



# Jahresbericht 2017

Institut für Hochspannungstechnik  
und Elektrische Energieanlagen  
- elenia

# **Jahresbericht 2017**



## Inhaltsverzeichnis – Table of Contents

<b>Vorwort – Preface.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Personelle Besetzung des Instituts – Staff.....</b>	<b>10</b>
<b>2 Lehre – Lectures .....</b>	<b>25</b>
2.1 Vorlesungen und Praktika – Lectures and Laboratories .....	25
2.2 Studienarbeiten – Student Research Projects .....	33
2.3 Bachelorarbeiten – Bachelor Theses .....	33
2.4 Masterarbeiten – Master Theses .....	34
<b>3 Berichte aus Forschung und Entwicklung – Abstracts on Research Projects 37</b>	<b>37</b>
3.1 Komponenten der Energieversorgung –Components for Power Supply .....	40
3.2 Elektromobilität – Electric Mobility .....	51
3.3 Aktives Verteilnetz – Smart Grid .....	61
3.4 Dissertationen – Dissertations.....	72
<b>4 Besondere Ereignisse 2017 – Special Events 2017 .....</b>	<b>76</b>
4.1 Kalender der besonderen Ereignisse – Calendar of Special Events .....	76
4.2 Berichte von besonderen Ereignissen – Reports on Special Events .....	92
<b>5 Veröffentlichungen und Medienberichte – Publications and News .....</b>	<b>103</b>
5.1 Veröffentlichungen und Vorträge – Publications .....	103
5.2 Berichte in den Medien – News .....	106

Liebe Freunde des Instituts,

2017 ist ein Jahr des Wandels. Während auf der großen politischen Bühne in Berlin die Große Koalition bei der diesjährigen Bundestagswahl abgewählt wurde und sich jetzt die Regierungsbildung schwierig gestaltet, sind auch in Braunschweig mehrere Epochen zu Ende gegangen: Mit der Ernennung von Frau Prof. Kaysser-Pyzalla zur Präsidentin der TU Braunschweig am 1. Mai 2017 endete nicht nur die 12jährige Amtszeit vom TU-Präsidenten Herrn Prof. Hesselbach, sondern nach 272 Jahren Braunschweiger Hochschul-Geschichte hat die Universität jetzt zum ersten Male eine Frau an der Spitze.

Auch auf Fakultäts- und Institutebene gab es personelle Veränderungen. So übernahm zum 1. April 2017 Herr Prof. Kurrat als Dekan die Leitung der Fakultät Elektrotechnik, Informationstechnik, Physik. Wichtige Handlungsfelder sind die Vorbereitung der Akkreditierung unserer Studiengänge in 2019 und die strategische Ausrichtung der Fakultät bis 2030. Immerhin sind für diesen Zeitraum die Besetzungen von zehn Professuren in unserer Fakultät vorzubereiten.

Aus diesem Anlass wechselte die geschäftsführende Leitung des Institutes für die nächsten zwei Jahre an Herrn Prof. Engel. Herr Dr. Hilbert wurde zum Jahresbeginn als neuer Oberingenieur im elenia ernannt und ist nun an der TU festangestellt. Er übernimmt die Vorlesungen „Hochspannungstechnik I und II“ im Lehrauftrag und hat eigene Aufgaben in der Forschung und der Verwaltung des Institutes. So unterstützt er die Institutsleitung bei verschiedenen Tätigkeiten wie der Personalplanung sowie der Werkstatteleitung und möchte sich wissenschaftlich im Rahmen einer angestrebten Habilitation weiter qualifizieren.

Durch diese Entlastung kann Herr Prof. Kurrat neue Vorlesungen wie „Aufbau und Berechnung von Gleichstromsystemen“ und „Aufbau und Funktion von Speichersystemen“ in der Vertiefung Energietechnik und im Master-Studiengang Elektromobilität anbieten. Durch die tatkräftige Unterstützung von Herrn Dr. Hemdan haben wir uns auch im Forschungsgebiet der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung verstärkt. Seine englischsprachige Vorlesung „HVDC-Technology“ mit PSCAD-Übungen wird von den Studierenden gut besucht. Durch diese Nachwuchsgewinnung hat er eine Forschergruppe „HVDC-Technology“ aufgebaut, deren Leitung er im nächsten Jahr übernehmen wird.

Tief bewegt hat uns der Tod von Herrn Dr. Ulrich Braunsberger im Januar 2017 im Alter von 73 Jahren. Er leitete als Oberingenieur über viele Jahre die „Versuchsanlage Hallendorf“ als Außenstelle des Institutes in Salzgitter-Hallendorf.

Durch die Einstellung von Herrn Scholz kann die immer umfangreichere Informationstechnik am Institut jetzt hauptamtlich weiterentwickelt werden. Mit Frau Damrath lernt eine weitere Auszubildende bei unserer Werkstattleiterin Frau Rach.

Unsere drei Schwerpunkte – Komponenten der Energieversorgung, Aktives Verteilnetz und Elektromobilität – waren im Berichtsjahr wieder sehr erfolgreich.

Der Schwerpunkt *Aktives Verteilnetz* freut sich auf zwei neue große vom BMWi geförderte Verbundforschungsvorhaben ab 1. Dezember 2017: *Regelung und Stabilität im Stromrichter-dominierten Verbundnetz (Netzregelung 2.0)* mit u.a. dem Fraunhofer IWES, Kassel und der Universität Kassel sowie *Modellierung zukünftiger Bilanzkreisbewirtschaftung (MoZuBi)* mit dem IZES in Saarbrücken. Bei beiden Projekten sind Übertragungs- und Verteilungsnetzbetreiber sowie die Industrie beteiligt. Beim mit fast einer Million Euro vom BMWi geförderten Forschungsprojektes *elenia energy lab* konnte der frisch renovierte Versuchsraum im Erdgeschoss des Südturms des Mühlenpfordthauses bezogen und erste Versuche zur Energieeffizienz von PV-Speichersystemen durchgeführt werden. Dies ist ein erster Schritt der Umsetzung des Raumkonzeptes der Elektrotechnik in diesem Gebäude, gefolgt u.a. von einem Umzug und einer Erweiterung des studentischen Rechnerraums CIP-Pool. Das *elenia energy lab* kann auch dem Energieforschungsknoten der TU Braunschweig (EFK BS) des Energieforschungszentrums Niedersachsen (EFZN) als gemeinsame Forschungsinfrastruktur intelligenter, dezentraler Energiesysteme dienen.

Der Forschungsschwerpunkt *Elektromobilität* blickt auf ein erfolgreiches Jahr zurück. So konnte sich das *elenia* durch den Forschungsschwerpunkt weiter als wichtiger Bestandteil innerhalb des Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeug (NFF) etablieren. Ein Beispiel hierfür ist das interdisziplinäre Verbundforschungsprojekt *lautlos&einsatzbereit* innerhalb des NFF. Anfang August erfolgte die feierliche Übergabe der ersten 15 Fahrzeuge im Beisein der Präsidentin der TU auf dem Schlossplatz. Seit diesem Tag werden die Fahrzeuge im Einsatz und Streifendienst genutzt. Parallel dazu erfolgt die „Datenjagd“ der beteiligten Institute für eine fundierte Datengrundlage zur Entwicklung eines Leifadens zur integrierten Planung und Steuerung von Flotten-, Lade- und Energieinfrastruktur der Polizei am Ende des Projektes. Wir freuen uns ebenso über die Intensivierung der Zusammenarbeit mit der BS Energy und der BS Netz. Und die erfolgreiche Kooperation mit der Arbeitsgruppe *Elektrochemie und elektrochemische Energiespeicher* der PTB führen wir mit dem Projekt *Referenz-Impedanzspektrometer* weiter.

Im Schwerpunkt Komponenten der Energieversorgung liegt der Fokus auf der Erschließung und Absicherung neuer Methoden. Unser erweitertes Portfolio reicht von Teilentladungsmessungen an Schaltgeräten über Druckmessungen bei Plasmavorgängen bis zur berührungslosen

Temperaturmessung von Fußpunktgebieten auf Kontakten während des Schaltvorganges. In der wertvollen Zusammenarbeit mit dem INP Greifswald können wir auch Plasmatemperaturen optisch messen. Für die Untersuchungen von Niederspannungs-Gleichstrom-Schutzeinrichtungen haben wir neben dem Netzintegrationslabor ein DC-Microgrid-Labor eingerichtet, welcher den Aufbau von unterschiedlichen Netz-Topologien ermöglicht. Das Hochleistungs-Gleichstrom-Labor mit den beeindruckenden Leistungsdaten von 12 kV und 30 kA, wird nach eingehender Prüfung des Netzanschlusses im Umspannwerk im nächsten Jahr realisiert. Unsere DC-Bordnetzforschung bringen wir beim Exzellenz-Cluster SE2A *Nachhaltige und effiziente Energie in der Luftfahrt* in den Vollartrag mit ein. Besonders freuen wir uns über die enge Zusammenarbeit mit der PTB in den Fachbereichen *Explosionsschutz und Elektrische Energiemesstechnik*. In gemeinsamen Promotionsvorhaben erforschen wir die Einflüsse von Oberflächenladungen auf die elektrische Festigkeit unter Gleichspannungsbelastung oder die Messmöglichkeiten von schnellen transienten Vorgängen bei Hochspannungs-Gleichstrom-Schaltern.

