partnerschaftlichen Kooperationsplattform für gemeinsame Forschung von Hochschulen, Industrie und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die interdisziplinäre Aus- und Weiterbildung hochqualifizierter Nachwuchskräfte für die Fahrzeugindustrie, die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Zusammenfassung der interdisziplinären fahrzeugtechnischen Forschungsaktivitäten der beteiligten Institute.



*The interdisciplinary research cooperation "vehicle systems" pursues the goal to strengthen the region of Kassel as an important research location.*

*FAST is interdisciplinary involved into research and development, teaching and studies to promote young academics. It also serves as a link between the research institutions and the industry within the field of automotive systems.*

*Moreover the support of an organized interdisciplinary research belongs in particular to the goals of this association. The creation of a partnership cooperation platform for common research of universities, industry and research institutes, the interdisciplinary education and post-graduate education of highly qualified junior engineers for the automotive industry, the support of the scientific younger generation and the concentration of the interdisciplinary car-technical research activities are the driving forces of the involved institutes.*



Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

## **ERNEUT AUSZEICHNUNG FÜR KASSELER FORSCHER**

An das Jahr 2009 anknüpfend gewann auch im Jahr 2010 ein wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Kassel auf der weltgrößten Fachmesse und Konferenz für Leistungselektronik, der PCIM, den bedeutenden „Best Paper Award“.

Die Arbeit von Herrn Dipl.-Ing. Christian Nöding wurde aus über 150 Fachbeiträgen rund um intelligente Fortbewegung, Energiequalität und Leistungselektronik ausgewählt und schließlich ausgezeichnet. Die Arbeit mit dem Titel „Untersuchung eines 3-phasigen PV Wechselrichters mit Thyristoren und aktiver Leistungsfaktor-Einstellung“ beschäftigte sich hierbei mit der Analyse, Bewertung und Entwicklung eines neuartigen Wechselrichtertyps.

Besonders erfreulich ist, dass mit Herrn Nöding ein Jungingenieur der „Nachwuchsabteilung“ der Universität Kassel den Preis erhalten hat.

Neben der Auszeichnung der Arbeit fliegt Herr Nöding im Juni 2011 für eine Woche nach Shanghai / China, um an der PCIM2011 Asia als Referent teilzunehmen.

Herr Nöding ist seit Oktober 2009 wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias.



Christian Nöding



Christian Nöding (rechts) von der Universität Kassel bei der Übergabe des Awards durch PCIM-Vorsitzenden Prof. Alfred Rufer (links) und PEE-Herausgeber Achim Scharf (Mitte).

*Christian Nöding (right) is handed over the Best Paper Award of the PCIM 2010 by PCIM-chairman Prof. Alfred Rufer (left) and PEE-editor Achim Scharf.*

title

## **AGAIN AWARD FOR RESEARCHER OF THE UNIVERSITY OF KASSEL**

*Following the success in 2009, also in 2010 an employee of the University of Kassel won the “Best Paper Award” of the PCIM, the world largest trade fair and conference on power electronics.*

*The publication of Mr. Dipl.-Ing. Christian Nöding was chosen out of over 150 technical papers on intelligent motion, power quality and power electronics. Mr. Nöding’s paper with the title “Evaluation of a Three-Phase Two-HF-Switch PV Inverter with Thyristor-Interface and Active Power Factor Control” deals with the analysis and development of a novel inverter topology for PV systems.*

*It is especially pleasing that the price was given to Mr. Nöding as a junior engineer who has been working at the institute as a student before.*

*Besides receiving the award, Mr. Nöding was invited to participate in the PCIM Asia in Shanghai, China in June 2011 as a speaker.*

*Mr. Nöding is a member of the scientific research staff of Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias since October 2009.*

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

## KOOPERATIONEN

Das EVS und KDEE entwickeln gemeinsam mit anderen Fachgebieten aus der Universität Kassel heraus zusammen mit dem Fh Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) gerätetechnische Lösungen für die NetzinTEGRATION von Erneuerbaren Energiequellen. Mit dem regionalen Netzwerk „deENet – Energie mit System“ ([www.deenet.org](http://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.

title

## COOPERATIONS

The KDEE, together with the EVS 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 the regional network deENet – Energy with System ([www.deenet.org](http://www.deenet.org)) will be carried out a close cooperation for the transference of scientific-technical results from the University to the region. The already existing long lasting cooperations with SMA Solar Technology AG, e.on | Mitte, AREVA and POLYMA represent the branch of decentralized power supply systems, with Infineon AG and CREE Inc., will be expanded to additional partners.

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, build of scientific tools and transfer of technology.



### 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 von EVS und 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 Fh 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 Deutscher Elektrotechniker (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 and EVS.*

*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 fix member of the Association of German Engineers (VDI), German Association for Electrical, Electronic & Information Technologies (VDE) and the Society of Energy Technology (ETG).*



Federal University of Ceará / Brazil



University of Salerno / Italy



Tomsk Polytechnical University / Russia



Damascus University / Syria



Technological Educational Institute of Crete / Greece



Deutsch-Französisches Forschungsinstitut  
Saint-Louis



Fraunhofer Institut für Windenergie  
und Energiesystemtechnik



European Renewable Energy Research  
Centres Agency

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 arbeiten im Rahmen eines vom IEEE ausgelobten internationalen Wettbewerbs an der Entwicklung eines transformatorlosen Ladesystems für Li-Ionen-Batterien ([www.energychallenge.org](http://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.*

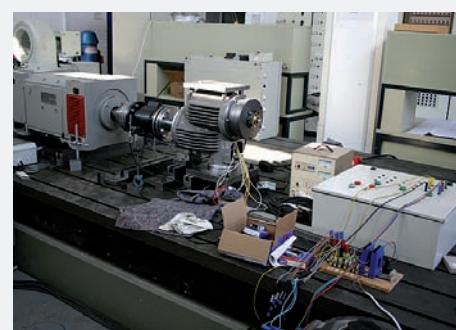
*Outstanding Bachelor students work within an international competition, organized by the IEEE, on the development of a charging transformerless system for Li-ion batteries ([www.energychallenge.org](http://www.energychallenge.org)) and contribute thus to the international networking.*



Hochbandbreitiger Impedanzanalysator  
High Bandwidth impedance analyser



AeroSmart Triebstrang  
AeroSmart Transmission



Leistungshalbleiter  
Prüfstand  
Power Semiconductors Test  
Bench



DeMoTec Halle  
DeMoTec Hall

Ansprechpartner

DR.-ING. BENJAMIN SAHAN

Titel

**LABOR-INFRASTRUKTUR /  
SERVICEANGEBOTE**

title

**LABORATORY INFRASTRUCTURE /  
SERVICE OFFERS FOR INDUSTRY****KDEE-EVS:**

Für die Umsetzung und Verwirklichung von elektronischen Baugruppen ist es unerlässlich, sie unter Laborbedingungen detailliert zu prüfen. Das KDEE 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 Generatortlösungen 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<sub>DC</sub> und einer Leistung von 64 kW
- Dreiphasige Lasten für einen Spannungsbereich 400 V und einer Leistung bis 30 kW.
- Leistungs- und Wirkungsgradmessung / Bewertung mit erhöhter Präzision
- Evaluation von Netzkompatibilität und Auswirkungen 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

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 Energieversorgungs-technologie „DeMoTeC“ mit bis zu 500 kVA
- Akkreditiertes EMV Test-Labor
- Virtuelle Batterie mit ISET-LAB für Untersuchungen an Bleibatterie Performance in realen Energieversorgungssystemen
- Rapid-Prototyping Tools, Hardware-in-the-Loop Simulationen
- Mittelspannungsnetznachbildung
- Batterie-Labor für automatische Tests und Monitoring mit bis zu  $\pm 2000 \text{ A} / 60 \text{ V} \dots \pm 400 \text{ A} / 400 \text{ V}$
- 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 winterconnected energy suppliers 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 structure offer then a great offer of service for industry that means a huge benefit for our co-operation partners.*

**Summary of our infrastructure:**

- Capability for applications until 2000 Vdc voltage and 64 kW power
- 3-Phase load for 400 Vac voltage and 30 kW power
- Power and efficiency measurements and evaluation 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

*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 Centerfor Modular Power Supply Systems Technology DeMoTeC up to 500 kVA
- Accredited EMC Test Laboratory
- Virtual Battery with ISET-LAB to investigate Lead Acid Battery Performance in real Power Supply Systems
- Rapid Prototyping Tools, Hardware in the Loop Simulation
- Medium Voltage Line Simulator
- Battery Laboratory for Automatic Testing and Monitoring up to  $\pm 2000 \text{ A} / 60 \text{ V} \dots \pm 400 \text{ A} / 400 \text{ V}$
- PV Test Labs ~15 kWp and Utilized Hybrid Systems
- DER-LAB

## 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 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.

Die Windenergie hat im Bereich der erneuerbaren Energien für die Elektrizitätsversorgung die größte 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.

Die Technologie der Windkraftanlagen hat sich in den letzten 20 Jahren von einer Anwender- zu einer Leittechnologie entwickelt. Schlüssel-Technologien sind neben der Aerodynamik und dem Maschinenbau insbesondere die Generator- und Umrichtertechnik sowie die netzverträgliche Gestaltung der Komponenten und Gesamtsysteme.

Im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur

- Veränderung der Kurzschlussleistung und Beeinflussung der Netzstabilität,
- Bereitstellung geregelter Kurzschlussleistung durch doppelt gespeiste Asynchrongeneratoren,
- Entwicklung eines magnetisch gelagerten Ringgenerators für 10 MW-Windkraftanlagen
- Energiemodulentwicklung (Synchronmaschine mit Umrichter) für Offshore-Windkraftanlagen und zur
- Offshore-Netzintegration

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**

Institutsleiter

*Director of the institute*

**FOREWORD RESEARCH ACTIVITIES**

The current trend in power technology is characterized by an increasing interaction. This means that system components for different purposes and power levels are being linked to each other and thus expanding the basis for usable and sustainable energy resources. However, these have different characteristics in terms of local distribution and volatility. The most important tasks in this area are advancement of standards for the interaction of system components, the integration of information and communication technology as well as of energy technology components to control the power flow thus stabilizing the grid.

Within the use of renewable energies wind energy has become most important part for the supply of electricity. The expected increase of the amount of renewable energies in the upcoming decades which is predominantly fed into the grid via converters leads to new challenges regarding the electrical network and the consumers.

The technology of wind energy converters has developed within the last 20 years from an application technology towards a key technology. This contains besides aerodynamic and constructional aspects especially generator and converter technology as well as the grid-compatibility of components and systems.

In research and development activities regarding

- the changing of short-circuit power and the influence on the grid stability,
- the provision of 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 and
- offshore grid integration

forward-looking approaches are developed by means of PhD, diploma-, master- and bachelor-theses 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 allow to make a generic use of them. The energy provided by the generator output usually does not comply with the standardised 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. habil. Siegfried Heier**

Leiter Windkrafttechnik

Head of Wind Energy Technology

Ansprechpartner

M.SC. KATHARINA MESSOLL, PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER

Titel

## MAGNETRING – VORENTWICKLUNG EINES MAGNETISCH GELAGERTEN RINGGENERATORS

title

## MAGNETRING – PREDEVELOPMENT OF A RING GENERATOR WITH MAGNET BEARING

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

Die Skalierung bisheriger Generatorkonzepte für den Einsatz in Windenergieanlagen im Offshore-Bereich in den Leistungsbereich von 10 MW führt zu überproportional steigenden Gondelmassen und damit ungünstigen Kostenrelationen. Zudem sinkt die Effizienz des magnetischen Kreises.

Im Projekt „MagnetRing“ wird daher ein permanenterregtes Generatorkonzept für getriebelose Windenergieanlagen im Leistungsbereich von 10 MW erarbeitet. 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.

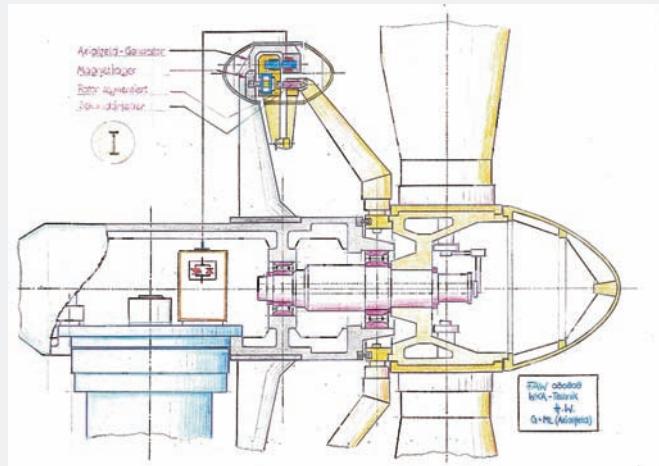
Neben theoretischen Berechnungen und numerischen Simulationen werden zur Verifizierung des Konzepts die im Generator auftretenden Kräfte anhand von drei Magnetkreismodellen messtechnisch untersucht.

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

The scaling of conventional generator concepts for offshore wind energy converters into a range of 10 MW leads to a disproportionate increase of nacelle masses and to an unfavourable relation of costs. Furthermore the efficiency of the magnetic circuit decreases.

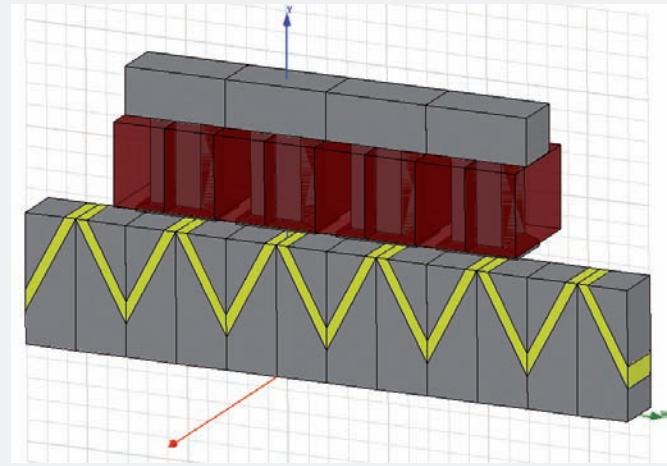
In the "MagnetRing" project a new generator concept with permanent magnet excitation for gearless 10 MW wind turbines is developed. Besides a larger generator diameter of about 20 m a new configuration of the magnetic circuit with a high power density and low masses are characteristic for this concept 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.



Anlagentopologie des neuen Generatorkonzepts

Topology of the new generator concept



Generatortausschnitt zur Simulation

Section of the generator for simulation

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

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER, M.SC. KATHARINA MESSOLL, 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).

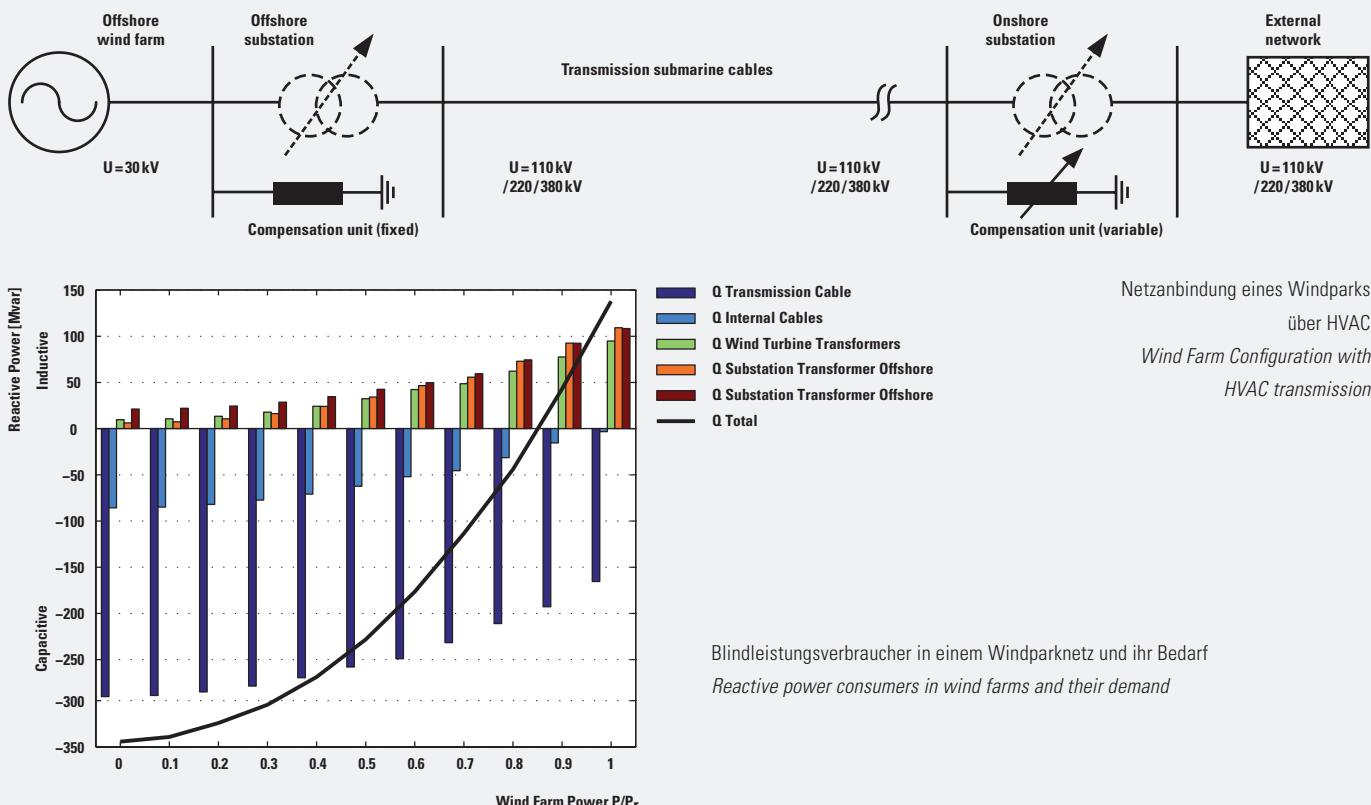
Der Windpark alpha ventus ist über ein 70 km langes Drehstromkabel mit dem Festland verbunden. Charakteristisch für diese Art der Energieübertragung ist der hohe Bedarf an v.a. kapazitiver Blindleistung, der die Installation von induktiven Blindleistungskompensationseinheiten erfordert. In diesem Fall wurden diese durch eine feste, seeseitige 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. 110 kV – mit den entsprechend erforderlichen Kompensationseinrichtungen ebenfalls technisch realisierbar ist. Auch die Anforderungen des Netzbetreibers hinsichtlich Spannung und Blindleistung am Netzanschlusspunkt können zum großen Teil eingehalten werden.