Für diese Erfolge bedanken wir uns herzlich bei unseren Schwerpunkt- und Arbeitsgruppenleitern, die sich neben ihren Forschungsarbeiten noch Zeit für diese verantwortungsvolle Aufgabe nehmen. Ein besonderer Dank geht an Herrn Dr. Lienesch von der PTB, der die Forschung in unserem Schwerpunkt Elektromobilität als Mentor stark unterstützt.

Große Ereignisse stehen auch im Jahr 2018 an: Erstens wird die TU Braunschweig unter maßgeblicher Unterstützung durch das elenia den Tag der Energieforschung im Mai 2018 begehen, bei dem wir auch unsere neuen Labore einweihen wollen. Im September 2018 steht dann wieder unser traditionelles Institutssymposium auf dem Kalender, zu dem wir Sie schon jetzt ganz herzlich einladen.

Mit dem Wunsch für ein gutes und erfolgreiches Jahr 2018 bedanken wir uns herzlich bei Ihnen, unseren Partnern aus den Unternehmen und Forschungseinrichtungen, den Lehrbeauftragten, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), den Projektträgern, den Bundesministerien, der Volkswagenstiftung und den Niedersächsischen Ministerien für Wissenschaft und Kultur sowie für Umwelt, Energie und Klimaschutz, für die Unterstützung unserer Arbeiten.

Braunschweig, im Dezember 2017



Bernd Engel



Michael Kurrat

Dear Friends of the elenia,

2017 was a year marked by change. While the grand coalition in Berlin was replaced at this year's parliamentary election and thus the formation of a new government proved difficult, several eras in Brunswick concluded as well. After twelve years, the former TU president Prof Hesselbach's term of office ended and, succeeding the 272 years of history of the university, our first female president was appointed.

At the same time there were several personnel changes on faculty and institute level. On April 1, 2017 Prof Kurrat assumed the position as Dean of the Faculty of Electrical Engineering, Information Technology and Physics. Important areas of activity are the preparation for the 2019 accreditation of the study programs and the strategic orientation of the faculty for the years until 2030. After all, ten chairs of the faculty are waiting to be filled during this period. Therefore, Prof Engel is the Managing Director of the Institute for the next two years. Also, Dr Hilbert became the new chief engineer of elenia and thus, is a permanent employee of the TU. His new responsibilities include the lectures "High Voltage Technology I and II" as well as his own assignments in research and elenia's administration. There, he supports the Institute's management in various activities such as personnel planning and the workshop management. Also, he wants to get further scientific qualifications within the scope of his habilitation.

Due to this alleviation, Prof Kurrat is able to offer new lectures such as "Development and Calculation of DC Networks" and "Development and Capacity of Storage Systems" in the professionalization module Energy Technology and the Master Program Electric Mobility. By the active support of Dr Hemdan the research area High Voltage DC Transmission was strengthened. His English lecture "HVDC-Technology" with PSCAD exercises was well attended. And thus, he was able to recruit young scholars for a research group "HVDC Technology" whose management he will assume next year.

In January 2017, the death of Dr Ulrich Braunsberger moved us deeply. In his position as chief engineer he managed the "Versuchsanlage Hallendorf" as an institute's field office in Salzgitter-Hallendorf for many years. We shall remember him in best memory.

With the employment of Mr Scholz, we are now able to further develop the institute's growing IT system. Additionally, Miss Damrath became the next trainee under workshop manager Mrs Rach.

Our three focus groups – Components of Power Supply, Smart Grids and Electric Mobility – have once more been highly successful.

The focus group *Smart Grids* is pleased to announce two new joint projects which are funded by the BMWi from December 1, 2017: *Regelung und Stabilität im Stromrichter-dominierten Verbundnetz (Netzregelung 2.0)* in collaboration with the Fraunhofer IWES, Kassel and the University of Kassel, as well as, *Modellierung zukünftiger Bilanzkreisbewirtschaftung (MoZuBi)* in cooperation with the IZES, Saarbrücken. Transmission and distribution system operators, alongside the industry take part in both projects. The project *elenia energy lab*, which has been funded by almost one Million euros by the BMWi, obtained newly renovated experimental space on the ground floor of the southern tower of the Mühlenpfordthaus and carried out initial tests on power efficiency of PV storage systems. This is a first step towards the implementation of an electrical engineering room concept in this building, followed by the move and expansion of the student's computer room. Another application for the *elenia energy lab* is to serve the energy research joint of the TU (EFK BS) of the energy research center Lower Saxony (EFZN) as a collective research infrastructure for smart, decentralized energy systems.

The focus group *Electric Mobility* had a successful year 2017. Thus, the *elenia* was able to establish itself as an important part within the Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeug (NFF) due to the focus group. One example of this is the interdisciplinary joint research project *lautlos&einsatzbereit*. At the beginning of August, we celebrated the hand-over of the keys of 15 electric cars to the police in the presence of the TU president. As of that day, the cars are used for patrol duty and criminal investigations. Meanwhile, the “data hunt” for a data basis by the involved institutes is ongoing, in order to develop an integrated system for fleet planning and control, as well as charging management. Also, we are happy to report that the work with our local partners – BS Energy and BS Netz – has been intensified on the field of Electric Mobility. The successful cooperation with the PTB's focus group *Electrochemistry and Electrochemical Energy Storages* will continue in the *Referenz-Impedanzspektrometer* project.

The focus group *Components of Power Supply* targets the development and hedging of new projects. Our portfolio extends from partial discharge measurements of switching gear to pressure measurements in plasma operations to non-contact temperature measurements of zero point of electrical contacts during switching procedure. Through the valuable cooperation with the INP Greifswald, we were able to perform optical measurements of plasma temperature. To support the investigation of low voltage DC protection devices, a laboratory for grid integration as well as a DC-Microgrid laboratory, which allows for a structure with different network topologies, have been set up. After thorough examination of the grid connec-

tion at the transformer substation, the high-voltage DC laboratory with the impressive data of 12 kV and 30 kA will be implemented next year.

The research on the DC wiring system is included in full proposal the for the excellence cluster SE<sup>2</sup>A, on *Nachhaltige und effiziente Energie in der Luftfahrt*. We are especially pleased about the cooperation with the PTB on the areas of *Explosion Protection and Electric Energy Measurements*. In the course of our joint doctoral projects we explore the influences of surface charge on electrical stability under DC voltage load as well as the measurement capabilities of rapid transient processes of high-voltage DC switches.

We want to thank the leaders of our research focus groups and working groups, who take the time for this responsible task in addition to their research projects. Special thanks are extended to Dr Lienesch of the PTB, who acts as a mentor, and supports the research under the focus of electric mobility.

Great events cast a long shadow in advance and so we are delighted to announce that firstly, in May 2018 the TU will solemnize the “Tag der Energieforschung” with significant support of the elenia. Also on this day, the elenia’s new research laboratories will be inaugurated. Secondly, for September 2018 the institute’s traditional symposium will take place, to which you all are invited.

Finally, we would like to thank you, our business and research partners, our external lecturers, the „German Research Foundation (DFG)”, the project managements, the Federal Ministries, the Volkswagen Foundation, the Ministry for Science and Culture as well as the Ministry for Environment, Energy and Climate Change from Lower Saxony for your great support on our work.

Best wishes for a happy and successful year 2018!

Braunschweig, December 2017



Bernd Engel



Michael Kurrat

## 1 Personelle Besetzung des Instituts – Staff

### Vorstand (Managing Board)



Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel  
(Geschäftsführender Institutsleiter)



Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat  
(Dekan der Fakultät für Elektrotechnik,  
Informationstechnik, Physik)

### Professoren im Ruhestand (Retired Professors)



Prof. a. D. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer



Prof. a. D. Dr.-Ing. Jürgen Salge

### Honorarprofessoren (Honorary Professors)



Prof. Dr.-Ing. Bernhard von Gersdorff



Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dieter Kind

**Lehrbeauftragte (Lecturers)**



Dr.-Ing. Gunnar Bärwaldt



Dr.-Ing. Johannes  
Schmiesing



Dr.-Ing. Christian Schulz

**Akademischer Oberrat  
(Academic Senior Councilor)**



Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening

**Oberingenieur  
(Chief Engineer)**



Dr.-Ing. Michael Hilbert

**Geschäftsstelle (Head Office)**



Jacqueline Schmidt



Petra Thiele

**IT-Administration (IT Administration)**



Fabian Scholz

**Elektrische Werkstatt (Electrotechnical Workshop)**



Christian Ryll  
(Werkstattleitung)



Dominik Manz

**Mechanische Werkstatt (Mechanical Workshop)**



Kerstin Rach  
(Werkstattleitung)



Frank Haake



Reinhard Meyer



Julia Musebrink



Stefanie Adamski  
(Auszubildende)



Alessa Damrath  
(Auszubildende)



Vincent Winkler  
(Auszubildender)

**AG Energiesysteme – Wissenschaftlicher Leiter Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel**

(WG Energy Systems – Scientific Director Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel)



Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Franziska Lobas-Funck  
(AG-Leitung)



Julia Seidel, M. Sc.  
(AG-Leitung)



Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Daniel Unger  
(AG-Leitung)



Dipl.-Ing. Stefanie Čelan



Stephan Diekmann, M. Sc.



Dipl.-Ing. Jens Eickelmann  
(ext. Doktorand,  
Phoenix Contact)



Henrik Herr, M. Sc.



Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)  
Raphael Hollinger, M.Sc.  
M.Eng. (ext. Doktorand,  
Fraunhofer ISE)



Hartmudt Köppe, M. Sc.



Hauke Loges, M. Sc.



Ole Marggraf, M. Sc.



Maria Nuschke, M. Sc.  
(ext. Doktorandin,  
Fraunhofer IWES)



Björn Osterkamp, M. Sc.



Florian Rauscher, M. Sc.



Christian Reinhold, M. Sc.



Jonathan Ries, M. Sc.



Dipl.-Ing. Sönke Rogalla (ext.  
Doktorand, Fraunhofer ISE)



Florian Schilling, M.Sc.  
(ext. Doktorand, PTB)



Matthias Schmidt, M. Sc.  
(ext. Doktorand, PTB)



Frank Soyck, M. Eng.



Dipl.-Ing. Jonas Wussow

**AG Energietechnologien – Wissenschaftlicher Leiter Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat**  
(WG Energy Technologies – Scientific Director Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat)



Kerstin Ryll, M. Sc.  
(AG-Leitung bis 10/2017)



Dirk Bösche, M. Sc.  
(AG-Leitung ab 11/2017)



Muhamet Alija, M. Sc.



Dipl.-Ing. Jan Bellin  
(ext. Doktorand, VW)



Dipl.-Ing. Daniel Hauck  
(ext. Doktorand, PTB)



Dr.-Ing.- Nasser Hemdan



Dr.-Ing. Michael Hilbert



Dipl.-Ing. Nicholas Hill



Louisa Hoffmann, M. Sc.



Christoph Klosinski, M. Sc.



Dipl.-Ing. Tobias Hartmut  
Kopp



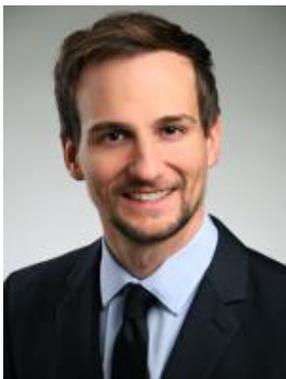
Benjamin Kühn, M. Sc.



Jan Mummel, M. Sc.



Fridolin Muuß, M. Sc.



Tobias Pieniak, M. Sc.



Olga Pronobis, M. Sc.



Tobias Runge, M. Sc.



Christian Sander, M.Sc. (ext. Doktorand, Phoenix Contact)



Dipl.-Ing. Carola Schierding (ext. Doktorandin, PTB)



Lorenz Soleymani, M. Sc.



Benjamin Weber, M. Sc.



Uwe Westerhoff, M. Sc.



Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening

**Neue Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen**

Folgende Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen sind seit dem 01.01.2017 neu hinzugekommen:  
(The following employees joined the institute since January 2017)

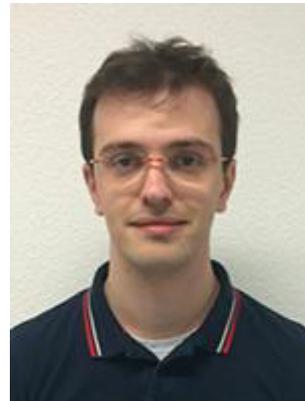
Am 13.01.2017

Birgit Powering



Am 01.02.2017

Muhamet Alija



Am 01.04.2017

Olga Pronobis



Am 20.06.2017

Fabian Scholz



Am 01.08.2017

Alessa Damrath



Am 16.10.2017

Louisa Hoffmann



Am 01.11.2017

Henrik Herr



Am 01.11.2017

Benjamin Weber



Wir begrüßen die neuen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen an unserem Institut herzlich und freuen uns auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit.

### **Ausgeschiedene Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen**

Folgende Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen sind seit dem 01.01.2017 ausgeschieden:  
(The following employees left the institute since January 2017)

Am 31.03.2017      Hendrik-Christian Köpf



Am 31.08.2017      Stefan Laudahn



Am 31.08.2017      Birgit Powering



Am 30.11.2017      Sebastian Wermuth



Am 31.12.2017 Franziska Lobas-Funck



Wir wünschen den ausgeschiedenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für die Zukunft weiterhin viel Erfolg und alles Gute.

Als wissenschaftliche Hilfskräfte waren seit dem 01.01.2017 tätig:

(Research assistants for the year 2017)

Ahrens, Thomas	Günzel, Vincent	Shiyanov, Denis
Altmann, Dennis	Hasse, Henrik	Sinnigen, Markus
Anspach, Frederik	Heidebroek, Stefan	Spohr, Alexander
Ballard, Alexey	Herdle, Fabian	Steinmann, Christoph
Bei der Wieden, Malte	Herman, Robin Frederik	Stücke, Lia
Berg, Adrian	Hugo, Marvin	Thienemann, Christian
Beste, Justus	Ismar, Fabian	Tiwa Fotio, Geraud
Braun, Gerrit	Kahmann, Tamara	Untiedt, Markus
Busch, Jörn	Kluge, Christin	Vogel, Jonas
Claaßen, Lars	Korff, Felix	Wagner, Henrik
Di Modica, Gian-Luca	Loba, Marvin	Walker, Arnold
Fetzer, Alina	Matern, Marius	Weber, Benjamin
Finke, Sieko	Messmer, Jana	Weber, Niklas
Freitag, Patrick	Meyer, Sören	Wienken, Henrik
Friese, Jana	Meyer, Timo	Wierzbowski, Adrian
Ghorbanpour Besheli, Saeed	Neumann, Shivananda	Woermann, Mara
Gies, Stefan	Peters, Enno	Wolf, Sebastian
Gitin, Ilja	Rinder, Patrick	Wolter, Nils
Goebel, Adrian	Schilling, Dennis	Yu, Qian
Götzinger, Moritz	Seffner, Christoph	Zimmermann, Violetta
Gräfer, Nils		