*The aim of the project “Grid integration” within the research initiative RAVE (Research at alpha ventus) is the development of strategies to integrate offshore wind power into the electricity supply system. The focus of the EVS was on analyses regarding the grid connection of alpha ventus as well as of large-scale wind farms of about 1 GW with HVAC (High Voltage AC) technology.*

*Alpha ventus is connected to the shore via a 70km HVAC cable. One characteristic of this kind of transmission is the high amount of capacitive reactive power that requires the installation of inductive reactive power compensation units. In this case the compensation is realized by a fixed offshore and a variable onshore inductor.*

*Regarding large-scale offshore wind farms it could be shown that an HVAC transmission of offshore wind power – at the best on high-voltage level of e.g. 110kV – is technically feasible as well, taking the required compensation equipment into account. Moreover, the grid operator requirements concerning voltage and reactive power at the grid connection point can be ful-filled in a wide range.*



Ansprechpartner

DIPL.-ING. ADIL EZZAHRAOUI, PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER

Titel

**ZIM – ENTWICKLUNG EINES GETRIEBELOSEN ENERGIEMODULS**

title

**ZIM – DEVELOPMENT OF A GEARLESS ENERGY MODULE****ZIM – Entwicklung eines getriebelosen Energiemoduls auf der Basis von Synchronmaschinen für Offshore-Windkraftanlagen**

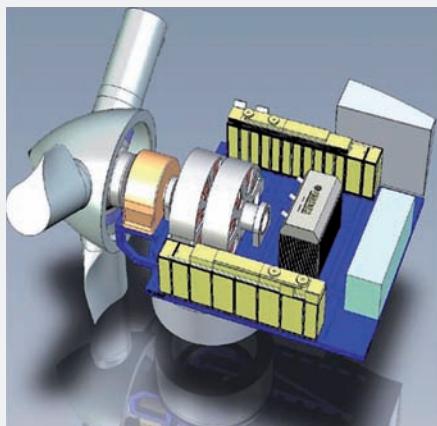
In Bezug auf Zuverlässigkeit, Ausmaße und Effizienz bieten die permanenterregten Synchrongeneratoren (PMSG) eine Menge Vorteile, die im Offshore-Bereich nutzbar gemacht werden können. In diesem Zusammenhang ist die Universität Kassel zusammen mit ihren Partnern dabei, ein Energiemodul für eine getriebelose Offshore-Windkraftanlage im Megawattbereich (bis 7 MW) zu entwickeln.

Die Entwicklung des Energiemoduls erfolgt über zwei Generatoreinheiten, die als niedrig drehende, permanenterregte Synchrongeneratoren eine Leistung von 7 MW erzeugen. Zudem soll das Energiemodul so gestaltet werden, dass die Unterbringung von Generatoren und Umrichtern im Turmkopf unkritisch wird.

**ZIM – Development of a gearless energy module based on synchronous machines for off-shore wind turbines**

The reliability, size and higher efficiency are some benefits of using permanent magnet synchronous generators which can be utilized in wind power applications as an alternative to conventional generators, especially in the offshore area.

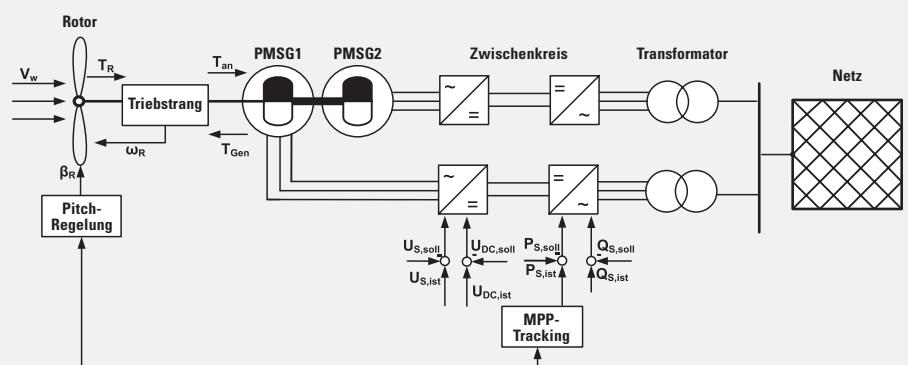
The aim of this project is to develop a gearless offshore wind turbine in the megawatt class (up to 7 MW). By eliminating the gearbox and introducing variable speed control the availability of the system could be advanced and its active weight decreased. This would also reduce the need for maintenance. The development of the energy module occurs by means of two permanent magnet synchronous generators which generate a power of 7 MW at low speed. Furthermore the module should be formed in such a way that the placement of the generators and power converters in the nacelle becomes uncritical.



Konzept einer getriebelosen Windkraftanlage mit Generatoren und Umrichtern im Turmkopf.

*Concept of a gearless wind turbine with generators and converters in the nacelle.*

Regelungssystem einer WKA mit PMSG und Vollumrichtern.  
*Control system of a WT with PMSG and full-scale converters.*



**Projektpartner:** Heldele GmbH, M&P GmbH, Schwämmele GmbH & Co. KG

**Gefördert durch:** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), AIF – Projektträger des BMWi, Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

Ansprechpartner

DIPL.-ING., DIPL. WIRTSCH.-ING. CHRISTOF DZIENDZIOL, DR.-ING. JEAN PATRIC DA COSTA, PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER

Title

## MACHBARKEITSUNTERSUCHUNGEN DURCH ASYNCHRONGENERATOREN

title

## FEASIBILITY STUDY BY INDUCTION GENERATORS

### Machbarkeitsuntersuchungen zur Bereitstellung geregelter Kurzschlussleistung durch doppeltgespeiste Asynchrongeneratoren

Die Machbarkeitsuntersuchung beschäftigt sich mit der Bereitstellung geregelter Kurzschlussleistung durch doppeltgespeiste Asynchrongeneratoren. Die Lieferung höherer Kurzschlussleistung ermöglicht, das elektrische Netz bei Spannungseinbrüchen aktiv zu unterstützen. Während die derzeitigen Netzzanschlussrichtlinien lediglich die Bereitstellung des Nennstroms (der 1-fachen Kurzschlussleistung) verlangen, verfolgt das Projekt das Ziel, durch innovative Regelungskonzepte die Bereitstellung höherer Kurzschlussleistung zu ermöglichen und größere Netzstabilität zu erreichen. Wie die untere Abbildung zeigt, liegt der Hauptteil der Machbarkeitsuntersuchung auf der Anlagenseite, bei dem Generator und dem Umrichter. Durch innovative Lösungsansätze soll die Anlagenregelung optimiert und ggf. neu entwickelt werden, damit die Anlage die größtmögliche, zu realisierende Kurzschlussleistung im gewünschten Fall liefert und dabei das Gesamtsystem stabil bleibt.

Netzsimulator

Grid simulator

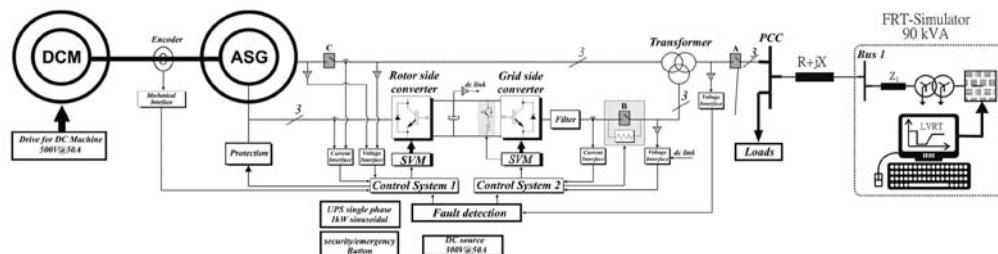
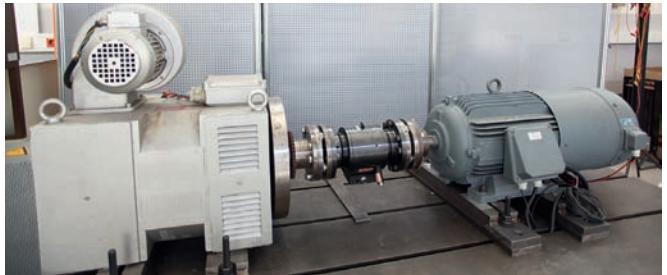


### Feasibility study for provision of regulated short-circuit power by double-fed induction generators

The feasibility study deals with the provision of regulated short-circuit power by double-fed induction generators. The provision respectively the delivery of short-circuit power allows the stabilization of the electrical grid in cases of voltage dips. Whereas the present grid codes demand only the provision of the nominal current (the single short-circuit power) the aim of the project is to provide a higher short-circuit power and achieve higher grid stability by the use of innovative control concepts. As the figure below shows, the main part of the feasibility study focuses on the plant side, specifically on the generator and the converter. Through innovative approaches the control systems are to be optimized and – if necessary – to be newly developed so that the plant is able to deliver the greatest possible short-circuit power when desired and the overall system is kept stable.

Der doppeltgespeiste Asynchrongenerator

The double-fed induction generator



Der Aufbau eines doppeltgespeisten Asynchrongenerators mit netz- und rotorseitigem Umrichter.

The structure of double-fed induction generator with grid- and rotor-side Converter.



Quelle / Source: Agentur für Erneuerbare Energien

Ansprechpartner

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

Titel

## NEUENTWICKLUNG VON SYNCHRONGENERATOR-SYSTEMEN

title

## NOVEL DESIGN OF SYNCHRONOUS GENERATOR SYSTEMS

### Neuentwicklung von bürstenlosen, selbsterregten und selbstgeregelten Synchrongenerator-Systemen

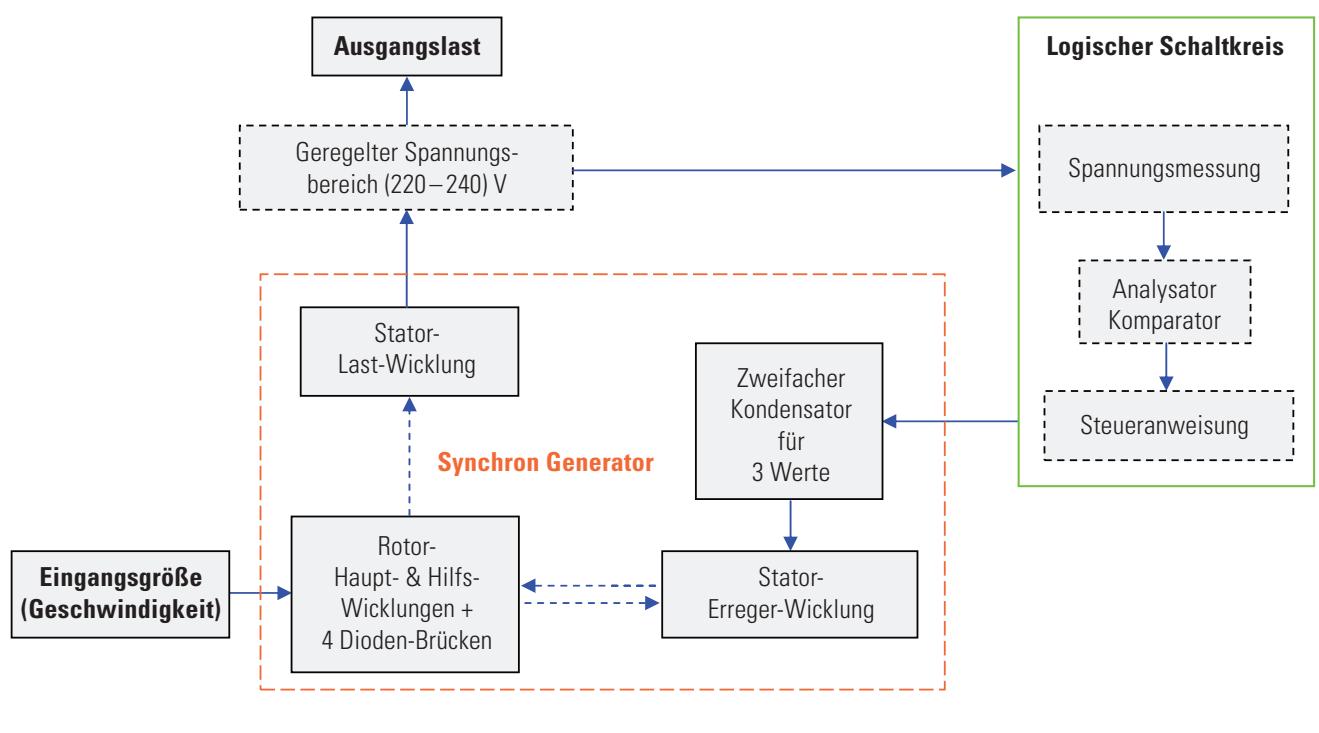
Das Ziel des Projektes ist die eigenständige Regelung der Generatorenspannung bei Last- und / oder Drehzahländerungen für Maschinen im kW- und MW- Leistungsbereich. Dabei soll es möglich sein, die Spannung in beiden Drehrichtungen konstant zu halten. Der Generator kann sowohl im Bereich der erneuerbaren Energien (Wind-/ Wasserkraft) als auch für Dieselgeneratoren eingesetzt werden.

Neu an dem System ist die bürstenlose über vier Wicklungen gespeiste Ausführung des Generators. Dieser kann sowohl mit zwei als auch mit vielen Polen ausgeführt werden. Die Ausgangsspannung ist hierbei selbsterregt und selbstgeregelt. Die Untersuchungen werden an Hand von Finite Elemente Berechnungen sowie mit einem Computer Programm zur Berechnung des magnetischen und elektrischen Verhaltens der Maschine durchgeführt. Darüber hinaus wird ein Prototyp angefertigt, um die rechnerischen Ergebnisse zu verifizieren.

### Novel design of brushless self-excited and self-regulated synchronous generator systems

The project aims to solve the problem of generated voltage regulation against load changes and / or rotational speed variations for machines in the kilowatt and Megawatt power ranges. It also aims to keep the voltage generated in both directions of rotation. This generator can be applied in renewable (Wind/ Hydro) energy systems as well as in diesel generating systems.

The innovation is related to a brushless four-fed wound rotor and stator system. It can be designed in the same basic principle for two-pole or multi-pole machines. The output voltage is self-excited and self-regulated. The research is done by finite element analyses (FEA) together with a computer program to simulate the generator magnetic field and calculate the performance. Moreover, a prototype is designed and in construction for experimental investigations.