## 2 Lehre – Lectures

### 2.1 Vorlesungen und Praktika – Lectures and Laboratories

<b>Vorlesungstitel</b>	<b>Vortragender</b>	<b>Zeitraum</b>
Aufbau und Berechnung von Gleichstromsystemen	Prof. Kurrat	WiSe 17/18
Doktorandenseminar Hochspannungstechnik	Prof. Kurrat	SoSe 17 WiSe 17/18
Doktorandenseminar Nachhaltige Energiesysteme	Prof. Engel	SoSe 17 WiSe 17/18
Elektrotechnik 1 für Maschinenbau	Prof. Engel	WiSe 17/18
Elektrische Bahnen	Prof. Engel	SoSe 17
Elektrische Ausrüstung von Schienenfahrzeugen	Prof. Engel	SoSe 17
Elektrische Energieanlagen I	Dr. Wilkening	WiSe 17/18
Elektrische Energieanlagen II	Dr. Wilkening	SoSe 17
Energiewirtschaft und Marktintegration erneuerbarer Energien	Prof. Engel	WiSe 17/18
Fahrzeuge (Energieversorgung, Alternative Antriebe) im Rahmen der VL ÖPNV – Betrieb und Fahrzeuge (IMAB)	Prof. Engel	SoSe 17
Gleichstrom- und Speichersysteme	Prof. Kurrat	SoSe 17
Grundlagen der elektrischen Energietechnik	Prof. Kurrat	SoSe 17
Grundlagen der Energietechnik für Umweltingenieure – Teil 2	Prof. Kurrat	WiSe 17/18
High Voltage Direct Current Transmission Technology	Dr. Hemdan	SoSe 17
Hochspannungstechnik I	Dr. Hilbert	WiSe 17/18
Hochspannungstechnik II	Dr. Hilbert	SoSe 17
Innovative Energiesysteme	Prof. Engel	SoSe 17
Managementmethoden für Ingenieure	Dr. Bärwaldt	WiSe 17/18
Numerische Berechnungsverfahren	Prof. Kurrat	WiSe 17/18
Studienseminar	Prof. Kurrat/ Prof. Engel	SoSe 17 WiSe 17/18
Systemtechnik in der Photovoltaik	Prof. Engel	WiSe 17/18
Technologien der Verteilungsnetze	Dr. Schmiesing	SoSe 17
Technologien der Übertragungsnetze	Dr. Schulz	WiSe 17/18
<b>Praktika</b>		
Innovative Energiesysteme - Praktikum	Prof. Engel	SoSe 17
Numerische Berechnungsverfahren – Rechnerpraktikum	Prof. Kurrat	SoSe 17
Hochspannungstechnik – Praktikum	Prof. Kurrat	WiSe 17/18
Analyse und Planung von Netzen	Prof. Engel	WiSe 17/18
Labor Master Elektromobilität	Soleymani	WiSe 17/18

### **Aufbau und Berechnung von Gleichstromsystemen**

(WiSe 17/18) 2 V, 2 Ü

Im Rahmen der Vorlesung werden Grundkenntnisse über den Aufbau und die Funktion von Gleichstromsystemen übermittelt. Nach Abschluss der Vorlesung haben die Studierenden Kenntnisse in den Bereichen:

Berechnung und Auslegung von Gleichstromnetzen • Aufbau und Betrieb von Gleichstromnetzen • Modellierung und Simulation von Gleichstromnetzen • Topologien von Industriernetzen, Inselnetzen, Bordnetzen etc. • Fehlerdetektion, -charakterisierung und -ortung • Gleichstrommesstechnik • Ein- und Ausschaltvorgänge in Gleichstromnetzen

### **Doktorandenseminar**

(SoSe 17) 1 V und (WiSe 17/18) 1V

Die Inhalte des Doktorandenseminars befassen sich mit Aspekten des wissenschaftlichen Arbeitens.

Schwerpunkt im SoSe 17: System Engineering

Schwerpunkt im WiSe 17/18: Aktuelle Forschungsthemen

### **Elektrotechnik 1 für Maschinenbau<sup>1</sup> (Bachelor)**

(WiSe 17/18) 2 V, 1 Ü

Grundbegriffe der Elektrotechnik • Elektrostatisches Feld • Elektrischer Gleichstromkreis • Magnetisches Feld • Gleichstrommotoren • Elektrische Sicherheit

### **Elektrische Bahnen**

(SoSe 17) 3 V, 1 Ü

Repetitorium Elektrotechnik • Bahnstromversorgung • Traktionsmechanik • Elektrische Traktion • Bremsen • Hilfsbetriebe • Signal- und Sicherungssysteme • Leittechnik • Fahrgastinformation • Ausgeführte Fahrzeuge • Zukünftige Entwicklungen • elektrische Oberleitungs- und Batteriebusse

### **Elektrische Ausrüstung von Schienenfahrzeugen**

(SoSe 17) 1 V

Traktionsmechanik • Elektrische Traktion • Bremsen • Hilfsbetriebe • Signal- und Sicherungssysteme • Leittechnik • Fahrgastinformation • Ausgeführte Fahrzeuge • Zukünftige Entwicklungen

### **Elektrische Energieanlagen I**

(WiSe 17/18) 2 V, 2 Ü

Leitungs- und Netzformen • Ersatzschaltungen und Kenndaten der Netze • Berechnungen von Leitungen und Netzen • Kurzschluss- und Lastflussrechnung • Netzstabilität • Schutzmaßnahmen

---

<sup>1</sup> Pflichtvorlesung für alle Studierenden des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens Maschinenbau.

## **Elektrische Energieanlagen II**

(SoSe17) 2 V, 2 Ü

Anforderungen an Aufbau und Wirkungsweise von Betriebsmitteln der elektrischen Energieversorgung • Grundsaltungen und Aufbau von Schalt- und Umspannstationen • Schaltgeräte • Freileitungen • Erdungsanlagen • Netzschutz

## **Energiewirtschaft und Marktintegration erneuerbarer Energien**

(WiSe 17/18) 2 V, 2 Ü

Energiewirtschaft • Energiepolitik • Gesetze und Fördersysteme • Märkte (Strommarkt 2.0, Regelleistungsmarkt) • Direktvermarktung /Bilanzkreismanagement • Virtuelles Kraftwerk - Großspeicher

## **Gleichstrom- und Speichersysteme**

(SoSe 17) 2 V, 2 Ü

Im Rahmen der Vorlesung werden Grundkenntnisse über den Aufbau und die Funktion von Gleichstrom- und Speichersystemen übermittelt:

Überblick über verschiedene Speichertechnologien • Grundlagen der Gleichstromnetze • Ladeinfrastruktur • Kfz-Bordnetze • Alterung und Diagnostik von Batteriespeichern

## **Grundlagen der elektrischen Energietechnik<sup>2</sup> (Bachelor)**

(SoSe 17) 3 V, 1 Ü

(gemeinsam mit Prof. Henke und Prof. Mallwitz)

Der von Prof. Kurrat vertretene Anteil beinhaltet: Grundzüge der elektrischen Energiewirtschaft • Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung und elektrische Energieerzeugung

## **Grundlagen der Energietechnik für Umweltingenieure - Teil 2**

(WiSe 17/18) 2 V, 2 Ü

Nach Abschluss dieses Modulbestandteiles sind die Studierenden dazu in der Lage, grundlegende Kenntnisse des elektrischen und magnetischen Feldes anzuwenden. Darüber hinaus beherrschen sie die Grundzüge der Gleich- und Wechselstromnetze. Abgeschlossen wird dieses Modul mit einer Einführung in die Drehstromnetze und Erneuerbare Energien.

## **Hochspannungstechnik I**

(WiSe 17/18) 3 V, 1 Ü

Die Vorlesung vermittelt Grundlagen zur Auslegung und Beurteilung von Hochspannungs-Isoliersystemen:

Energieübertragungssysteme im Umbruch • Hochspannungsnetze: Übertragungsverluste, Spannungsebenen, Verbund- und Verteilnetze • Definition der Isolationskoordination • Entstehung von Überspannungen: Gewitterentstehung, Blitzschutz, äußere und innere Überspannungen • Wanderwellenphänomene: TEM-Welle, Transmission und Reflexion, Wellenersatzschaltbild, Mehrfachreflexion • Sicherheitsvorschriften • Grundprinzipien von Isoliersysteme-

---

<sup>2</sup> Pflichtvorlesung für alle Studierenden der Elektrotechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens Elektrotechnik.

men • Gasförmige, flüssige und feste Isoliersysteme • Elektrische Festigkeit: Gasdurchschlag, Teilentladungen, Durchschlag in flüssigen und festen Isolierstoffen

### **Hochspannungstechnik II**

(SoSe 17) 3V, 1 Ü

In der Vorlesung werden die Grundlagen zur Durchführung und Bewertung von Hochspannungs- und Hochstromprüfungen behandelt:

Anwendung der beschreibenden Statistik auf Versuchsergebnisse • Durchführung von Netzberechnungen mit LT-Spice • Einführung in die Sicherheitsbestimmungen beim Betrieb von Anlagen • Übersicht zur Erzeugung hoher Spannungen im Prüffeld • Beschreibung und Berechnung von Systemen zur Messung hoher Spannungen im Prüffeld • Überblick zur Erzeugung hoher Stoß- und Kurzzeitströme im Prüffeld • Grundlagen der Strommesstechnik

### **High Voltage Direct Current Transmission Technology**

(SoSe 17) 2 V, 2 Ü

The course helps the students to understand the principles of operation of HVDC systems. The course covers the basics of power electronic devices used in HVDC applications, analysis of single phase and three phase thyristor converters. Moreover, the course covers advanced topics such as control of HVDC systems, fault analysis in HVDC systems, Multiterminal operation of HVDC systems, and voltage source converter technology. In the exercises the PSCAD EMTDC software is used to simulate different converter circuits starting from simple AC and DC circuits till simulation of HVDC point to point systems.