Blockdiagramm des vorgeschlagenen bürstenlosen Antriebssystems

Block diagram of the proposed brushless generating system

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

**LEBENSDAUER UND BETRIEBSZUVERLÄSSIGKEIT LEISTUNGSELEKTRONISCHER WANDLER**

title

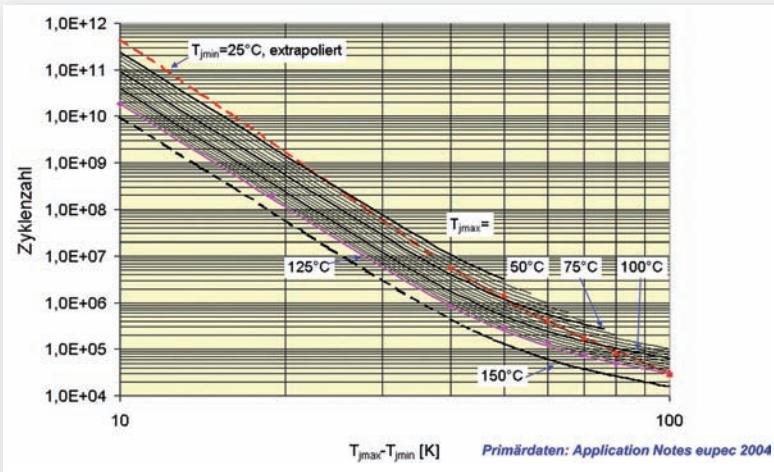
**LIFE TIME AND RELIABILITY OF POWER-ELECTRONIC CONVERTERS**

Energiewandler für die Nutzung erneuerbarer Energiequellen (insbesondere Wind und Sonne) sind – wie andere Anlagen der Energiesversorgungstechnik auch – für eine lange Nutzungsdauer bei geringen Wartungs- und Betriebskosten auszulegen. Nur so lässt sich eine hohe Versorgungssicherheit bei vertretbaren Kosten erreichen.

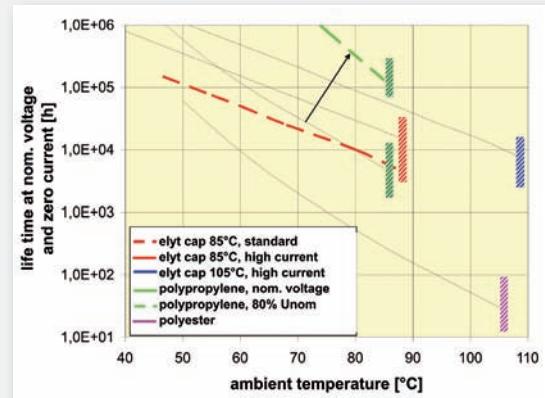
Die Modellierung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit (MTBF, FIT-Raten) mit dem Ziel einer entsprechenden Prognose gewinnt daher zunehmend an Bedeutung. Dabei werden insbesondere die für die FIT-Raten wichtigen Einflussfaktoren Belastungswechsel, Temperaturwechsel, Temperaturniveau sowie Höhenstrahlung in ihrem Einfluss untersucht.

*Energy converters for the use of renewable energy sources (especially wind and sun) are to be designed – as well as other subsystems of the power technology too – for a long-term life with low maintenance costs and operating expenses. This is the only way to achieve a high level of security in power supply at reasonable costs.*

*Hence, the modelling of durability and reliability (MTBF, fit rates) with the purpose of a suitable prediction is of increasing importance. Especially the following factors of influence are important for the fit rates: load change, temperature change, temperature level as well as cosmic radiation are examined concerning their influence.*



Maximale Zyklenzahl bis zum Ausfall der Bonddrähte bei IGBT-Standardmodulen  
Maximum number of power cycles of bond wires at IGBT standard modules



Einfluss des Temperaturniveaus auf Ausfallraten: Lebensdauer von Kondensatoren

Quelle: T. Bülo, B. Sahan, Chr. Nöding, P. Zacharias, "Comparison of three-phase inverter topologies for grid-connected photovoltaic systems", 22<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Milan, September 03–07, 2007

**REFERENZEN**

P. Zacharias, „Zuverlässigkeit Elektrischer und Elektronischer Komponenten in PV-Anlagen“, 25. Symposium Photovoltaische Solarenergie, 3.–5. März 2010, Kloster Banz, Bad Staffelstein

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

## **ENERGIESPEICHER FÜR DEZENTRALE UND MOBILE ENERGIESYSTEME**

In elektrischen Energieversorgungssystemen ohne Speicher müssen Angebot und Nachfrage zu jedem Zeitpunkt ein Gleichgewicht bilden. Dies kann man durch Beeinflussung auf der Angebots- oder der Nachfrageseite, oder ein Management beider Seiten erreichen. Dies stößt – je nach Energiere source und Anwendung – auf Grenzen, welche dann den Einsatz von Speichern interessant machen. Speicher gehören zu den teuersten Investitionsgütern in der Energietechnik, so dass man ihre Größe möglichst gering hält. Dies kann man durch intelligente Systemsteuerung (z. B. durch Tarife, direkte Steuerungseingriffe etc.) oder durch hocheffiziente Wandler für das Speichermanagement erreichen. Insbesondere in mobilen Anwendungen ist die effiziente Energiewandlung zur Systemeinbindung der Speicher wesentlich. Die Dichte der gespeicherten Energie ist vergleichsweise gering (derzeit z. B. maximal 0,22 kWh/kg bei Batterien im Vergleich zu 10 kWh/kg bei Benzin). Das KDEE befasst sich mit der Entwicklung von Energiewandlern zur Einbindung elektrochemischer Speicher in stationäre und mobile Energiesysteme einschließlich elektrischer Fahrzeuge, wie z. B. die Stützung von Bordnetzen durch Superkondensatoren oder die Netzanbindung von Batterien. Jedes Prozent an zusätzlicher Effizienz führt zu einer Vergrößerung der Reichweite oder Einsparung an Speichergewicht und Kosten. Nachfolgendes Bild soll die Problematik, wie sie gerade im mobilen Bereich besteht, veranschaulichen. Wenn man bei Annahme einer konstanten Erdbeschleunigung von 1 g die maximale Hubhöhe errechnet, auf die sich eine Batterie bei einem Wirkungsgrad von 100 % heben könnte, kommt man auf einen Wert, der unabhängig vom Speicher-volumen charakteristisch für eine Batterieart ist.

Ideale maximale Selbst-Hubhöhe für verschiedene Batterietechnologien (Doppelschichtkondensatoren (Supercap) sowie Sekundärelemente basierend auf Blei, Nickel-Cadmium, Nickel-Metall-Hydrid, Lithium-Ionen-Technik, Lithium-Phosphat und Lithium-Polymertechnik) Datenquelle: <http://www.mpoweruk.com/chemistries.htm>

*Ideal maximum self-lift for various battery technologies (double-layer capacitor (Supercap) and secondary elements based on lead Nickel-cadmium, nickel-metal-hydride, lithium-ion technology, lithium-phosphat and lithium-polymer technology)*

*Source: <http://www.mpoweruk.com/chemistries.htm>*

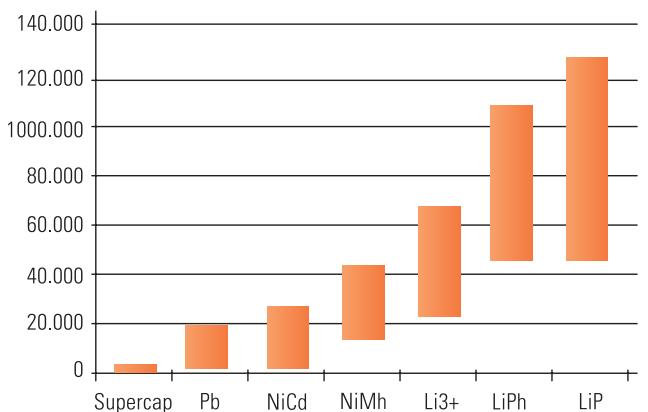


title

## **ENERGY STORAGE FOR DISTRIBUTED AND MOBILE ENERGY APPLICATIONS**

*In electrical power systems without storage supply and demand must form a balance at any time. This can be achieved by influencing the supply or demand side – or by a management of both sides. These methods reach their limits depending on resource and energy use, which will make the use of storage interesting. Storages are among the most expensive capital equipment in the field of energy technology, so that one keeps their size as small as possible. This can be achieved via intelligent system control (e. g. via tariffs, direct control interventions, etc.) or via high-efficiency converters for the storage management. Especially in mobile applications, the efficient energy conversion system for the integration of storage is essential. The density of the stored energy is relatively low at present (for example, currently 0.22 kWh/kg in batteries as compared to 10 kWh/kg in gasoline. The KDEE deals with the development of energy converters to integrate electrochemical storages into stationary and mobile energy systems including electric vehicles, such as the support of board systems with super capacitors, or the grid connection of batteries. Every percentage of extra efficiency leads to an increase of the range or saving storage weight and costs. The following image demonstrates the issues, especially in the mobile sector. When calculating the maximum lift to which a battery could lift itself – assuming a constant gravitational acceleration of 1 g and 100 % efficiency – one gets a characteristic value describing a battery type which does not depend on the storage volume.*

Selbst-Hubhöhe [m]



Leistungselektronischer Wandler für Supercaps

( $U_{max} = 32V$ ,  $I_k = 16kA$ )

*Power electronic converter for supercaps*

( $U_{max} = 32V$ ,  $I_k = 16kA$ )

Ansprechpartner

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

Titel

**ELEKTROMAGNETISCHER SCHIENENBESCHLEUNIGER FÜR SYMMETR. TAYLORTEST**

title

**ELECTROMAGNETIC RAIL ACCELERATOR FOR SYMMETRICAL TAYLOR TESTS**

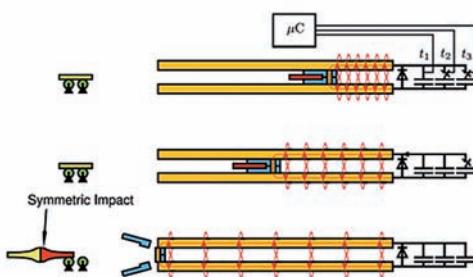
### **Entwicklung eines elektromagnetischen Schienenbeschleunigers für den symmetrischen Taylortest**

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt / Promotionsvorhaben von ISL Saint-Louis, FH Gelsenkirchen und EVS / Uni 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 Schallgeschwindigkeit 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 der Metall verarbeitenden Industrie. Schwerpunkt der Arbeit war die Verringerung der Streuung in der Endgeschwindigkeit zur Sicherung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse durch eine prädictive Steuerung der Leistungszufuhr, die optisch getriggert wird.

### **Development of an electromagnetic rail accelerator for the symmetrical Taylor test**

*In a common research project of ISL Saint-Louis, FH Gelsenkirchen and EVS/University of Kassel an electromagnetic rail accelerator has been developed as a pre-condition for basic research the high-speed metal forming. Small cylindrical material probes of similar type are accelerated close to the speed of sound or above and "shot" onto each other in order to be able to examine the distortion dynamism with high-speed cameras. Applications of the knowledge 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 which is optically triggered. The PhD thesis is being prepared.*

Experimental Setup



Prinzip des Taylor Tests  
Principle of the Taylor Test



Testergebnisse  
Test results

Prinzip eines elektromagnetischen Schienenbeschleunigers. Quelle: T. Siaenen  
Principle of an electromagnetic rail accelerator. Source: T. Siaenen

### REFERENZEN

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

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

**STROMRICHTER FÜR ELEKTROFAHRZEUGE**

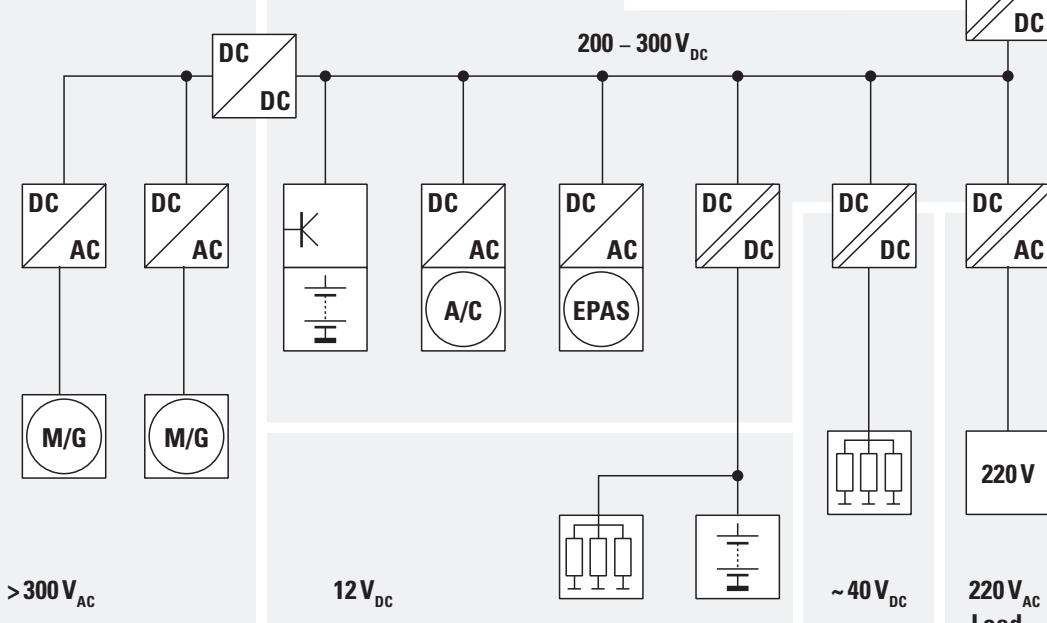
title

**POWER CONVERTERS FOR ELECTRIC CARS**

Die leistungselektronischen Wandler nehmen einen immer größeren Anteil in der Ausrüstung von Fahrzeugen ein. Dieser seit langem zu beobachtende Trend wird durch die Einführung von Hybridfahrzeugen und reinen Elektrofahrzeugen wesentlich im oberen Leistungsbereich der Stromrichter verstärkt. Hier arbeiten insbesondere die Fachgebiete Fahrzeugsysteme / Prof. Brabetz und EVS / Prof. Zacharias im Forschungsverbund Fahrzeugsysteme (FAST) eng zusammen. Auf absehbare Zeit wird bei reinen Elektrofahrzeugen die elektro-chemische Batterie ggfs. gefolgt durch Brennstoffzellen die elektrische Energie für die Fortbewegung und die Hilfsfunktionen im Fahrzeug bereitstellen. Eine Übertragung der elektrischen Energie während der Fahrt ist nur unter besonderen Randbedingungen (z. B. Flurförderfahrzeuge, ÖPNV, öffentliche Dienstleistung etc.) sinnvoll.

The power electronic converters take over an increasing share in the equipment of vehicles. This trend, which could already be observed for a long time, is now strengthened - especially in the upper power range of converters – by the introduction of hybrid vehicles and electric vehicles. Here work together in particular the chairs of Car Systems / Prof. Brabetz and EVS / Prof. Zacharias within the Research Association of Car Systems. For a foreseeable time the electro-chemical battery, may be followed by fuel cells, will provide electric vehicles with the electric energy for the driving and the auxiliary functions inside the vehicle. A transfer of the electric energy during travelling/movement is only of sense under special constraints (e.g., hall conveyor vehicles, public transportation, public services etc.).

Die Funktionsblöcke werden nur in seltenen Fällen auch als Komponente realisiert, in der Regel erfolgt funktionale und mechatronische Integration.



Beispiel für eine Elektrikarchitektur in einem Fahrzeug. Quelle: Prof. L. Brabetz  
Example of a concept of an electrical power supply of a car. Source: Prof. L. Brabetz

**REFERENZEN**

P. Zacharias, L. Brabetz: Stromrichter für Elektrofahrzeuge. 15. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik 2010

Ansprechpartner

DR.-ING. VLADIMIR SCARPA, DR.-ING. BENJAMIN SAHAN

Titel

## **ENTWICKLUNG HOCHEFFIZIENTER KONVERTER FÜR ERNEUERBARE ENERGIEQUELLEN**

title

## **DEVELOPMENT OF HIGHLY EFFICIENT POWER CONVERTERS FOR RENEWABLE SOURCES**

### **Entwicklung hocheffizienter kostenoptimierter leistungselektronischer Konverter für erneuerbare Energiequellen und dezentrale Energieeinspeiser**

Der rasante Anstieg der Nutzung von Solarstrom hat eine Vielzahl von leistungselektronischen Topologien stimuliert, die auf die Besonderheiten dieser Applikation zugeschnitten sind. Zielstellungen sind neben der reinen Wirkleistungseinspeisung auch die Integration zusätzlicher Funktionalitäten wie beispielsweise die Stabilisierung des Netzes durch Blindstrom oder die trafolose Erdung von PV-Modulen. Wesentliche Ziele bei der Entwicklung sind dabei die Verringerung der gesamten Systemkosten und das Erreichen eines Höchstmaßes an Kompaktheit auf höchstem Wirkungsgradniveau.

Das KDEE befasst sich neben den wissenschaftlichen Grundlagen von Wandlertopologien und Regelungsarchitekturen mit der Gestaltung magnetischer Bauelemente und der Erarbeitung von Lösungen mit den neuesten Halbleiterbauelementen (Si, SiC, GaN, ESBT, JFET).

**Development of highly efficient, cost-optimised power converters for renewable sources of energy and decentralised grid-connected systems**

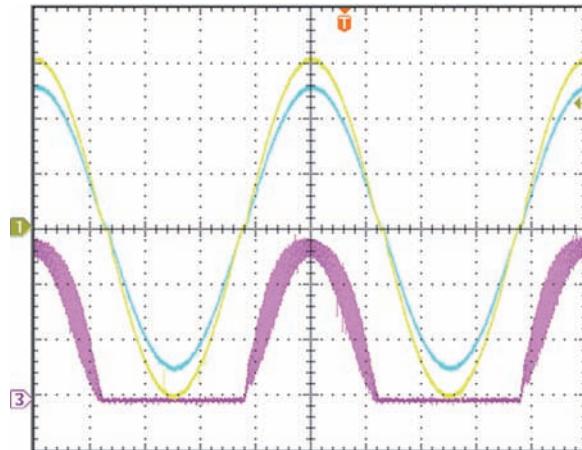
The rapid increase in the use of solar energy has stimulated a great number of power converter topologies, which are suitable for the particularities of this application. Main goals are, besides injection of pure active power to the grid, the integration of additional functionalities such as the stabilization of the grid through reactive power or transformerless grounding of the photovoltaic modules. Substantial aims are the reduction of the system costs together with maximum compactness and highest efficiency.

Besides basic principles of converter topologies and control architectures, the KDEE focuses on the design of magnetic components and the development of solutions with the latest semiconductor devices (Si, SiC, GaN, ESBT, JFET).



Prototyp eines Wechselrichters zur Netzeinspeisung

*Prototyp of an inverter for grid feed-in*



Strom- und Spannungskurvenform bei Netzeinspeisung

*Current and voltage waveforms while feeding into the grid*

### **Gefördert durch: Industriepartner**

#### **REFERENZEN**

- 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.
- 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.
- 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.

Ansprechpartner

DIPL.-ING. THOMAS KIRSTEIN, DR.-ING. BENJAMIN SAHAN

Titel

## LEISTUNGSELEKTRONISCHE WANDLER FÜR AUTOMOTIVE APPLIKATIONEN

title

## POWER ELECTRONIC SYSTEMS FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS

Elektromobile haben das Potenzial, bei entsprechender Verbreitung, in der Zukunft auch die Funktion verteilter Speicher zur Stabilisierung der Versorgungsnetze zu übernehmen. Für die Beschleunigung der Durchsetzung dieser Technik ist es neben den Kosten von großer Bedeutung, dass die Komponenten minimale Masse bei maximaler Effizienz aufweisen, um den Speicher so klein wie möglich halten zu können, bzw. die Reichweite des Fahrzeugs zu maximieren.

### Im Bereich Automotive Applikationen befasst sich das KDEE im Rahmen des Forschungsverbundes Fahrzeugsysteme (FAST) mit leistungselektronischen Wandlern für:

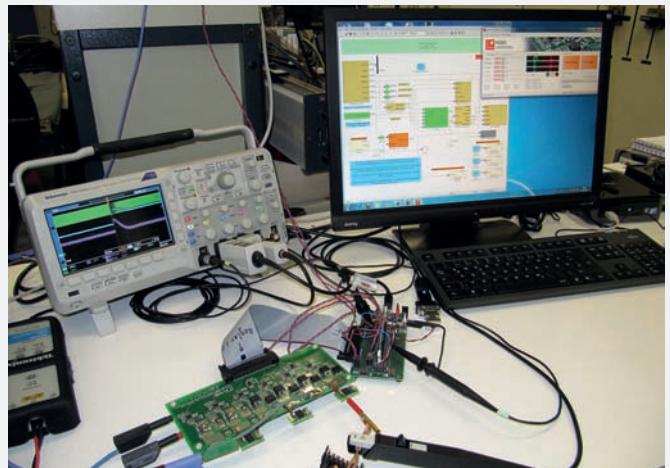
- Einbindung von Speichern in Netze (DC oder AC)
- Lade- und Entladegeräte
- Prinziplösungen für Konverter
- Neue Topologien
- Konverter für Spezialmaschinen
- Hocheffiziente Wandler („Weltrekord“ 2008 ISET, UniK, SMA: 99 % Wechselrichter-Wirkungsgrad)
- Hochtemperatur-Elektronik/ Silizium-Karbid (SiC)
- EMV gerechte Lösungen für Leistungselektronik-Batterie-Systeme
- Bidirektionale trafolose Wandler für hohe Spannungs-Übersetzungsverhältnisse (DC-DC, DC-AC)
- Kontaktlose Energieübertragung.

*Electric vehicles with their batteries have the potential to work as distributed storages for the stabilization of electric power grids in the near future. To accelerate the implementation of this technology it is crucial to minimise the costs and weight of the battery system and the electric drive train and maximise its efficiency. In this way the range of the vehicle will be extended.*

**Power electronic topics within the area of automotive applications that are being addressed at the KDEE as part of the “Forschungsverbund Fahrzeugsysteme (FAST)” include:**

- Integration of storage units in grids (DC or AC)
- Charging and feed-in units
- Principal solutions for power electronic converters
- New topologies
- Converter for special machines
- Ultra-high efficiency inverters (“World record” 2008 ISET, UniK, SMA: 99% inverter efficiency)
- High temperature electronics/Silicon-carbide (SiC)
- EMC for power electronics/battery system
- Bidirectional transformerless converters for high voltage gain (DC-DC, DC-AC)
- Contactless energy transmission

Experimentierumgebung für  
leistungselektronische Spezialkonverter  
im Automotivbereich  
*Experimental setup for development of  
special converter in automotive  
applications*



**Gefördert durch: Industriepartner**

### REFERENZEN

- P. Zacharias, L. Brabetz, „Stromrichter für Elektrofahrzeuge“ 15. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik Erneuerbare Energien, Kassel, 2010
- L. Brabetz, M. Ayeb, P. Zacharias, „Leistungselektronik in der Fahrzeugarchitektur“ E-MOTIVE Expertenforum „Elektrische Fahrzeugantriebe“ 09./10.09.2009 in Hannover
- P. Zacharias, „Randbedingungen und technische Konzepte für die netzkoppelte Ladung und Entladung von Batterien in Fahrzeugen“ Braunschweiger Symposium Elektrische Leistungsboardnetze und Komponenten in Straßenfahrzeugen (ELKS)

Ansprechpartner

DR.-ING. JEAN PATRIC DA COSTA , DIPLO.-ING. WOLFRAM KRUSCHEL

Titel

## AKTIVE, INTELLIGENTE NIEDERSPANNUNGSNETZE

title

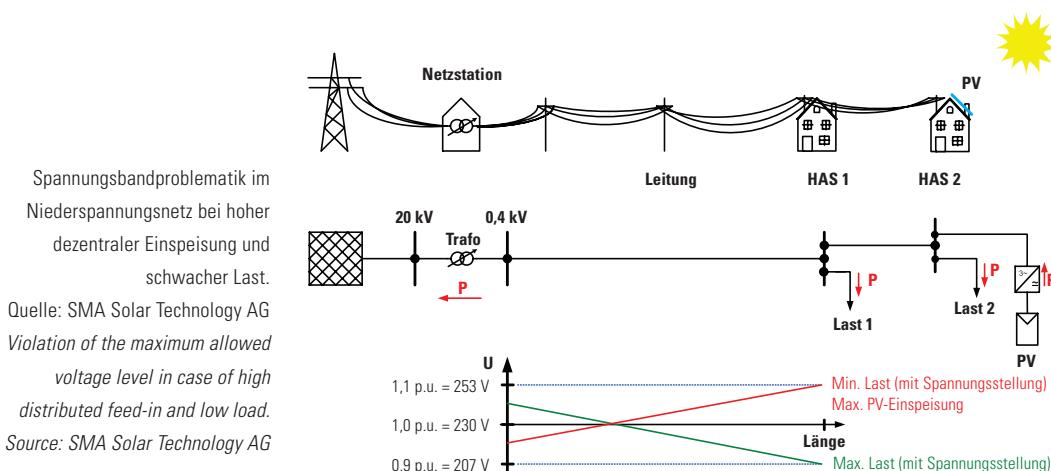
## ACTIVE, INTELLIGENT LOW VOLTAGE GRIDS

Bei großen Anteilen dezentraler Einspeisung in das Niederspannungsnetz kann es – insbesondere in ländlichen Regionen mit z. B. großem PV-Anteil, geringer Last und langen Netzausläufen – zu einer Lastflussumkehr bis hin zur Rückspeisung in das überlagerte Mittelspannungsnetz kommen. Damit auch in diesem Falle die Spannungsgrenzen nach EN 50160 eingehalten werden und gleichzeitig ohne teuren Netzausbau die Netzkapazitäten bestmöglich ausgenutzt werden, müssen die Netzspannungen dynamisch geregelt werden können.

Ziel dieses Projektes ist es daher, eine technisch zuverlässige, kostengünstige und einfach implementierbare Lösung zu entwickeln, die solch einen aktiven und intelligenten Betrieb des Niederspannungsnetzes ermöglicht, und dadurch den schnellen und wirtschaftlichen Anschluss von zusätzlichen PV-Anlagen und anderen dezentralen Einspeisern erlaubt. Der Schwerpunkt des KDEE bei diesem durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projekt liegt auf der Entwicklung von Lösungsansätzen für eine flexible Regelung der Ausgangsspannung der Ortsnetzstation sowie auf der Entwicklung neuer Funktionen und Verfahren für eine dezentrale Netzbeeinflussung.

*The experience gained with the integration of distributed generators into the distribution network shows that an increasing penetration may have a significant impact on the power system in terms of voltage profile, dynamic and steady-state operation, reliability, and power quality. The classical voltage regulation in practice is based on a one-way power flow and therefore almost all existing voltage regulators are equipped with line drop compensation only. However, the connection of e. g. large PV generation systems, especially in rural areas, might result in a reversed power flow and a high voltage fluctuation during the day.*

*Therefore, one of the main purposes of the active intelligent low voltage grids project is to develop the necessary equipment for keeping the level of the voltage supplied to the customers in accordance with the standard EN 50160. The aim of the project, which is funded by the German federal ministry for the environment, nature conservation and nuclear safety, is to allow a fast and economical integration of additional distributed generators – e. g. PV systems – into the distribution grid without expensive network upgrades. In this project, the focus of the KDEE is on the development of methods and equipment for a flexible control of the output voltage of the substation and on the development of new approaches and procedures for a distributed network control.*



Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
(Förderkennzeichen 0325202)

Projektpartner: SMA Solar Technology AG, J. Schneider Elektrotechnik GmbH, e.on | Mitte, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, KDEE

### REFERENZEN

- P. Zacharias, "Decentralised Energy Distribution", 13<sup>th</sup> International European Power Electronics Conference and Exhibition, Barcelona, Spain, September 2009 (invited)
- P. Zacharias, „Beiträge zur Netzregelung durch dezentrale Energieerzeugungsanlagen“, Internationaler ETG-Kongress, Düsseldorf, Oktober 2009
- P. Zacharias, "Power Quality: Impact of Distributed Generation and Future Network Structure", Power Quality Symposium TU Eindhoven, May 2007

Ansprechpartner

M.SC. SAMUEL ARAÚJO

Titel

## POTENZIALANALYSE ZUR NUTZUNG VON WIDE BAND GAP BAUELEMENTEN IN ERNEU- ERBAREN ENERGIESYSTEMEN

Halbleiterbauelemente basierend auf Silizium-Carbid und Gallium-Nitride bieten hervorragende Eigenschaften bei höheren Sperrspannungen wie sehr schnelles Schaltverhalten und Betrieb bei erhöhten Temperaturen. Solche Merkmale ermöglichen eine deutliche Erhöhung der Schaltfrequenz und infolgedessen die Senkung der spezifischen Kosten von leistungselektronischen Wandlern.

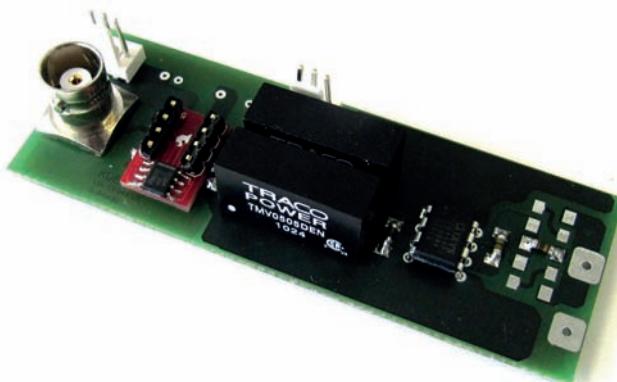
Im Rahmen eines ECPE-finanzierten Projekts werden die technischen und wirtschaftlichen Potenziale mit Fokus auf die Applikation in erneuerbaren Energiesystemen untersucht. Praktische Laborversuche sind in zwei Blöcken aufgeteilt. Zuerst findet die Analyse der Schaltereigenschaften in einer Kommutierungszeile statt und dann werden die ermittelten Potenziale anhand des Aufbaus von ausgewählten Topologien wie Wechselrichter und DC-DC Wandler nachgewiesen.

title

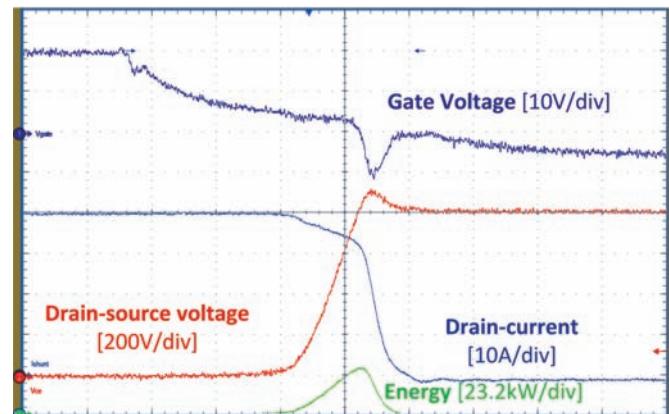
## ANALYSIS OF THE POTENTIAL FROM WIDE BAND GAP POWER DEVICES IN RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

*Semiconductor devices based on silicon carbide and gallium nitride offer outstanding characteristics at high blocking voltages 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.*

*Within the framework of ECPE-financed project, the technical and economical potential of the referred technologies will be investigated with focus on the application on renewable energy systems. Experimental investigation will be divided in two blocks. The analysis of the device characteristics will be firstly investigated in a commutation cell and then the potential will be asserted by means of the construction of selected topologies.*



Universeller Treiber zur Ansteuerung der Schalter  
Universal driver for controlling the switches



Ausschaltvorgang SiC-Schalter bei 800 V, 150 °C, 50 ns / div  
Switching off SiC device at 800 V, 150 °C, 50 ns / div

Gefördert durch: European Center for Power Electronics (ECPE)



### REFERENZEN

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

Ansprechpartner

DIPL.-ING. WOLFRAM KRUSCHEL

Titel

## **ENTWICKLUNG EINES LADEGERÄTS FÜR LI-IONEN BATTERIEN**

title

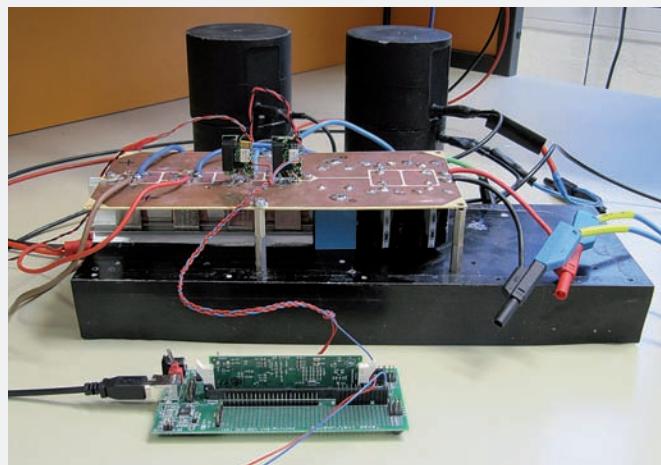
## **DEVELOPMENT OF A LI-ION BATTERY CHARGER**

### **Entwicklung eines kompakten und effizienten Ladegeräts für Li-Ionen Batterien**

Elektrische Speichersysteme wie z.B. Li-Ionen Batterien spielen eine Schlüsselrolle für die Elektromobilität sowie bei der Realisierung einer stabilen zukünftigen elektrischen Energieversorgung mit einem hohen Anteil an fluktuierenden Erzeugern. Im Rahmen des vom IEEE ausgerichteten „International Future Energy Challenge 2011 (IFEC)“, entwickelt ein Team von vier Studenten am KDEE ein für die Netzkopplung einer solchen DC-Quelle benötigtes Ladegerät.