### **Innovative Energiesysteme**

(SoSe 17) 2 V, 2 Ü

Die Studierenden haben nach Abschluss des Moduls Kenntnisse über die konventionelle und nachhaltige Erzeugung von elektrischer Energie erlangt, sowie neuste Entwicklungen kennengelernt. Darüber hinaus wird Wissen über die Verknüpfung der verschiedenen Erzeugungsanlagen vermittelt. Die Studierenden werden dadurch in die Lage versetzt, die unterschiedlichen Erzeugungsanlagen hinsichtlich ihres Primärenergieverbrauchs und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt zu bewerten sowie Vor- und Nachteile zu benennen. Weitere Inhalte sind:

Netzentwicklung • Konventionelle Kraftwerke • Erneuerbare Energien • Virtuelle Kraftwerke • Systemdienstleistungen

### **Managementmethoden für Ingenieure**

(WiSe 17/18) 2 V, 2 Ü

Die Vorlesung zeigt Möglichkeiten und notwendige Randbedingungen für die wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik auf. Dabei wird Management-Basiswissen in der Form vermittelt, dass Ingenieuren die Zusammenhänge von Kosten, Qualität und Zeit verständlich gemacht werden, dass aber auch Betriebswirten gleichzeitig ein Einblick in technische Problemkreise ermöglicht wird.

### **Numerische Berechnungsverfahren**

(WiSe 17/18) 2 V, 2 Ü

Eliminations- und Iterationsverfahren zur Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme • Numerische Integration von Systemen gewöhnlicher Differentialgleichungen • Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen 2. Ordnung

### **Systemtechnik in der Photovoltaik**

(WiSe 17/18) 2 V, 1 Ü

Die Vorlesung gibt einen Überblick über die Anforderungen an die Systemkomponenten der netzgekoppelten und Inselnetz-Photovoltaikanlagen. Durch Förderprogramme und den starken Preisverfall bekommt die Photovoltaik eine wachsende Bedeutung für die elektrische Energieversorgung. Besonders wird auf die Wechselrichtertechnik und PV-Speichersysteme eingegangen.

### **Technologien der Verteilungsnetze (Bachelor)**

(SoSe 17) 3 V, 1 Ü

In dieser Vorlesung werden die Struktur der Verteilungsnetze und ihre Weiterentwicklung erklärt. Weitere Inhalte sind:

- Verteilnetze in der Energieversorgung • Netzstrukturen • Betriebsmittel • Schutzkonzepte
- Systemdienstleistungen • Netzentgelte

### **Technologien der Übertragungsnetze (Bachelor)**

(WiSe 17/18) 2 V, 2 Ü

Übersichtsvorlesung zu den Themen:

Hochspannungstechnik • Smart Grid • Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung • Drehstromsysteme • Elektrische Energieerzeugung

## Studienseminare – Student Lectures

*Christian Reinhold, M.Sc.*

### WiSe 2016/2017 „elenia – Studienseminar, Aktuelles aus der Energietechnik: Forschung – Technik – Trends“

Im Wintersemester 2016/2017 fanden insgesamt 16 Vorträge zum Thema „Aktuelles aus der Energietechnik: Forschung – Technik – Trends“ im Seminarraum des elenias statt. Die Veranstaltung war auf zwei Tage aufgeteilt, den 25.01.2017 und 26.01.2017.

#### Tag 1

Markus Sinnigen	Wendelstein 7-X - Supraleitendes Magnetsystem, Plasmagefäß und Plasmaheizung des Stellarator-Fusionsexperiments
Richard Düren	Sicherheitskritische Betriebszustände und Fehlerfälle beim Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien
Oliver Landrath	Blitzschutzkoordination im Niederspannungsnetz
Maite Selene Aramburu	Post-Mortem-Analyse von Lithium-Ionen-Batterien
Timo Hickisch	Zündgefahrenbeurteilung von Lithium-Ionen-Batterien für den Einsatz im Explosionsschutz
Lukas Stichnoth	Wie gut sind deutsche Automobilhersteller auf den Gesetzesvorschlag, dass ab 2030 nur noch Elektroautos zugelassen werden dürfen, vorbereitet?
Michael Ochs	Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität in Deutschland - Irrweg oder sinnvolle Strategie für die Zukunft?
Oliver Thiel	Schutzkonzepte und Fehlersuche in Mittelspannungsnetzen

#### Tag 2

Simon Köster	Prognoseverfahren im Bereich von Energiemanagementsystemen
Vincent Günzel	Home Energy Management Systems
Lukas Otte	Analytischer Vergleich diverser thermischer Referenzlastprofile
Anne Preißler	Energieversorgungsnetz außerhalb der ENTSO-E
Mike Stefan Skroch	Intelligentes Laden von Elektrofahrzeuge
Paul Broschinski	Stromdienstleistung mit PV-Heimspeichersystemen
Lukas Hartjen	Blockchain in der Energiewirtschaft
Markus Untiedt	Clearingstelle-EEG



Abbildung 1: Teilnehmer des Studienseminars im Wintersemester 2016/2017

Figure 1: Participants of the student lectures in winter 2016/2017

*Muhamet Alija, M.Sc.; Christian Reinhold, M.Sc.*

SoSe 2017 „elenia – Studienseminar, Aktuelles aus der Energietechnik: Forschung – Technik – Trends“

Im Sommersemester 2017 fanden insgesamt 16 Vorträge zum Thema „Aktuelles aus der Energietechnik: Forschung – Technik – Trends“ im Seminarraum des elenia und im Haus der Wissenschaft (Raum Veolia) statt. Die Veranstaltung war auf zwei Tage aufgeteilt, den 30.06.2017 und 05.07.2017.

Tag 1

Robin Frederick Herman	Kleinst-PV-Anlagen mit Schuko-Stecker, Aktueller Stand von Produkten und Normung
Xiaoxiong Wang	Agentenbasierte Modellierung für Energiesysteme
Timo Sauer	Rise of the Prosumer – Der Rollenwandel von Haushalten im Kontext der Energiewende
Malte Leif Stöbel	Geografische Verteilung von umrichterbasierten Erzeugungsanlagen in Deutschland
Alban Thibaut Djieya Kammeni	Regelung von konventionellen Kraftwerken
Keyuan Luo	Sind Wärmepumpen, Batteriespeicher und Elektrofahrzeuge schon heute bereit für's Smart Grid?
Luca Torrisi	Energiemanagementsysteme - finanzieller Mehrgewinn oder technische Spielerei?

Nils Gräfer Die Erfolgsgeschichte des KfW-Marktanreizprogramms für PV-Speicher - Aber wie gut sind aktuell Energiemanagementsysteme für KfW geförderte Speicher?

Tag 2

Huiyuan Hu Historische Entwicklung und aktueller Stand der Vakuumschalttechnik für die elektrische Energieversorgung

Björn Methner Zwangskommutierung in Hybridschaltgeräten. Wann ist sie sinnvoll?

Yu Zhang Möglichkeiten der Topologie-flexiblen Batteriemodulgestaltung

Christoph Steinmann Potentiale von Gleichstrom-Energieversorgungsnetzen

Adrian Berg Stand der Technik von Mittelspannungs-Gleichstrom-Energieversorgungsnetze

Niklas Rühmann Normative Isolierstoffcharakterisierung in der Hochspannungstechnik und im Explosionsschutz

Saeed Ghorbanpour Besheli Frequenzgang von Leistungstransformatoren

Janine Gläßner Eigenschaften und Verhalten der Bogenrestgassäule in Schaltstrecken der Niederspannungstechnik



Abbildung 2: Teilnehmer des Studienseminars im Sommersemester 2017

Figure 2: Participants of the student lectures in summer 2017

## 2.2 Studienarbeiten – Student Research Projects

(Bearbeitungszeit 10 Wochen)

Martin Boas	Entwicklung eines ganzheitlichen Konzepts zur elektrischen Energieversorgung eines Rechnerraums mit Gleichstrom ( <i>Soleymani</i> )
Lena Breuer	Analyse der stromseitigen Energieautarkiepotentiale im Wohngebäudebereich ( <i>Loges</i> )
Zeinab Shoushtari	Konzeptionierung eines Schnittstellendiagramms zur Visualisierung der Kommunikationsflüsse bei elektrischem Energiemanagement ( <i>Diekmann/Reinhold</i> )

## 2.3 Bachelorarbeiten – Bachelor Theses

(Bearbeitungszeit 4 Monate)