Die Anforderungen gemäß der Ausschreibung des studentischen Wettbewerbs sehen u.a. eine minimale Ausgangsleistung von 3 kW bei einer Nennausgangsspannung von 365 V vor, wobei der Betrieb des Ladegeräts mit einer Eingangsspannung von sowohl 110 V als auch 220 V möglich sein muss. Weiterhin ist ein Leistungsfaktor größer 0,98 und ein Wirkungsgrad von mindestens 96 % im Nennarbeitspunkt gefordert.

Das Schaltungskonzept des einphasigen Ladegeräts besteht aus einem gesteuerten Gleichrichter mit Power Factor Correction (PFC), sowie einem Tiefsetzsteller zum Anpassen der Zwischenkreisspannung an die jeweils benötigte Batteriespannung.



Laboraufbau der PFC-Einheit

*Experimental setup of the PFC-Unit*

### **Development of a compact and efficient Li-Ion battery charger**

*Electrical energy storage technologies such as Li-Ion batteries will play a key role in realizing a stable future electrical power supply and electric mobility. A battery charger that is required for connecting such a dc source to the grid is being developed at the KDEE by a student team according to the requirements of the 2011 IEEE International Future Energy Challenge (IFEC).*

*The requirements that have to be achieved by the charger include a dual input capability of 110 V and 220 V, a nominal output voltage of 365 V, a minimum output power of 3 kW at nominal voltage, a power factor above 0.98, and an efficiency of at least 96 % at nominal output.*

*The single-phase battery charging system consists of an ac-dc rectifier with power factor correction (PFC) and a dc-dc converter for adjusting the dc-link voltage to the battery voltage.*



KDEE-Team IEEE IFEC

*IEEE IFEC student team Kassel*

Ansprechpartner

DR.-ING. BENJAMIN SAHAN

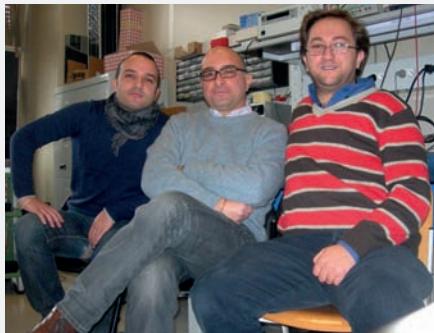
Titel

**UNTERSUCHUNG MODULINTEGRIERTER  
PV-WECHSELRICHTER – VIGONI****Untersuchung modulintegrierter PV-Wechselrichter im Rahmen  
des Deutsch-Italienischen Kooperationsprogramms Vigoni**

Die internationale universitäre Vernetzung gewinnt zunehmend an Bedeutung. Auf dem Gebiet der Ertragsoptimierung (MPP-Tracking) und der Regelung von Photovoltaik-Generatoren arbeitet an der Universität Salerno um Prof. Giovanni Spagnuolo und Prof. Giovanni Petrone eine der europaweit führenden Gruppen.

Im Rahmen des Deutsch-Italienischen Kooperationsprogramms Vigoni wurde seit 2009 ein Austausch von Wissenschaftlern der beiden Universitäten gestartet. Als Leitthema befasst sich das Vorhaben mit der Untersuchung von modulintegrierten PV-Wechselrichtern, wobei sich hier die Kompetenzen der beiden Gruppen ideal ergänzen.

Die Aufgabe besteht u.a. darin, gezielt aufeinander abgestimmte Wandlerstufen zu entwickeln und mit einer speziellen Regelungsarchitektur so zu verbinden, dass ein optimaler Wirkungsgrad bei gleichzeitig hoher Zuverlässigkeit der Komponenten erreicht werden kann. Ein Demonstrator als Ergebnis der Zusammenführung von Teilentwicklungen in beiden Gruppen ist zur Zeit in Vorbereitung. Die Ergebnisse der Kooperation wurden u.a. auf einem Symposium des IEEE 2009 in Salerno und der internationalen Hannover Messe 2010 vorgestellt.



Links: Forschungsgruppe PV Universität Salerno (von links: Emilio E. Mamarelis, Prof. Giovanni Spagnuolo, Prof. Giovanni Petrone) / University of Salerno Research Group  
Mitte: Laborarbeiten an der Universität Salerno / Center: Working in the lab of University Salerno

Rechts: Präsentation des Vigoni-Programms auf der Hannover Messe mit Prof. Giovanni Petrone und Dr. Benjamin Sahan / Right: Presentation of the Vigoni-Program at the Hannover fair with Prof. Giovanni Petrone and Dr. Benjamin Sahan

**Gefördert durch: Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD), Ateneo Italo-Tedesco**

**REFERENZEN**

- E. Mamarelis, G. Petrone, B. Sahan, G. Lempidis, G. Spagnuolo, P. Zacharias, "What is the best dc/dc converter for an AC module? Experimental analysis of two enchanting solutions" Submitted to
- 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

Ansprechpartner  
DR.-ING. BENJAMIN SAHAN

Titel

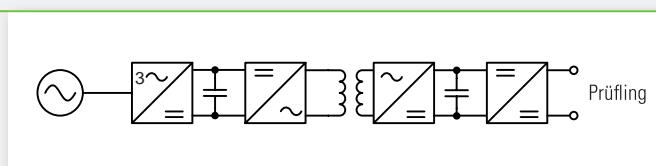
## **ENTWICKLUNG EINER ELEKTRONISCHEN QUELLE / LAST**

Das KDEE entwickelt für den Eigenbedarf eine elektronische Gleichstromquelle/Last. Diese kann z. B. für das Testen von Solar-Wechselrichtern, Batterieladegeräten, unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) u.v.m. eingesetzt werden oder als Batterienachbildung in Elektro- und Hybridfahrzeugen dienen.

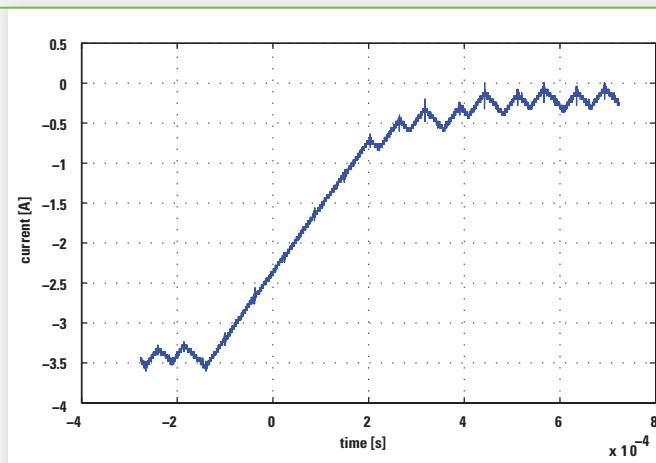
Dabei sind zwei Varianten in Entwicklung. Eine Variante verfügt über einen hohen Spannungsbereich bis 1500 V. Eine zweite Variante zielt speziell auf das Anwendungsgebiet von Elektrotraktionsantrieben bei 600 V und ca. 90 kW.

Als Schaltungskonzept wurde eine mehrstufige, modulare Topologie gewählt, die aufgrund des Hochfrequenz-Tranformators hohe Effizienz und geringes Bauvolumen ermöglicht. Der gemessene Wirkungsgrad der DC-DC Stufe beträgt unter Volllast über 95 %.

Eine Zielstellung ist auch eine möglichst hohe Dynamik zu erreichen. Dem wird durch die Implementierung einer Zustandsregelung Rechnung getragen. Durch die Implementierung verschiedener Betriebsarten können zahlreiche Einsatzfelder abgedeckt werden.

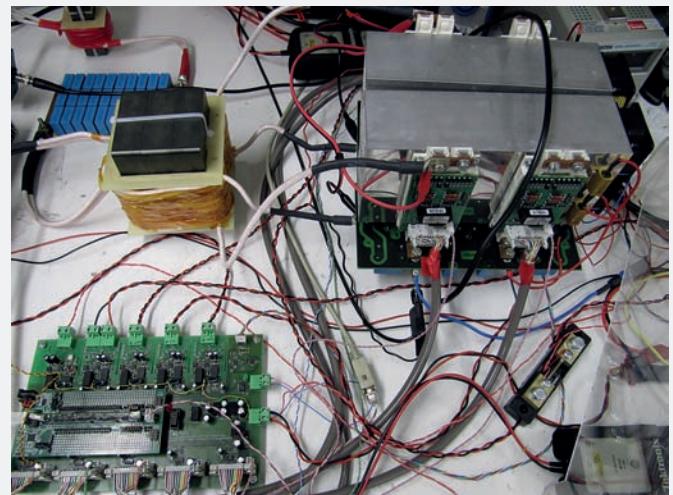


Schaltungskonzept  
*Circuit concept*



Stromkurvenverlauf bei einem Lastsprung  
*Current waveform at load variation*

*title*  
**DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC SOURCE / LOAD**



Versuchsstand für die elektronische Quelle / Last  
*Laboratory setup for the electronic load/source*

*KDEE is developing for its own needs an electronic source /load. This can be used to test Solar-inverters, battery chargers, UPS and many more or it can serve as a battery emulator in electric and hybrid vehicles.*

*Two variants are under development. One device has a large voltage range up to 1500 V. The other device has up to 600 V, 90 kW and is specially tailored for Electric vehicles. The topology is a modular multi-stage approach and the high frequency transformer enables high efficiency at small size.*

*The measured efficiency of the dc-dc stage is more than 95 %.*

*Among others a major target is to reach a high dynamic performance. This can be achieved by a state control. By implementing different operating modes a wide range of application fields can be covered.*

Ansprechpartner  
M.SC. SAMUEL ARAÚJO

Titel

## 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 1300 V und 60A innerhalb eines Temperaturbereiches von -40 bis 200 °C und mit Kommutierungstransienten über 50 kV /  $\mu$ s und 5 kA /  $\mu$ s möglich.

Weitere Testpunkte beinhalten die Ansteuerung und die Durchbruch-Charakterisierung 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

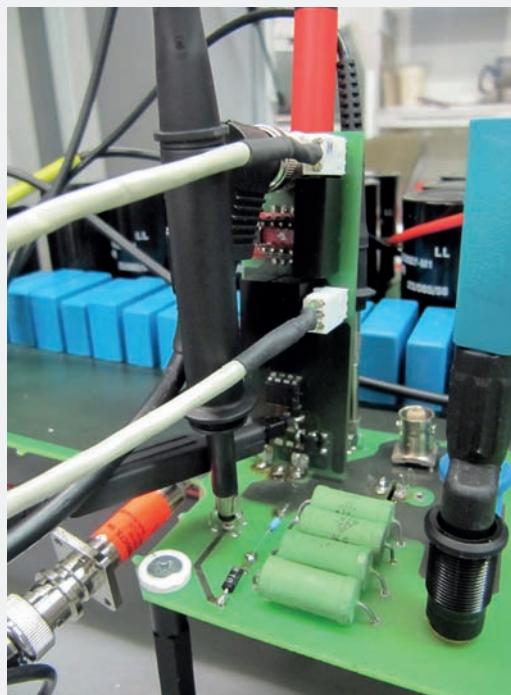
*title*  
**TEST BENCH FOR POWER ELECTRONICS**  
**SEMICONDUCTOR DEVICES**

*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 1300 V and 60 A with temperatures in the range between -40 to 200 °C, with switching transients exceeding 50 kV/  $\mu$ s and 5 kA/  $\mu$ s.*

*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.*



Messung bei extremen Temperaturen  
Measurement at extreme Temperatures



Testen in der Kommutierungszelle  
Tests in the Commutation Cell

Ansprechpartner

M.SC. SAMUEL ARAÚJO, DIPLO.-ING. THIEMO KLEEB

Titel

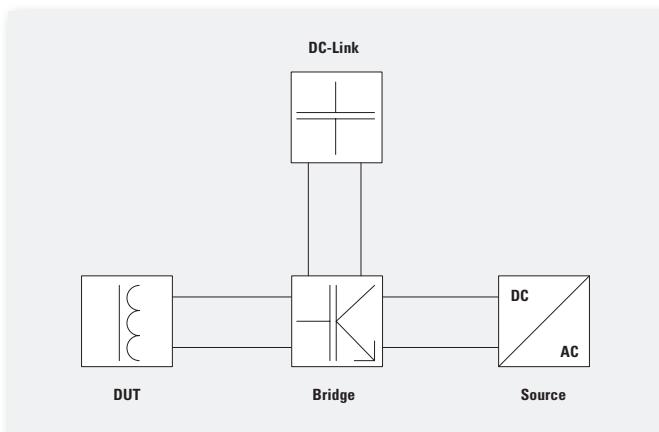
## **ENTWICKLUNG EINES DROSSEL- PRÜFSTANDES**

Der Prüfstand soll der Verlustmessung von AC- und DC-Drosseln dienen und wird derzeit als internes KDEE-Projekt entwickelt. Drosseln werden als Energiespeicher oder Gegentaktfilter eingesetzt und gehören zu den grundlegendsten Elementen in leistungselektronischen Schaltungen. Wegen der Bestrebung immer höhere Wirkungsgrade zu erreichen, besteht auch ein großes Interesse darin, die Verluste von magnetischen Komponenten zu verringern.

In diesem Zusammenhang soll der Prüfstand helfen, Drosseln hinsichtlich der Verluste zu charakterisieren und zu optimieren, um das Erreichen höherer Wirkungsgrade zu ermöglichen. Eine vollständige Automatisierung des Prüfablaufs soll den Aufwand und die Prüfzeiten signifikant verringern. Weiterhin sollen große Frequenz- und Leistungsbereiche abgedeckt werden, um Drosseln für ein breites Spektrum von Applikationen prüfen zu können. Der Prüfstand soll daher Ströme mit variabler Amplitude und Frequenz erzeugen, wobei mindestens die folgenden Eckbetriebspunkte abgedeckt werden sollen:

- max. 200 A bei 16 kHz
- max. 60 A bei 50 kHz

Dabei wird versucht, höchste Genauigkeit bei möglichst kleinen Messzeiten zu erreichen.



Schaltungskonzept des Prüfstands

Topology of the test plant

title

## **DEVELOPMENT OF A TEST PLANT FOR CHOKES**

*The test plant will be used for loss measurements of AC and DC chokes and is being currently developed under an internal KDEE project. These chokes, operating either as storage or differential-mode filter elements, are one of the basic components of power electronics circuits. Given the importance of obtaining a high level of efficiency, it also becomes an increasing interest to reduce the losses of magnetic components.*

*In this context, the test plant will support the design optimization of the referred elements by means of characterization of the losses, enabling the achievement of higher efficiency values. Full automation of the test sequences will significantly reduce the effort and testing time. Furthermore a large frequency and power range will be covered in order to test chokes for a broad spectrum of applications. The test plant will be able to inject current with variable amplitude and frequency in order to cover at least the following operating points:*

- max. 200 A at 16 kHz
- max. 60 A at 50 kHz

*Thereby the objective is to achieve highest accuracy with lowest possible measurement period.*



Speicherdrossel für leistungselektronischen Wandler  
Inductor/choke for power electronic converter

Ansprechpartner

DR.-ING. BENJAMIN SAHAN

Titel

## NETZINTEGRATION VON BLOCKHEIZKRAFTWERKEN

Blockheizkraftwerke verfügen über eine hohe Brennstoffausnutzung und können zukünftig einen wichtigen Beitrag für die Stabilität und Effizienz der Energieversorgungsnetze leisten.

BHKWs sind prinzipiell in der Lage die Schwankungen regenerativer Stromerzeuger dezentral auszugleichen. Um schnell und flexibel auf die relativ starren Anforderungen der Übertragungsnetze reagieren zu können, empfiehlt sich ein drehzahlvariabler Betrieb. Dieser kann durch den Einsatz von leistungselektronischen Stellgliedern ermöglicht werden. Daraus ergeben sich folgende Systemvorteile:

- Erhöhung des Teillastwirkungsgrades
- Optimale Auslegung von Motor-Generatorsystem
- Einsatz von innovativen Generatortechnologien (z. B. Permanenterregt)
- Kein mechanisches Getriebe (bei hochtourigen Turbinen)
- Geringere Geräusch- und Abgasemissionen
- Reduktion der elektro-mechanischen Belastung, v. a. bei Netzfehlern (Fault-Ride-Through)
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung
- Verbesserung der Power Quality (z. B. Oberschwingungskompensation, Schieflast)

Als zukünftige Arbeitsschwerpunkte des KDEE ergeben sich daraus das Energiemanagement und die Betriebsführung dezentraler Generatoren sowohl als einzelne Einheiten, als auch im Verbund. Beim Leistungselektronik-Generatorsystem liegt die Kompetenz des KDEE neben dem Systemdesign auf der langjährlichen Erfahrung in der Wirkungsgrad-Kosten-Optimierung.

title

## GRID INTEGRATION OF DISTRIBUTED CHP UNITS

*Block heating stations allows a high utilization of fuel and provide an important contribution to stability and efficiency of the future power grid.*

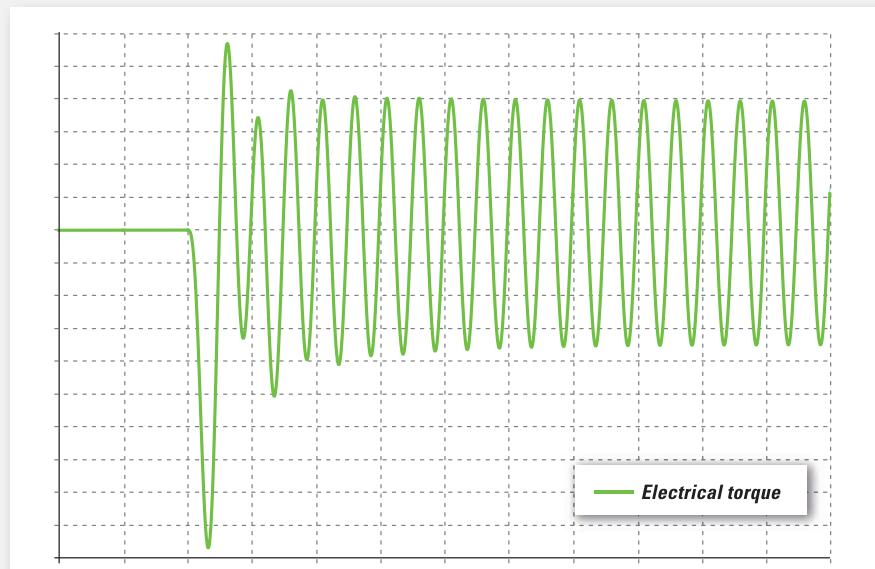
*As a matter of principle these devices are able to balance fluctuations of renewable generators locally. To react fast and flexible to the relatively fixed requirements of the transmission grid a speed variable operation is recommended. Using power electronic systems, such a mode of operation is possible and following benefits can be reached:*

- *Boost of the partial load efficiency*
- *Optimized design of the motor-generator-system*
- *Use of innovative generator technology (e. g. permanent excited)*
- *No mechanical gearbox (for high-speed rotating turbines)*
- *Low noise- and exhaust emission*
- *Reduction of electromechanic loading mainly during grid faults (Fault-Ride-Through)*
- *Uninterruptible power supply*
- *Improvement of power quality (e. g. harmonic compensation)*

*Future key aspects of the activities of the KDEE are the energy and operation management of distributed generators both in a single unit and in composite. Regarding the use of power electronics within the generator system, the expertise of the KDEE is on the system design as well as on the long-time experience with efficiency-cost-optimization.*

Konventioneller Ansatz „Synchron-generator“: Inneres Drehmoment bei Spannungseinbruch um 100% an Phase a

*Conventional approach "synchronous generator": Inner torque in case of a voltage drop of 100% on phase a*

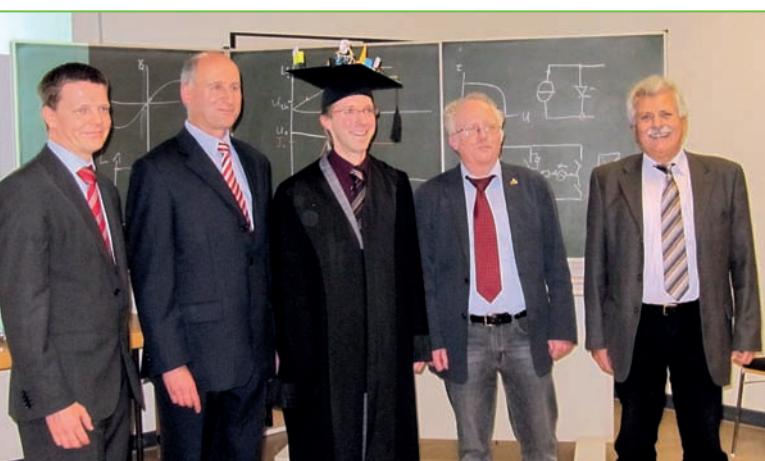




Prüfungskommission mit Dr.-Ing. Benjamin Sahan  
*Examination board*



Prüfungskommission mit Dr.-Ing. Jan Ringelstein  
*Examination board*



Prüfungskommission mit Dr.-Ing. Thorsten Bülo  
*Examination board*



Prüfungskommission mit Dr.-Ing. Alejandro Gesino  
*Examination board*

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

**ABGESCHLOSSENE PROMOTIONEN 2010**

Dr.-Ing. Benjamin Sahan:

**„Wechselrichtersysteme mit Stromzwischenkreis zur Netz-anbindung von Photovoltaik-Generatoren“**

Leistungselektronische Wandler für die Anpassung der volatilen photovoltaischen DC-Generatoren an die vergleichsweise starren Anforderungen der Verteil- und Übertragungsnetze gewinnen rasant an Bedeutung. Die Wechselrichtertechnik basiert dabei auf zwei Grundkonzepten: Wechselrichter mit Spannungszwischenkreisen und solche mit Stromzwischenkreisen. Insbesondere selbstgeführte Stromzwischenkreis-Wechselrichter haben jedoch bis heute kaum Bedeutung erlangt. Somit stellt sich die Frage, welche grundlegenden Kriterien es gäbe, die ihren Einsatz behindern oder sogar befördern könnten. Die beiden Grundkonzepte werden zunächst einem systematischen Vergleich unterzogen. Dazu werden dimensionslose Vergleichsfaktoren verwendet. Zugleich werden unterschiedliche Ausführungsbeispiele beschrieben und durch Messungen dokumentiert.

Es wird etwa ein Stromzwischenkreis-Wechselrichter für die Integration in Hochvolt-PV-Module vorgestellt, welcher durch sein einstufiges Konzept über einen sehr hohen Wirkungsgrad und kompakte Abmessungen verfügt.

Betrachtet werden auch neue Wechselrichterschaltungen mit indirekten (gesteuerten) Stromzwischenkreisen. Mit diesen lassen sich die Vorteile weniger schneller Schalter auf der Gleichstromseite mit den positiven Eigenschaften von Thyristoren (Kosten, Robustheit) auf der Netzseite kombinieren. Dies eröffnet auf der einen Seite neue Möglichkeiten für den Einsatz moderner Halbleitertechnologien, wie z.B. selbstleitender SiC-JFETs, was jedoch dem heutigen Paradigma nur selbstsperrende Schalter in der Leistungselektronik einzusetzen widerspricht. Auf der anderen Seite werden Thyristorschaltungen in die Lage versetzt, gemäß der neuen Netzzanschlussrichtlinie, durch Einspeisung auch induktiver Blindleistung zur Stabilisierung des Energieversorgungsnetzes beizutragen.

Labormuster eines Stromzwischenkreis-Wechselrichters mit SiC-JFETs  
Laboratory Prototype of a Current Source Inverter with SiC-JFETs

title

**COMPLETED DISSERTATIONS 2010**

Dr.-Ing. Benjamin Sahan:

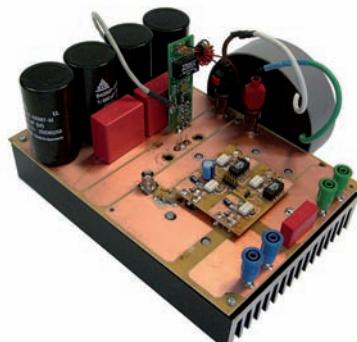
**“Current Source Inverter systems for grid connection of photovoltaic generators”**

*Power electronic converters for adapting the volatile photovoltaic dc generators to the relatively stiff requirements of the distribution and transmission grids are rapidly gaining importance. The inverter technology is principally based on two type of concepts: Voltage Source Inverters and Current Source Inverters. Especially self commutated Current Source Inverters did not achieve significance until today.*

*This raises the question of the basic criteria which could either prevent the use of those inverters or even promote them. The two basic concepts are first subjected to a systematic comparison. For this purpose dimensionless benchmark factors are used. At the same time different exemplarily setups are described and documented by measurements.*

*A Current Source Inverter system for integration into high-voltage PV modules is presented, which features a single-stage approach and thus achieves a very high efficiency and compact dimensions. Moreover, new types of inverter topology are considered with indirect (controlled) current dc links. Combining low frequency with only a very few high frequency switches opens up new possibilities for power electronics design, e.g. the use of Normally-on SiC-JFETs. This however contradict to the common paradigm to only use normally-off switches in power electronics.*

*Apart from this, new approaches for the use of robust and cost efficient thyristor circuits are presented. These are enabled to fulfill the new grid codes even with injected leading reactive power into the electricity grid which contributes to its stability.*

**REFERENZEN**

- B. Sahan et al. "Comparative Evaluation of Three-Phase Current Source Inverters for Grid Interfacing of Distributed and Renewable Energy Systems", IEEE Transactions on Power Electronics (Accepted for publication)
- B. Sahan et al. "Photovoltaic converter topologies suitable for SiC-JFETs", in Proc. European Conference on Power Conversion and Intelligent Motion, Nuremberg 2009
- B. Sahan et al. "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. 2008

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

## **ABGESCHLOSSENE PROMOTIONEN 2010**

Dr.-Ing. Jan Ringelstein:

### **„Betrieb eines übergeordneten dezentral entscheidenden Energiemanagements im elektrischen Verteilnetz“**

Seit der Einführung des Gesetzes zum Vorrang erneuerbarer Energien im Jahre 2000 werden in Deutschland vermehrt dezentrale Anlagen zur Stromerzeugung (DEA) im elektrischen Energieversorgungs- system einschließlich des Niederspannungsnetzes installiert. Die Einspeisung dieser Anlagen sowie der Netzzustand des Niederspannungsnetzes kann vom Netzbetreiber mangels kommunikations- und leittechnischer Einrichtungen nicht aktuell beobachtet werden. Andererseits existiert im Niederspannungsnetz ein hohes Potenzial zum Management von elektrischen Lasten. Dieses könnte in Kombination mit steuerbaren DEA mittels eines Energiemanagementsystems zum Ausgleich fluktuierender Einspeisung eingesetzt werden. Bislang bleibt dieses Potenzial aber größtenteils ungenutzt.

Im Forschungsprojekt „Dezentrale Energieerzeugungsanlagen: technische und wirtschaftliche Integration in den Netzbetrieb und Anpassung von Rahmenbedingungen“ (DINAR) wurde am Fraunhofer IWES ein Energiemanagementsystem mit dezentraler Entscheidung über den optimierten Betrieb von DEA und Lasten im elektrischen Niederspannungsnetz entwickelt und mit dem bidirektionalen Energiemanagement-Interface (BEMI) umgesetzt. Aufbauend darauf leistet vorliegende Arbeit drei Beiträge zur Entwicklung eines übergeordneten dezentral entscheidenden Energiemanagements.

Erstens wird eine konzeptionelle Beschreibung entwickelt, die die Rolle des Energiemanagements im Umfeld des liberalisierten Energiemarktes und eine wirtschaftliche Abschätzung aus technischer Sicht umfaßt. Es werden Betriebszustände definiert und technische Anwendungen des Gesamtsystems klassifiziert sowie mögliche Mechanismen zur Umsetzung der Anwendungen identifiziert. Zweitens wird ein Simulationswerkzeug entwickelt, mit dem es erstmals möglich ist, den Betrieb von BEMIs im elektrischen Verteilnetz zu modellieren und zu untersuchen. Drittens wird dieses Simulationswerkzeug eingesetzt, um einen Algorithmus für das übergeordnete Energiemanagement zu entwickeln und zu testen, der eine anreizbasierte kurzfristige Wirkleistungsänderung erlaubt. Schließlich wird unter Verwendung dieses Algorithmus ein neues Verfahren zur anreizbasierten Spannungshaltung im Verteilnetz entwickelt, um eine der identifizierten Anwendungen umzusetzen. Das Verfahren wird mittels Simulation als auch im Labor getestet und wurde im Rahmen der Arbeit zum Patent angemeldet.

## REFERENZEN

- J. Ringelstein, C. Bendel, D. Nestle, A. Eßer, M. Franke, A. Geyer-Schulz, D. Möst, O. Rentz, „Marktmodell für ein dezentral organisiertes Energiemanagement im elektrischen Verteilnetz – Grundlage für ein internetbasiertes Managementsystem“, ETG Kongress 2007, Karlsruhe
- J. Ringelstein, C. Bendel, D. Nestle, „Netz- und marktkonformes bidirektionales Energiemanagement für Lasten und dezentrale Erzeuger im Niederspannungsnetz“, 10. Symposium Energieinnovation, 2008, Graz
- J. Ringelstein, D. Nestle, „Application of Bidirectional Energy Management Interfaces for Distribution Grid Services“, 20<sup>th</sup> Int. Conf. on Electricity Distribution (CIRED), 2009, Prag
- J. Ringelstein, M. Braun, „Voltage Control in Electric Distribution Grids by Aggregation of Distributed Energy Units“, 6<sup>th</sup> International Conference on the European Energy Market, 2009, Leuven

title

## **COMPLETED DISSERTATIONS 2010**

Dr.-Ing. Jan Ringelstein:

### **“Operation of a higher-order energy management with decentralized decision in the electric distribution grid”**

*Since the german renewable energy sources act was introduced in the year 2000, there has been increasing installation of distributed generation (DG) within the electric energy supply system including the low-voltage network. Due to missing communication and control systems, the current power infeed of DG as well as the operation state of the low voltage network can not be observed on-line by grid operators. On the other hand, high potential for management of electric loads exists in the low-voltage network. Combined with controllable DG, this could be utilized by an energy management system for balancing fluctuating power infeed from renewable sources and providing ancillary services for DG integration. Still, up to now this potential is unused for the most part. In the research project DINAR – integration of decentralized renewable energy supply plants – an energy management system with decentralized decision on the optimal operation of DG and loads in the low-voltage grid was developed. The concept was implemented by the bidirectional energy management interface (BEMI) at Fraunhofer IWES. Based on the results of this project, the thesis at hand contributes to the development of a higher-level energy management system with decentralized decision by the following points:*

*First a concept is developed which describes the role of the energy management system in the context of the liberalized energy market and covers an economical estimation from a technical perspective. Operational states and applications of the overall system are defined and classified. Possible mechanisms for implementation of these applications are identified.*

*Secondly a simulation tool is developed which for the first time allows modelling and investigating the behavior of BEMIs in the electric distribution network. Thirdly this simulation tool is used for developing and testing an algorithm for the higher-level energy management system which allows an incentive based short-time change of power flows. This algorithm again is used for implementing one of the identified applications: a new method for incentive based voltage control in the distribution grid. This method is tested both by simulation as well in a laboratory test and was applied for a patent.*

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

## ABGESCHLOSSENE PROMOTIONEN 2010

Dr.-Ing. Thorsten Bülo:

### **„Methode zur Evaluation leistungselektronischer Schaltungstopologien für die Anwendung in dezentralen Netzeinspeisern kleiner Leistung“**

Stromrichter gewinnen durch den Einsatz in modernen Photovoltaik- und Windenergieanlagen in der Energieversorgung zunehmend an Bedeutung. Gleichzeitig wurde in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Vorschlägen für neue Schaltungsanordnungen für diese Stromrichter publiziert. Die weichenstellende Evaluation der für eine Anwendung am besten geeigneten leistungselektronischen Topologie sollte daher einfach durchführbar sein und gleichzeitig fundierte Ergebnisse liefern.

In dieser Arbeit wird eine Methode dargestellt, mit deren Hilfe ein grundlegender Vergleich der Anforderungen an die wichtigsten Bauelemente in den zu untersuchenden Topologien durchgeführt werden kann. Ein wesentliches Gütekriterium für die Bewertung der Topologien ist die Effizienz, mit der die vom Generator zur Verfügung gestellte elektrische Energie gewandelt wird, um sie in das Energieversorgungsnetz einzuspeisen. Mit zunehmend sinkenden Systempreisen und steigenden Stückzahlen der Erzeugungsanlagen gewinnt zudem der notwendige Materialeinsatz bzw. das Bauvolumen der wesentlichen Bauelemente an Bedeutung.

Hierfür werden Belastungsindikatoren entwickelt, indem die jeweiligen Abhängigkeiten zwischen den Kriterien und den Bauelementbelastungen in der Schaltung abgeleitet werden. Diese Belastungsindikatoren basieren auf der Evaluation unterschiedlicher kommerziell verfügbarer passiver Bauelemente und Leistungshalbleitern, die für den betrachteten Leistungsbereich (wenige kW bis einige hundert kW) relevant sind, bzw. auf allgemeinen Ableitungen physikalischer Zusammenhänge und praxisrelevanten Auslegungsansätzen. Ein zu diesem Zweck aufgestelltes Modell für induktive Bauelemente wird anhand eines realisierten Mittelfrequenztransformators und einem verfügbaren Berechnungsprogramm validiert.