Özen Fidan	Konzeptentwicklung zur Nutzung von elektrischen Batterien als Pufferspeicher für Ladesäulen mit großer Leistung ( <i>Wussow</i> )
Till Garn	Simulationsgestützter Wirksamkeitsvergleich von Blindleistungsverfahren zur Spannungshaltung für neue Komponenten der Niederspannung ( <i>Marggraf</i> )
Götz-Nikolaus Grobelny	Untersuchung von Überstromerkennungsmethoden mithilfe eines FPGA-Steuergerätes für den Einsatz in Gleichstromsystemen ( <i>Klosinski</i> )
Lars Groppe	Objektorientierte Modellierung stochastischer Ladeprofile von Elektrofahrzeugen ( <i>Reinhold</i> )
Pascal Hose	Kalendarische Alterungsuntersuchung von Lithium-Ionen Batteriezellen bei verschiedenen Bedingungen für den Nachversorgungsmarkt ( <i>Hauck</i> )
Paul Jablonowski	Zukünftige Veränderungen bei der Regelleistungsbereitstellung durch umrichterbasierte Technologien ( <i>Seidel</i> )
Karl-Fabian Jagau	Zelldriftdiagnose eines Lithium-Ionen-Batteriemoduls unter zyklischer Belastung und verschiedenen Kühlkonfigurationen zur Dimensionierung eines passiven BMS ( <i>Hauck</i> )
Fabian Katschewitz	Simulationsbasierte Untersuchungen von AC und DC Microgrids für den Einsatz im Bereich Ladeinfrastruktur ( <i>Soleymani</i> )
Markus Klages	Objektorientierte Modellierung stochastischer Ladeprofile von Elektrofahrzeugen ( <i>Reinhold</i> )

Julia Koop	Untersuchung eines Fehlerlokalisierungsalgorithmus unter Berücksichtigung in Reihe geschalteter Spannungsquellen ( <i>Klosinski</i> )
Marvin Loba	Vergleich und Bewertung von Spannungshaltungskonzepten hinsichtlich Wirksamkeit und ökonomischen Gesichtspunkten ( <i>Marggraf</i> )
Carolin Ladda	Messtechnische Charakterisierung der berührungslosen Messung elektrostatischer Aufladung mittels Feldmühlen ( <i>Schierding</i> )
Sebastiano Principale	Untersuchung der Spannungshaltung in Niederspannungsnetzen unter Berücksichtigung von Ladepunkten in Prosumer-Haushalten ( <i>Wussow</i> )
Isabel Schmidt-Hebbel	Technisch-wirtschaftliche Analyse nationaler und internationaler Frequenzhaltungssysteme ( <i>Seidel/Osterkamp</i> )
Christopher Towara	Entwicklung eines Pufferspeichermodells zur Spitzenkappung bei Ladesäulen mit hoher Leistung in Powerfactory ( <i>Wussow</i> )
Fabian Wehmer	Ökonomischer Vergleich verschiedener Spannungshaltungskonzepte ( <i>Marggraf</i> )

## 2.4 Masterarbeiten – Master Theses

(Bearbeitungszeit 6 Monate)

Alexander Adam	Impedanzspektroskopie zur Optimierung eines Schnellladeprofils für die Automobile Anwendung ( <i>Westerhoff</i> )
Damaris Dose	Aufbereitung und Analyse der Messdaten einer Feldmesskampagne zur statischen Spannungshaltung im Niederspannungsnetz im Kontext der Energie- und Mobilitätswende ( <i>Marggraf</i> )
Alina Fetzer	Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Einspeisung einer Photovoltaikanlage ( <i>Seidel/Osterkamp</i> )
Julia Gartner	Entwicklung eines ganzheitlichen Elektromobilitätskonzepts unter Berücksichtigung von Netzzrückwirkungen und Lastmanagementstrategien auf dem VW-Betriebsgelände Wolfsburg ( <i>Wussow/Čelan</i> )
Julian Hahne	Implementierung der Kalibriermöglichkeiten für hohe Gleichspannungen bis 800 kV in das Qualitätsmanagementsystem der PTB ( <i>Meisner/Passon</i> )
Gary Hohlstein	Analyse der rechtlichen und wirtschaftlichen Ausgangssituation für die Nutzung des aktiven Blindleistungsmanagements aus Sicht der Anlagen- und Netzbetreiber ( <i>Köppe/Muuß</i> )

Fabian Ismar	Aufbau, Inbetriebnahme und Untersuchung der Bewegungscharakteristik eines Servoantriebes für einen Vakuum-Versuchsschalter ( <i>Kühn</i> )
Nils Janßen	Potentialanalyse von PV-Batteriespeichern in innovativen Strompreismodellen ( <i>Loges</i> )
Hui Jin	Entwicklung eines Batteriemodells auf Systemebene zur thermischen und elektrischen Simulation von Fahrzyklen ( <i>Hauck</i> )
Stefan Lehmker	Untersuchung und Entwicklung von Schutz- und Steuerungskonzepten im 20- und 110-kV-Netz Braunschweigs ( <i>Reinhold</i> )
Christoph Knibbe	Schwarzstart mit Photovoltaikanlagen ( <i>Osterkamp</i> )
Haozhe Kuang	Simulationsbasierte Untersuchungen zur statischen Spannungsstabilität in DC Microgrids ( <i>Soleymani</i> )
Sören Meyer	Messung der Substrattemperatur von IGBTs nach Impulsbelastung anhand der Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung ( <i>Bösche</i> )
Dirk Moos	Plasmadruckuntersuchungen an einer Funkenstrecke bei variablen Strömen ( <i>Runge</i> )
Roberto Meraner	Planung und Aufbau eines Gleichstrom-Hochleistungsprüffeldes zur Entwicklung von Niederspannungsschaltgeräten ( <i>Köpf</i> )
Guy Cedrick Kue Mouoffo	Programmierung und Test der DRT Methode zur Charakterisierung von elektrochemischen Impedanzspektren von Li-Ionen Batteriezellen ( <i>Westerhoff</i> )
Stephan Passon	Experimentelle Untersuchung eines breitbandigen ohmsch-kapazitiven Teilers zur Messung von Gleichspannungen bis 600 kV ( <i>Hilbert</i> )
Olga Pronobis	Untersuchung und Simulation der zeitlichen Temperaturverteilung von Vakuumbogen-Fußpunktspuren nach dem Stromnulldurchgang von Hochstrom-Ausschaltversuchen ( <i>Pieniak</i> ) Fabian Regier Bewertung und Vermeidung von stranded-investments bei der Netzintegration dezentraler Erzeugungsanlagen in das Verteilnetz ( <i>Marggraf</i> )
Sebastian Rickert	Konzeptionierung und Implementierung von Prognoseverfahren für Energiemanagementsysteme im Wohnsektor ( <i>Reinhold</i> )
Juri Scholten	Rechnergestützte Auslegung von Smart Home Systemen ( <i>Reinhold</i> )
Felix Schomburg	Simulationsbasierte Optimierung der Energiedichte von Lithium-Ionen Batterien ( <i>Westerhoff</i> )
Christoph Seffner	Flexibilisierung durch Demand Side Management – Eine Potentialanalyse ( <i>Seidel</i> )

Markus Sinnigen	Spektrale Untersuchungen von elektrischen Entladungen im Zündgrenzbereich bei Kontakt-Öffnungsvorgängen in explosiven Wasserstoff-Luft-Gemischen ( <i>Runge</i> )
Christian Thienemann	Entwicklung eines Kostenmodells für ausgewählte Test-Routinen eines Hochvolt-Prüfzentrums ( <i>Westerhoff</i> )
Zhe Wang	Entwicklung und Verifikation eines Durchschlagmodells in flüssigem Stickstoff auf Basis des verschleierten Gasdurchschlags ( <i>Hill</i> )
Benjamin Weber	Weiterentwicklung einer automatisierten LabVIEW-Auswerteroutine in einem Hochstrom-Prüffeld zur Analyse von Vakuumbogen-Aufnahmen mit zwei Kamerasystemen ( <i>Pieniak</i> )
Hendrik Wehmeyer	Stromgenerierte Kraftstoffe – Eine regionale Verteilnetzsimulation zur Potentialanalyse ( <i>Loges</i> )
Sascha Wolff	Entwicklung eines Simulationstools zur Nachbildung von kapazitiven Schaltvorgängen ( <i>Kühn</i> )
Guang Yin	Simulationsbasierte Untersuchungen der Einflussnahme von Elektrofahrzeugen mit einphasigen Ladevorgängen auf die statische Spannungsstabilität ( <i>Soleymani</i> )

### 3 Berichte aus Forschung und Entwicklung – Abstracts on Research Projects

#### Arbeit der Schwerpunkte im elenia

*Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp; Hartmut Köppe, M.Sc.; Ole Marggraf, M.Sc.; Jan Mummel, M.Sc.; Tobias Runge, M.Sc.*

Zur Stärkung des wissenschaftlichen Austausches sowie zur Planung der strategischen Ausrichtung des Instituts wurden am elenia drei Forschungsschwerpunkte aufgebaut (Abbildung 3). Diese werden jeweils von einem Mentor betreut und von Schwerpunktleitern koordiniert. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick der Themen gegeben. In den weiteren Unterkapiteln werden die einzelnen Forschungsthemen ausführlicher beschrieben.