Im Rahmen der Verallgemeinerbarkeit der gegebenen Randbedingungen geben die Belastungsindikatoren in einem Vergleich leistungselektronischer Topologien die zu erwartenden Unterschiede der Verluste und des Materialeinsatzes für die Bauelemente proportional wieder.

Die Plausibilität der Ergebnisse wird anhand eines grundlegenden Vergleichs von DC-DC-Wandlern gezeigt.

title

## **COMPLETED DISSERTATIONS 2010**

Dr.-Ing. Thorsten Bülo:

### **“Method for the Evaluation of power electronic topologies used in distributed grid connected converters”**

*Being used in modern photovoltaic and wind energy conversion systems, the relevance of power electronic converters in the electrical power supply system rises continuously. At the same time, in the recent years a plurality of new converter topologies have been proposed. Thus a fundamental evaluation method to find the most suitable topology for a given application should be easy to apply while providing substantiated results.*

*In this work, a method for a fundamental comparison of the requirements regarding the most important devices is proposed. One substantial criterion is the expected efficiency. With continuously sinking system prices and rising numbers of produced converters, the required material usage gains importance, as well and has to be considered in the evaluation.*

*Therefore loading indicators have been developed by deducing the dependence of the criterions on the topology-specific load of the components. These loading indicators are based upon the evaluation of commercially available passive components or power semiconductors and on the derivation of physical interrelationships respectively.*

*Applied in the comparison of power electronic topologies, the proposed loading indicators represent the differences to be expected regarding efficiency and material effort in a proportional way.*

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. SIEGFRIED HEIER

Titel

## **ABGESCHLOSSENE PROMOTIONEN 2010**

Dr.-Ing. Alejandro Gesino:

### **„Power reserve provision with wind farms“**

Eine der heute und zukünftig wichtigsten Herausforderungen ist die Akzeptanz der großflächigen Integration von viel Windenergie in Koordination mit anderen Energieträgern bei gleichzeitiger Gewährleistung der Netzstabilität und Versorgungssicherheit. Aufgrund der Vielfalt der europäischen Energiematrix und der Neueinführung einiger erneuerbarer Energiequellen ist die Netzstabilität zu einem der wichtigsten Punkte geworden, die mit in Betracht gezogen werden müssen.

In der Vergangenheit wurde Windenergie als eine Energiequelle betrachtet, die man nicht kontrollieren konnte, da sie komplett von der instabilen Wetterlage abhängig war. Deshalb wurde bisher von Windkraftanlagen kein Beitrag für die System Sicherheit mit Hilfe der Bereitstellung von Systemdienstleistungen gefordert. Aufgrund der zunehmenden Einspeisung von Windenergie in die europäischen Netze haben einige Grid Codes damit begonnen, neue technische Anforderungen für Windparks hinsichtlich ihrer Kontrollmöglichkeiten mit aufzunehmen.

Nach einer Bewertung der aktuellen Literatur bezüglich der wichtigsten europäischen Netzbegriffe im Hinblick auf die Regelbarkeit der Windenergie konzentriert sich diese Doktorarbeit auf die Fragestellung, wie Windenergie Regelleistung auf einem stabilen und verlässlichen Weg anbieten kann. In dieser Arbeit und basierend auf den technischen und wissenschaftlichen Informationen, die in den verschiedenen Kapiteln vorkommen, wird die Windenergie als regelbare Energiequelle angesehen, die vollkommen dazu in der Lage ist, durch das Anbieten von Systemdienstleistungen zur Systemsicherheit beizutragen.

Basierend auf den heutigen Bedürfnissen und Sicherheitsstandards, die in der Literaturbewertung der hoch entwickelten europäischen Netzbegriffe zusammengefasst wurden, wurde ein neues Modell für die Bereitstellung von Regelleistung mit Windenergie entwickelt. Diese Methodik, Algorithmen und Variablen beruhen auf realen, nicht simulierten Szenarien von fünf deutschen Windparkclustern.

Abschließend, nachdem die Methodik für die Bereitstellung von Regelleistung mit Windenergie getestet wurde, wurden reale Steuerungseinsatzmöglichkeiten von bereits installierten Windparks in Deutschland und Portugal analysiert. Ebenfalls dargestellt werden ihre Fähigkeiten, Steuerungskommandos zu befolgen, sowie eine Fehlerabweichungsanalyse.

title

## **COMPLETED DISSERTATIONS 2010**

Dr.-Ing. Alejandro Gesino:

### **“Power reserve provision with wind farms“**

*One of the most important challenges nowadays and in the future, is to accept the large scale integration of high volumes of wind power in coordination with other energy sources while keeping the grid stability and the security of supply. Because of the diversification of the European energy matrix and the introduction of several renewable energy sources, grid stability has become one of the main issues to be considered.*

*In the past, wind energy was considered a non controllable energy source fully dependent on unstable weather conditions. Therefore, it was not requested for wind power plants to contribute to the system security, through the provision of ancillary services. Nowadays, due to the increasing penetration of wind energy into the European grids, several grid codes have started to include new technical requirements for wind farms with regard to their control capabilities.*

*After providing a literature review of the main European grid codes with regard to wind power controllability, this PhD focuses on the development of a secure, flexible and reliable methodology for power reserve provision with wind farms. During this research and based on technical and scientific information included in the different chapters, wind energy has been considered as a controllable energy source fully capable to contribute with the system security through ancillary services provision.*

*Based on the current needs and security standards summarized in the literature review of those highly developed European grid codes, a new model for power reserve provision with wind power is developed. This methodology, algorithms and variables are tested based on real scenarios from five German wind farm clusters.*

*Finally, once the methodology for power reserve provision with wind power has been tested, real control capabilities from already installed wind farms in Germany and Portugal are analyzed. Their capabilities of following control commands as well as an error deviation analysis are also presented.*

Ansprechpartner

PROF. DR.-ING. HABIL. PETER ZACHARIAS

Titel

**BERUFUNG VON DR.-ING. H. BRADKE ZUM  
HONORARPROFESSOR IM FACHGEBIET EVS**



Herr Dr. Harald Bradke, geb. 1958 in Berlin, studierte an der Universität Gh Siegen und diplomierte 1985 im Fachbereich Maschinenbau. Er promovierte 1991 zum Dr.-Ing. im Bereich Energietechnik. 1989 begann er nach seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Gh Siegen mit seiner Forschungstätigkeit am Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe. Dort übernahm er 1993 die Leitung der Forschungsgruppe „Energie“. 1994 wurde er stellvertretender Leiter der Abteilung für Systemtechnik und wurde anschließend 1996 zum Leiter des Competence Center „Energiepolitik und Energiesysteme“ ernannt.

In Verbindung von Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften hat Herr Dr. Bradke sich insbesondere mit systemanalytischen Arbeiten aus den Bereichen Energiewirtschaft, Klimapolitik und rationelle Energieverwendung befasst. Darüber hinaus wurden auch Themen wie Energieszenarien oder ökonomische Auswirkungen von Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energiequellen auf Beschäftigung, Wachstum, Energiepreise und internationale Wettbewerbsfähigkeit von ihm bearbeitet. In jüngster Zeit stehen insbesondere Themen zum industriellen Strukturwandel und Konzepte für Energiedienstleistungsunternehmen, Indikatoren für Energieeffizienz, sowie Methoden der Technikvorausschau und der FuE-Prioritätenfindung im Mittelpunkt seiner Arbeiten.

Herr Dr. Bradke leistet seit vielen Jahren durch seine wissenschaftliche, fundierte, interdisziplinäre Arbeitsweise, gemeinsam mit seinem Team, außerordentlich wertvolle Beiträge zum Verständnis der Zusammenhänge zwischen Energie, Rohstoffe, Umwelt und Volkswirtschaft. Dieses Engagement wird mit seiner Ernennung zum Honorarprofessor der Universität Kassel gewürdigt.

1999 ist es gelungen, Herrn Dr. Bradke zur Verstärkung des Lehrangebotes im Fachbereich Elektrotechnik für einen Lehrauftrag zu gewinnen. Von ihm wird die zweisemestrige Lehrveranstaltung mit dem Titel „Energiewirtschaftliche Aspekte der Energietechnik I und II“ angeboten. Sie ist auch fester Bestandteil des Fächerkataloges, des auf Bachelor/Master umgestellten Studiengangs Elektrotechnik. Die anspruchsvolle, sehr engagiert gehaltene Vorlesung findet großen Zuspruch und Anerkennung bei den Studierenden. Sie trägt wesentlich zur Qualifizierung der Studenten auf einem Gebiet bei, das durch energiewirtschaftliche und -politische Veränderungen mit großer Dynamik (Liberalisierung des Strom- und Gasmarktes, Klimaentwicklung und -politik) in besonderem Maße geprägt ist und zukünftig weiter noch wesentlich an Bedeutung gewinnen wird.

title

**APPEAL OF DR.-ING. HARALD BRADKE TO  
HONORARY PROFESSOR AT THE CHAIR EVS**

*Dr. Harald Bradke, born 1958 in Berlin, received the M.S. degree in mechanical engineering and the Ph.D. degree in energy technology from the University Gh Siegen, Germany, in 1985 and 1991, respectively. In 1989, he joined the Fraunhofer Institute of System Technology and Innovation Research (ISI), Karlsruhe as a researcher. There he was head of the management research group "Energy" in 1993. In 1994 he became the deputy chief of the Department for System Technology and was appointed in 1996 as the leader of the Centre of Competence Energy Policy and Energy Systems.*

*In connection with engineer's sciences and economics Dr. Bradke has dealt particularly with system-analytic investigations in the areas of energy industry, climate policy and rational energy use. Additionally, he worked in the areas of energy scenarios, economic impact of energy efficiency and application of renewable energy sources on employment, growth in economics, as well as energy prices and international competitiveness. In particular his research subjects are recently related to the industrial structural change and perspectives for energy technology, indicators for energy efficiency as well as methods for R&D priority definition.*

*For many years Dr. Bradke and his team have been doing exceptionally valuable contributions to the understanding of the interdependencies between energy, raw materials, environment and national economy due to his scientific based interdisciplinary approach. This dedication is much appreciated by the University of Kassel and therefore appoints him to honorary professor.*

*In 1999 Dr. Bradke has been successfully engaged to broaden the scope of lectures at the Department Electrical Engineering and accepted a teaching assignment. The 2-semester lecture with the title "Energy-Economical Aspects of Energy Technology (I & II)" is held by him. It is also a fixed part of the professional catalogue of the electrical engineering studies which are now being changed to bachelor/master degrees. His very dedicatedly given lectures find a lot of interest and recognition by the students and contribute substantially to their qualification in an area which is characterized by energy-economic and energy-political changes with remarkable dynamics (liberalisation of electric power and gas market, climate development and climate policy) and which will gain further importance in future.*

## **ABGESCHLOSSENE DIPLOM I-ARBEITEN IN 2010**

Art der Arbeit	Name	Titel	Betreuer
Diplom I	<b>Hamit Can</b>	Analyse eines Industrienetzes zur Entwicklung von technischen Anforderungen an multifunktionale Photovoltaik-Stromrichter	Zacharias
Diplom I	<b>Marvin Reiting</b>	Untersuchung der Änderung von Netzverlusten durch dezentrale Netzeinspeisung	Heier
Diplom I	<b>Simon Marwitz</b>	Ableiten von Steuersignalen für Elektrofahrzeuge in dezentralen Energieerzeugungsstrukturen	Zacharias
Diplom I	<b>Manuela Seitz</b>	Bestimmung eines Energiespeichers für das Einfamilienhaus	Zacharias
Diplom I	<b>Steffen Angersbach</b>		Zacharias
Diplom I	<b>Jianjun Wang</b>	Betrieb und Netzintegration des Offshore-Windparks „Alpha Ventus“	Heier
Diplom I	<b>Ghassen Hedhili</b>	Untersuchung des Betriebs und der Netzanbindung von Offshore-Windkraftanlagen mit permanenterregtem Synchrongenerator	Heier
Diplom I	<b>Christoph Georg Junginger</b>	Empirische Untersuchung der Lagervorspannungsstreuung bei der Messung ohne Vorlast am DQ200-Getriebe	Zacharias
Diplom I	<b>Ass'd Khalil Abulhai</b>	Modellbildung von Windkraftanlagen im Offshore-Windpark Alpha-Ventus	Heier
Diplom I	<b>Denis Mende</b>		Zacharias
Diplom I	<b>Claudia Alexandra Rose</b>	Möglichkeiten und Grenzen der induktiven Energieübertragung für das Laden von Elektrofahrzeugen	Zacharias
Diplom I	<b>Lars Stöckemann</b>	Elektrische Energieübertragungssysteme für Offshore-Windparks mit unterschiedlichen Betriebsfrequenzen	Heier

**ABGESCHLOSSENE DIPLOM II-ARBEITEN IN 2010**

Art der Arbeit	Name	Titel	Betreuer
Diplom II	<b>Matthias Christian Teeken</b>	Energiemarktanalyse zur Optimierung variabler Strompreise für Demand Side Management	Zacharias
Diplom II	<b>Michael Ertl</b>	Smart Metering – Notwendigkeiten und Chancen für einen Netzbetreiber	Zacharias
Diplom II	<b>Pia Strampp</b>	Sichere Zug- / Bremskraftübertragung bei elektrisch angetriebenen Lokomotiven	Heier
Diplom II	<b>Guntram Schlein</b>		Zacharias
Diplom II	<b>Marco Jung</b>	Konzept Inselwechselrichter für USA Netze	Zacharias
Diplom II	<b>Jens Uwe Müller</b>	Konzept zur Optimierung der leistungselektronischen Topologie der Produktfamilie Hydro Boy HF	Zacharias

**ABGESCHLOSSENE MASTER-ARBEITEN IN 2010**

Art der Arbeit	Name	Titel	Betreuer
Master	<b>Yuwei Wang</b>	Zuverlässigkeit von elektrischen Komponenten in Windenergieanlagen	Heier
Master	<b>Slav Valchev</b>	Analysis of the Advantages of Aggregation of Wind Farms into Wind Farm Clusters and Trading Strategies	Heier

## PUBLIKATIONEN 2010

### Beiträge in referierten Fachzeitschriften

1. B. Sahan, S. Araujo, C. Noeding, P. Zacharias, "Comparative Evaluation of Three-Phase Current Source Inverters for Grid Interfacing of Distributed and Renewable Energy Systems", *IEEE Transactions on Power Electronics* (Accepted for publication)
2. J. P. da Costa, H. Pinheiro, T. Degner, G. Arnold, "Robust Controller for DFIG of Grid Connected Wind Turbines", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, (Accepted for publication)
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. P. Zacharias, „Stromrichter für Elektrofahrzeuge“, in *15. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik – Erneuerbare Energien und E-Mobilität*, pp.101 – 124, Kassel, September 2010
8. 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
9. 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
10. 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
11. 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
12. S. V. Araujo, 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
13. 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
14. P. Zacharias, „Zuverlässigkeit Elektrischer und Elektronischer Komponenten in PV-Anlagen“, *25. Symposium Photovoltaische Solarenergie*, Staffelstein, March 2010

### Zeitschriften, Bücher und Buchbeiträge

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

## PUBLIKATIONEN 2009 – 2005

### Beiträge in referierten Fachzeitschriften

1. V. Scarpa, S. Buso, G. Spiazz, "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
2. 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
3. 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
4. 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
7. 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
8. 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
9. 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
10. 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

### Beiträge in referierten Konferenzproceedings

1. 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 Relatied Materials, ICSCRM'09*, October 2009
2. P. Zacharias, „Beiträge zur Netzregelung durch dezentrale Energieerzeugungsanlagen“, in Proc. *Internationaler ETG-Kongress 2009 – Leistungselektronik in Netzen*, Düsseldorf, Oktober, 2009
3. L. Brabetz, M. Ayeb, P. Zacharias, „Leistungselektronik in der Fahrzeugarchitektur“, in Proc. *E-MOTIVE Expertenforum Elektrische Fahrzeugantriebe*, Hannover, September, 2009
4. P. Zacharias, "Decentralized Energy Distribution", in Proc. *13<sup>th</sup> European Conference on Power Electronics and Applications*, Barcelona, September, 2009
5. S. V. Araújo, P. Zacharias, "Analysis on the potential of Silicon Carbide MOSFETs and other innovative semiconductor technologies in the photovoltaic branch", in Proc. *13<sup>th</sup> European Conference on Power Electronics and Applications*, pp. 1 – 10, September, 2009
6. B. Koirala, B. Sahan, N. Henze, "Study on MPP Mismatch Losses in Photovoltaic Applications", in Proc. *24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Hamburg, September, 2009
11. N. Henze, B. Sahan, R. Burger, W. Belschner, "A Novel AC Module with High-Voltage Panels in CIS Technology", in Proc. of *23<sup>rd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Valencia, September, 2008
12. N. Henze, B. Sahan, J. Liu, „Modulintegrierte Photovoltaik-Wechselrichter“ in Proc. of *13<sup>th</sup> Kassel Symposium Energy Systems Technology*, Kassel, September, 2008
13. 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
14. 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
15. R. P. Venturini, V. V. R. Scarpa, S. Buso, G. Spiazz, "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
16. 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