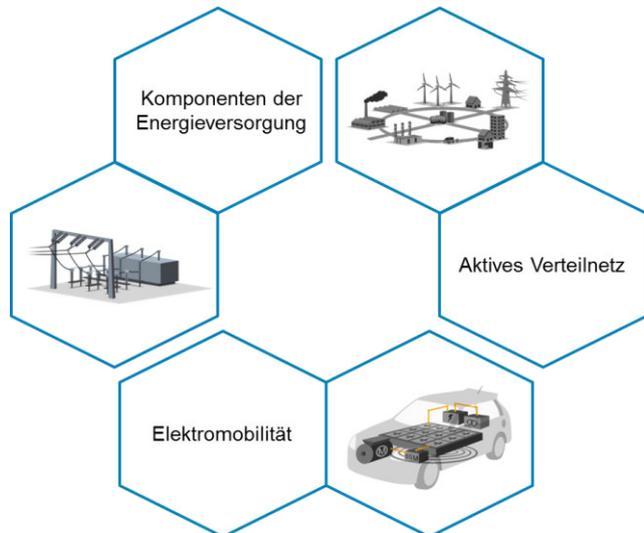


Abbildung 3: Forschungsschwerpunkte  
Figure 3: Research focus groups

#### Schwerpunkt: Komponenten der Energieversorgung

Mentor: Prof. Kurrat      Schwerpunktleitung: Tobias Hartmut Kopp (bis 09/2017),  
Tobias Runge (ab 10/2017)

Der Schwerpunkt beschäftigt sich mit Forschungsthemen im Bereich der Hochspannungstechnik und der Schaltgerätetechnik in der Nieder- bis zur Hochspannungsebene.

Aktuell werden im Bereich der Hochspannungstechnik Untersuchungen zu Durchschlagsmechanismen in tiefkalten Gasen, zu Teilentladungen und zur Elektrostatik durchgeführt. Im Bereich der Schaltgerätetechnik werden Schutzkonzepte vom inneren Blitzschutz bis zum koordinierten Schutz in Gleichstromsystemen untersucht. Weiterhin wird an der Technologie von Schaltgeräten in der Niederspannungsebene (Gleichstromschalter in Hybridtechnologie) über die Mittelspannungsebene (Vakuumschalter) bis zur Hochspannungsebene (Vakuumschalter) geforscht.

Damit die Forschungsthemen zukünftig weiter ausgebaut und in Bereichen höherer Leistungen Forschung betrieben werden kann, wird ein neues Gleichstrom-Hochleistungsprüffeld aufgebaut.

### **Schwerpunkt: Elektromobilität**

Mentor: Dr. Lienesch (PTB)

Schwerpunktleitung: Jan Mummel

Aus dem Strategieprozess der TU Braunschweig ist Ende 2014 der Schwerpunkt Elektromobilität am elenia entstanden. Durch die Forschungsinfrastruktur des *Niedersächsischen Forschungszentrums Fahrzeugtechnik (NFF)* und der darin eingebetteten *Battery LabFactory Braunschweig (BLB)* ist das elenia in interdisziplinären Projekten zur Elektromobilitätsforschung aktiv integriert. Die Kompetenzen sind dabei in den Bereichen des Hochvolt-Bordnetzes mit der Untersuchung von Schalt- und Schutzkonzepten, der Ladeinfrastruktur und dem Lademanagement mit dem Ziel der System- und Netzintegration von Elektrofahrzeugen und der Batteriesystemtechnik. Der Schwerpunkt forscht entlang des gesamten Lebenszyklus einer Batterie von der Herstellung über die Mobilitätsanwendung hin zur SecondLife-Anwendung bis zum Recyclingprozess.

### **Schwerpunkt: Aktives Verteilnetz**

Mentor: Prof. Engel

Schwerpunktleitung: Stefanie Čelan (bis 06/2017), Hartmudt Köppe, Ole Marggraf (ab 07/2017)

Im Schwerpunkt wird in verschiedenen öffentlich geförderten Forschungsprojekten an Themen der Netz-, Markt- und Systemintegration erneuerbarer Energieanlagen, Speichersystemen und neuen Verbrauchern, wie Elektrofahrzeugen und Power-to-Heat-Anwendungen gearbeitet. Ziel ist die effiziente Umsetzung der Energie-, Mobilitäts- und Wärmewende. Im Fokus stehen dabei die Aspekte der Systemdienstleistungen, wie die Entwicklung neuer Verfahren zur Netzregelung und Spannungshaltung. Der Aufbau von Energiemanagementkonzepten für Ein- und Mehrfamilienhäuser und die Integration von Batteriespeichern werden ebenso thematisiert. Weiterhin werden neue Marktmodelle erarbeitet, welche die Bereitstellung von Systemdienstleistungen aus Windkraft- und PV-Anlagen ermöglichen.

### **Research focus groups at elenia**

*Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp; Hartmudt Köppe, M.Sc.; Ole Marggraf, M.Sc.;*

*Jan Mummel, M.Sc.; Tobias Runge, M.Sc.*

With the intention of reinforcing the scientific exchange as well as planning the strategic alignment of the institute, the elenia established three research focus groups (Figure 3). Each of these three groups are supervised by a mentor and coordinated by the research focus group leaders. Hereafter, a short overview of the focus groups will be given, followed by a detailed description of several research topics in the following subchapters.

### **Focus Group: Components for Power Supply**

Mentor: Prof. Kurrat                      Focus group leaders: Tobias Hartmut Kopp (until 09/2017),  
Tobias Runge (since 10/2017)

The group focuses on current research questions concerning technology in low- and high-voltage switchgear. Current projects concern discharge mechanisms in cryogenic gases, partial discharges and electrostatics. In the area of switch gear, protective devices from internal lightning protection to coordinated protection of DC systems are investigated. Additionally, switch gear technologies from low-voltage level (DC-switch gear in hybrid technology) to medium-voltage level (vacuum switches) up to high voltage level (vacuum switches) are investigated. In order to keep developing research topics in the future, especially in the field of high voltage, a new DC high-voltage test field is built.

### **Focus Group: Electric Mobility**

Mentor: Dr. Lienesch (PTB)                      Focus group leader: Jan Mummel

The focus group Electric Mobility is the result of the 2014 strategic process at the TU Braunschweig. Due to the research infrastructure of the NFF (*Niedersächsischen Forschungszentrums Fahrzeugtechnik*) and the embedded *Battery LabFactory Braunschweig* (BLB), the elenia is actively involved in interdisciplinary projects on electric mobility. Divisions of expertise are high-voltage wiring systems, including the investigation of switching and protection gear, charging infrastructure and -management with the objective to incorporate system and grid integration of electric vehicles and battery system technologies. The focus group research spans the length of a life cycle of a battery, from the production, to its mobility and SecondLife application to the recycling process.

### **Focus Group: Smart Grids**

Mentor: Prof. Engel                      Focus group leaders: Stefanie Čelan (until 06/2017), Hartmudt  
Köppe, Ole Marggraf (since 07/2017)

The focus group is working on several publicly subsidized research projects, with topics such as grid-, market- and system integration of renewable energy systems, storage systems and new loads like electromobility and power-to-heat-applications. The objective is the efficient implementation of the sustainable energy-, mobility and thermic transition. Therefore, aspects of system services such as the development of new methods for grid control and voltage stability are of primary concern. Additionally, the enhancement of energy management concepts for single-family and multi-family houses as well as the integration of battery storage is investigated. Further, new market models which allow windgenerators and PV-generators, to supply system services are compiled.