- 17.** P. Zacharias, L.M. Menezes, J. Fribe, "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
- 18.** 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
- 19.** P. Zacharias, „Wechselrichter für die Solartechnik – 20-Jahresbilanz und Zukunftsperspektiven“ in Proc. *23. Symposium Photovoltaische Solarenergie*, Staffelstein, March, 2008
- 20.** 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
- 21.** 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
- 22.** 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
- 23.** P. Zacharias, „Topologische Ansätze für Wechselrichter in netzgekoppelten Photovoltaikanlagen“, in Proc. of *ETG-Fachtagung – Leistungselektronische Systeme für dezentrale Energieerzeugung*, München, 2008
- 24.** S. Heier, R. Saiju, A. Tamzarti, "Performance Analysis of Small Wind Turbine Connected to a Grid through Modelling and Simulation", IEEE IECON 2007. The 33<sup>rd</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON). Nov. 5 – 8, 2007, Taipei, Taiwan.
- 25.** V.V.R. Scarpa, S. Buso, 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
- 26.** 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 *7<sup>th</sup> International Conference on Power Electronics (ICPE)*, Daegu, October, 2007
- 27.** 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 *7<sup>th</sup> International Conference on Power Electronics (ICPE)*, Daegu, October, 2007
- 28.** 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
- 29.** 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
- 30.** 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
- 31.** 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
- 32.** T. Bülo, B. Sahan, C. Nöding, P. Zacharias, "Comparison of three-phase inverter topologies for grid connected photovoltaic systems", in Proc. of *22<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, September, 2007
- 33.** B. Sahan, A. Notholt-Vergara, A. Engler, P. Zacharias, "Development of a Single-Stage Three-Phase PV Module Integrated Converter", in Proc. of *12<sup>th</sup> European Conference on Power Electronics and Applications*, vol. 1 – 10, pp. 1154 – 1164, Aalborg, September, 2007
- 34.** 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
- 35.** P. Zacharias, "Power Quality: Impact of Distributed Generation and Future Network Structure. Power Quality", in Proc. of *Symposium TU Eindhoven*, May 2007
- 36.** 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
- 37.** B. Sahan, S.V. Araújo, F.L. M. Antunes, 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
- 38.** G. V. Torrico-Bascopé, R. P. Torrico-Bascopé, 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 32<sup>nd</sup> Annual Conference on Industrial Electronics (IECON)*, pp. 1927 – 1932, November, 2006

- 39.** S. V. Araújo, R. P. Torrico-Bascopé, 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 *32<sup>nd</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, vol. 1 – 11, pp. 4381 – 4386, Paris, November, 2006
- 40.** G. V. Torrico-Bascopé, R. P. Torrico-Bascopé, 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 *32<sup>nd</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, vol. 1 – 11, pp. 4297 – 4302, Paris, November, 2006
- 41.** N. Henze, A. Engler, P. Zacharias, "Photovoltaic Module with integrated power conversion and interconnection system – The European Project PV-MIPS", in Proc. of *21<sup>st</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, September, 2006
- 42.** P. Zacharias, B. Burger, "Overview of Recent Inverter Developments for Grid Connected Systems", in Proc. of *21<sup>st</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, September, 2006
- 43.** P. Zacharias, J. Schmid, J. Vetter, „Export erneuerbarer Energietechniken – Ländliche Elektrifizierung“, in Proc. of *Jahrestagung Forschungsverbund Sonnenenergie*, Berlin, September, 2006
- 44.** P. Zacharias, Chr. Wittwer, F. Trieb, U. Leprich, „Netzintegration der erneuerbaren Energien – Steuerung der Energiefüsse“, in Proc. of *Jahrestagung Forschungsverbund Sonnenenergie*, Berlin, September, 2006
- 45.** Engler, H. Müller, N. Henze, T. Bülo, A. Notholt Vergara, B. Saham, A. Zimpfer, "Design of a 200w 3-Phase Module Integrated PV Inverter as Part of The European Project PV-MIPS", in Proc. of *21<sup>st</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, September, 2006
- 46.** 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
- 47.** C. Strowitzki, M. Baumann, P. Zacharias, "A novel solid state pulsed power module for excimer laser", in Proc. of *27<sup>th</sup> International Power Modulator Symposium/2006 High Voltage Workshops*, pp. 207 – 210, Washington, May, 2006
- 48.** 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 *3<sup>rd</sup> European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference*, pp. 162 – 167, Aix-en-Provence, May, 2006
- 49.** P. Zacharias, "Grid Integration of Renewable Energy Sources via Power Electronics", in Proc. of *ECPE-Seminar Renewable Energy*, Kassel, February, 2006
- 50.** S. V. Araújo, F. M. Antunes, R. Torrico-Bascopé, S. Daher, "Microcontrolled 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
- 51.** V. V. R. Scarpa, J. C. Oliveira, E. A. A. Coelho, L. C. de Freitas, V. J. Farias, J. B. Vieira Jr., "Didactic kit employing FPGA for use in teaching digital logic design", in Proc. of *IEEE Workshop on Power Electronics Education*, pp. 105 – 107, June, 2005
- 52.** P. Zacharias, B. Valov, K. Rohrig, S. Heier, G. Arnold, "Grid Integration of Wind Power – the Challenge", in *IEEE Seminar, Seminario sobre tecnologías de conversión de potencia para el sector de las energías renovables*, Sevilla, May, 2005

## Bücher und Buchbeiträge

- 1.** P. Zacharias et al., "Use of Electronic-based Power Conversion for Distributed and Renewable Energy Sources", Kassel: ISET, 2<sup>nd</sup> ed., 2009
- 2.** 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
- 3.** P. Zacharias, „Elektronische Energiewandler für netzgekoppelte photovoltaische Solarenergieanlagen“, in *Leistungselektronische Schaltungen*, 2<sup>nd</sup> ed., Springer-Verlag GmbH, 2008, pp. 1069 – 1092
- 4.** P. Zacharias et al., „Use of Electronic-based Power Conversion for Distributed and Renewable Energy Sources“, Kassel: ISET, 1<sup>st</sup> ed., 2008
- 5.** S. Heier, „Nutzung der Windenergie“, 5. völlig überarb. Auflage, 160 Seiten, broschiert. Verlag Solarpraxis AG. Berlin, 2007. ISBN: 978-3-934595-63-7
- 6.** 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 KDEE

EVS-KDEE in der Tradition von Erfindungsanmeldungen  
*EVS-KDEE in the tradition of patents*

# UniKasselTransfer

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

B. Sahan, R. Mallwitz, P. Zacharias, S. Vasconcelos Araujo,  
 EP000009172672, „*Blindleistungsfähiger Wechselrichter*“,  
 31.05.2010

P. Zacharias, A. Falk, B. Sahan, S. V. Araujo, M. Kazanbas  
 DE102009052461, „*Tiefsetzsteller mit verringriger Spannungsbelastung der Halbleiter*“, 30.04.2010

S. Heier, EP000002265816A2, „*Doppelt gespeister Asynchrongenerator und Verfahren zu dessen Betrieb*“, 29.12.2010

B. Engel, R. Mallwitz, P. Zacharias, EP000002144358A1,  
 „*DC/DC-Wandler*“, 13.01.2010

R. Mallwitz, P. Zacharias, EP000002144359A2,  
 „*DC/DC-Wandler*“, 13.01.2010

P. Zacharias, B. Sahan, EP000002067230B1,  
 „*Vorrichtung zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Energieversorgungsnetz und Gleichspannungswandler für eine solche Vorrichtung*“, 22.09.2010

P. Zacharias, DE102004036982B4, „*Leistungshalbleitermodulsystem mit einem in einen Baugruppenträger einsteckbaren und mit einem Gehäuse des Baugruppenträgers verrastbaren Leistungshalbleitermodul*“, 29.07.2010

J. Fribe, R. Mallwitz, P. Zacharias, EP000002136465A1, „*Wechselrichter in Brückenschaltung mit langsam und schnell getakteten Schaltern*“, 23.12.2009

P. Zacharias, B. Sahan, DE102007028077B4, „*Vorrichtung zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Energieversorgungsnetz und Gleichspannungswandler für eine solche Vorrichtung*“, 16.04.2009

P. Zacharias, J. Fribe, F. Blumenstein, A. Gerlach, I. Scheuermann, M. Zinn, EP000002026456A8, „*Wechselrichter*“, 08.04.2009

P. Zacharias, B. Sahan, EP000002030299A1, „*Wechselrichter zur Einspeisung elektrischer Energie in ein Energieversorgungsnetz*“, 04.03.2009

P. Zacharias, J. Fribe, F. Blumenstein, A. Gerlach, I. Scheuermann, M. Zinn, EP000002026457A1, „*Wechselrichter*“, 18.02.2009

B. Engel, R. Mallwitz, P. Zacharias, EP000002023475A1, „*Wechselrichter für eine geerdete Gleichspannungsquelle, insbesondere einen Photovoltaikgenerator*“, 11.02.2009

W. Kleinkauf, Sachau, DE000003931800C2, „*Vorrichtung zur Stabilisierung einer Drehstromversorgung*“, 10.07.2003

G. Cramer, W. Kleinkauf, M. Meinhardt, P. Zacharias, DE000019961705B4, „*Vorrichtung zur dezentralen Einspeisung regenerativer Energie*“, 01.12.2005

W. Kleinkauf, DE000019635606A1, „*Vorrichtung zur Erzeugung einer höheren Wechselspannung aus mehreren niedrigeren Gleichspannungen und dafür geeigneter Bausatz*“, 05.03.1998

S. Heier, W. Kleinkauf, DE000004232356C2, „*Stromversorgungseinrichtung mit mindestens zwei Stromquellen*“, 09.01.1997

W. Kleinkauf, U. Krengel, DE000004302687A1, „*Verfahren und Wechselrichter zur Umwandlung von Gleichstrom in Drehstrom*“, 08.09.1994

W. Kleinkauf, Sachau, DE000004129053A1, „*Verfahren und Vorrichtung zur Regelung von Synchronmaschine und drehstromseitig angekoppeltem statischen Umrichter*“, 04.03.1993

## MITARBEITER DES KDEE/EVS

### Leitung



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

### Stellvertretende Leitung / Leitung Windkrafttechnik



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

### Sekretariat



**Frau Anja Clark-Carina**  
Tel.: 0561 804 6344  
[sekretariat.evs@uni-kassel.de](mailto:sekretariat.evs@uni-kassel.de)

### Oberingenieur KDEE / Leistungselektronik



**Dr.-Ing. Benjamin Sahan**  
Tel.: 0561 804 6516  
[b.sahan@uni-kassel.de](mailto:b.sahan@uni-kassel.de)

### Mitarbeiter KDEE



**Samuel Araújo, M.Sc.**  
Tel.: 0561 804 6320  
[s.araujo@uni-kassel.de](mailto:s.araujo@uni-kassel.de)



**Dipl.-Ing. Thiemo Kleeb**  
Tel.: 0561 804 6404  
[t.kleeb@uni-kassel.de](mailto:t.kleeb@uni-kassel.de)



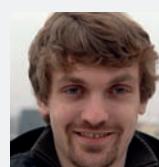
**Dr.-Ing. Jean Patric da Costa**  
Tel.: 0561 804 6491  
[jdacosta@uni-kassel.de](mailto:jdacosta@uni-kassel.de)



**Dipl.-Ing. Thomas Kirstein**  
Tel.: 0561 804 6465  
[t.kirstein@uni-kassel.de](mailto:t.kirstein@uni-kassel.de)



**Milena Dias, M.Sc.**  
Tel.: 0561 804 6404  
[m.dias@uni-kassel.de](mailto:m.dias@uni-kassel.de)



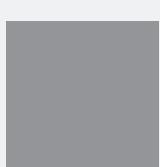
**Dipl.-Ing. Wolfram Kruschel**  
Tel.: 0561 804 6320  
[w.kruschel@uni-kassel.de](mailto:w.kruschel@uni-kassel.de)



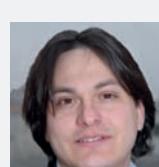
**Wolfgang Fröhlich**  
Tel.: 0561 804 6524



**Giorgos Lempidis, B.Sc.**  
Tel.: 0561 804 6510  
[lempidis@uni-kassel.de](mailto:lempidis@uni-kassel.de)



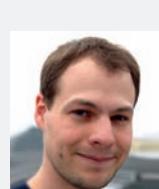
**Dipl.-Ing. Manuel Günther**  
Tel.: 0561 804 6404



**Lucas Menezes, M.Sc.**  
Tel.: 0561 804 6512  
[lucas.menezes@uni-kassel.de](mailto:lucas.menezes@uni-kassel.de)



**Dipl.-Ing. Mehmet Kazanbas**  
Tel.: 0561 804 6477  
[mehmet.kazanbas@uni-kassel.de](mailto:mehmet.kazanbas@uni-kassel.de)



**Dipl.-Ing. Christian Nöding**  
Tel.: 0561 804 6512  
[christian.noeding@uni-kassel.de](mailto:christian.noeding@uni-kassel.de)

**WWW.KDEE.UNI-KASSEL.DE & WWW.EVS.E-TECHNIK.UNI-KASSEL.DE**



**Dipl.-Ing. Marek Rzeszut**  
Tel.: 0561 804 6477  
marek.rzeszut@uni-kassel.de

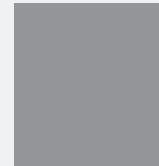


**Dr.-Ing. Vladimir Scarpa**  
Tel.: 0561 804 6516  
scarpa@uni-kassel.de

**Mitarbeiter EVS**



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



**Dipl.-Ing. Bernd Gruß**  
Tel.: 0561 804 6305  
gruss@uni-kassel.de



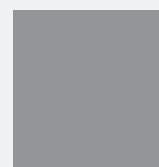
**Dipl.-Ing. Werner Döring**  
Tel.: 0561 804 6465  
werner.doering@uni-kassel.de



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



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



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



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



**Dipl.-Ing. Jella Zimmermann**  
Mitarbeiterin bis Ende 2010

**Doktoranden und Gastwissenschaftler**



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



**Likaa Fahmi Ahmed Izzat, M.Sc.**  
Tel.: 0561 804 6563  
likaa-izzat@uni-kassel.de

**Praktikanten**

**Herr Christopher Damm** (bis Mitte 2010)

**Studentinnen und Studenten**

**KDEE:**

Mohannad Dawood / HiWi,  
Robert Tannhaeuser / HiWi,  
Markus Horn / HiWi (IEEE FEC),  
Ammar Salman / Masterarbeit,  
Peter Unruh / HiWi,  
Christian Schuetz / IEEE FEC,  
Martin Umbach / IEEE FEC,

Stefan Gertjegerdes / HiWi,  
Sebastian Stein / Diplomarbeit,  
Alexis Tiopi Kuete / HiWi,  
Hamit Can KDEE / Diplomarbeit,  
Philipp Jäger / HiWi,  
Mike Höhre / IEEE FEC

**EVS:**

Claudia Rose / Diplomarbeit,  
Aubay Al-Khatib / Masterarbeit (REMENA),  
Sofiane Ben Saad / Masterarbeit (re<sup>2</sup>),  
Tobias Bornemann und Alireza Farman / HiWi,  
Rifat Hassouneh / Masterarbeit (REMENA),  
Yerzhan Suleimenov / Masterarbeit (Universität Tomsk),  
Fabian Thalemann / Masterarbeit (re<sup>2</sup>)



Grillen  
Barbecue



Wandern  
Outdoor activities



**FREIZEITAKTIVITÄTEN 2010****LEISURE ACTIVITIES**

Vorbereitungen  
*Preparations*



Fußballfieber  
*Football fever*



Oper Staatstheater  
Kassel Universitätstag  
*Special Opera day*  
for university of Kassel members



Stuttgart 2010

[www.kdee.uni-kassel.de](http://www.kdee.uni-kassel.de) & [www.evs.e-technik.uni-kassel.de](http://www.evs.e-technik.uni-kassel.de)



Kompetenzzentrum für Dezentrale Elektrische Energieversorgungstechnik (KDEE)

Institut für Elektrische Energietechnik (IEE)  
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungssysteme

Universität Kassel  
Wilhelmshöher Allee 71

34121 Kassel, Germany

Tel.: +49 561 804 6344  
Fax: +49 561 804 6521

Stand: März 2011