### 3.1 Komponenten der Energieversorgung –Components for Power Supply

Mentor: Prof. Kurrat                      Schwerpunktleitung: Tobias Hartmut Kopp (bis 09/2017),  
 Tobias Runge (ab 10/2017)

#### Untersuchung von DC-Mikronetzen in Bezug auf Fehlerdetektion, -charakterisierung, -ortung und -abschaltung

*Dr.-Ing. Nasser Hemdan; Christoph Klosinski, M.Sc.*

Eine wichtige Voraussetzung für die elektrische Energieversorgung ist der sicherere und zuverlässige Betrieb von Netzen. Eine stabile und ausfallsichere Versorgung muss für kostenintensive Anlagen jederzeit gewährleistet sein, da ein im Netz auftretender Fehler eine Gefahr für den beständigen Betrieb darstellt. Deshalb ist es nötig, Fehler schnellstmöglich abzuschalten. Jedoch steht in komplexeren Gleichstrom-Mikronetzen eine schnelle Fehlerfreischaltung meist im Widerspruch zur Selektivität. Hierdurch können fehlerfreie Teile des Netzes unnötig abgeschaltet werden. Deshalb ist eine Fehlerdetektionseinheit speziell für Gleichstromschalter umgesetzt worden, welche als intelligentes Schutzsystem innerhalb von Gleichstrom-Mikronetzen in der Niederspannungsebene dient. Es basiert auf dem Ansatz, die im Gleichstrom-Mikronetz auftretenden Ausgleichsvorgänge in Echtzeit auszuwerten. Hierbei werden modulare Gleichstromschalter verteilt im Gleichstrom-Mikronetz implementiert. Die Erfassung der Messwerte wird an jedem Schalter durchgeführt, indem jede Schaltereinheit mit Strom- und Spannungssensoren ausgestattet ist. Über Daten- und Steuerleitungen ist eine Kommunikation zwischen den Schaltereinheiten und der übergeordneten Fehlerdetektionseinheit möglich. Tritt im Gleichstrom-Mikronetz ein Fehler auf, führt dies zu einem Ausgleichsvorgang. Durch die Fehlerdetektionseinheit werden die damit einhergehenden Veränderungen von Strom und Spannung aufgrund der kontinuierlichen Über-

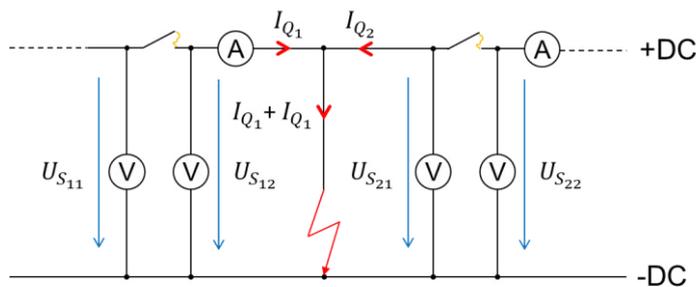


Abbildung 4: Zweiseitig gespeister Fehlerpfad

Figure 4: Double-side supplied fault

wachung messtechnisch erfasst (Abbildung 4). Liegen die erfassten Werte außerhalb eines als zulässig definierten Bereichs, wird dies als Fehler interpretiert und entsprechende Schutzmaßnahmen eingeleitet. Die Fehlerdetektion in dem Credit Point Schutzkoordinationskonzept erfolgt durch die Kombination von Auslösekriterien, wie dem Augenblickswert des Stroms, des Grenzlastintegrals, sowie der Strom- und Spannungsgradienten (Abbildung 5). Die Neuheit des Systems besteht in der Gesamtheit der miteinander verknüpften Fehlerdetektionskriterien und der selektiven Fehlerfreischaltung des übergeordneten Schutzsystems. Kurzzeitig

auftretende, impulsartige Überströme oder schleichend ansteigende Kurzschlussströme sollen durch das neuartige Schutzkonzept im Millisekundenbereich unterschieden werden können. Dies gewährleistet eine rasche Bewertung des Ausgleichsvorgangs und kann zu einer schnellen Fehlerdetektion führen. Für die Bestimmung der Ausschaltreihenfolge werden der Strom- und der Spannungsgradient verwendet. Diese können bei ausreichend hohen Leitungslängen ein Selektivitätsmerkmal zwischen mehreren seriell angeordneten Schaltern darstellen. Eine große Herausforderung liegt in der selektiven Fehlerfreischaltung bei mehrfach gespeisten Gleichstrom-Mikronetzen. Durch die synchrone Betrachtung mehrerer Schalter wird erreicht, dass bei zweiseitig gespeisten Gleichstrom-Mikronetzen im Fehlerfall eine effektive selektive Fehlerfreischaltung erfolgen kann.

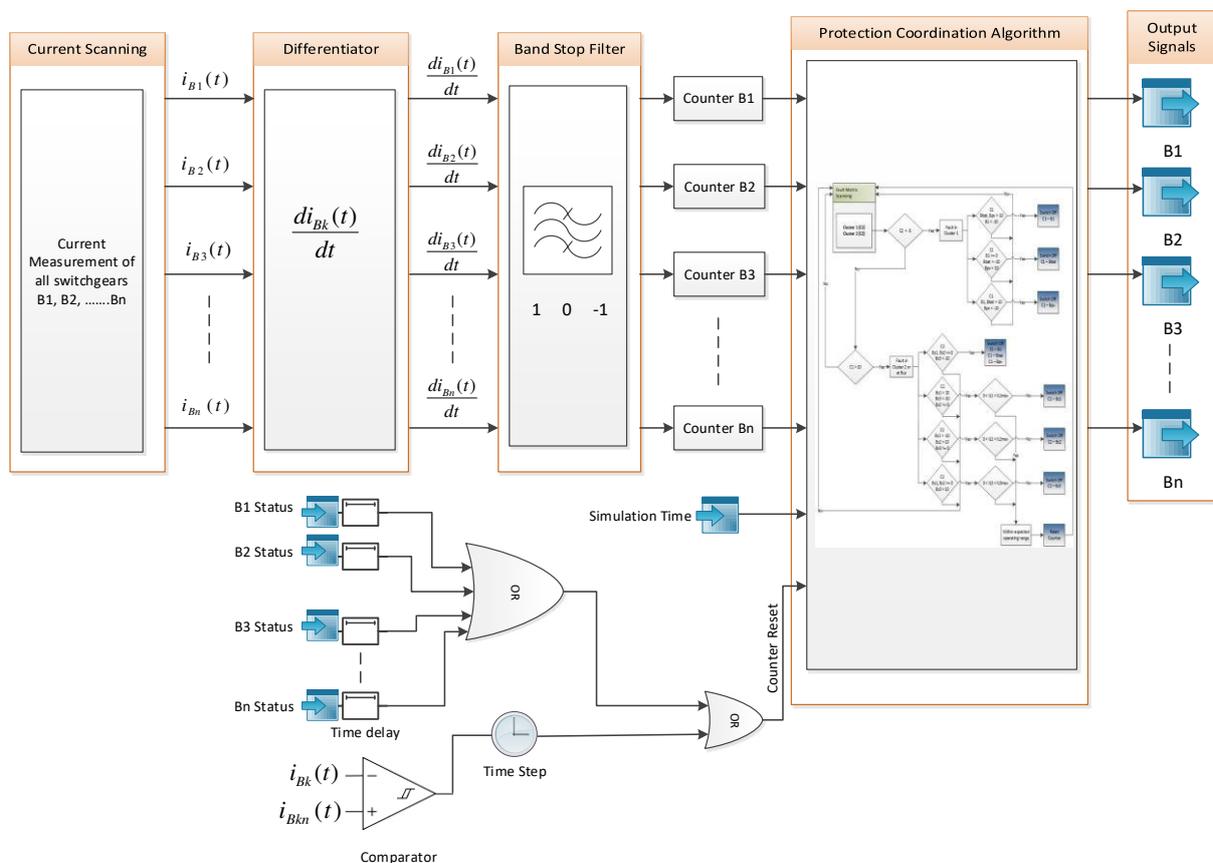


Abbildung 5: Credit Point Schutzkoordinationskonzept

Figure 5: Credit point protection coordination principle

## Fault Detection, Characterization, Allocation and Isolation in DC Micro Grids

*Dr.-Ing. Nasser Hemdan; Christoph Klosinski, M.Sc.*

A modular protection system for DC micro grids has been developed. The novelty of the realized protection system is the combination of different fault detection and selective fault clearing criteria. The protection system was developed based on real time monitoring of voltages

and currents at all switchgears within the DC system (see Figure 4). Intelligent modular DC switches were developed and implemented in typical DC networks. Each switch is equipped with calibrated voltage and current sensors, in order to efficiently measure the required signals. A software based fault protection unit was developed, which consists of input/output modules and a programmable fault detection algorithm. The communication between the modular DC switches and the fault protection unit is realized via data and control lines. The measured signals are processed by a control unit and as the values exceed predefined limits, this is interpreted as a fault initiating protective measures and appropriated switching signals will be sent to specified switches. The fault detection of the Credit Point protection and coordination concept is achieved by a combination of different criteria such as instantaneous current,  $i^2t$  limit integral, current gradient and voltage gradient (see Figure 5). The selective fault clearing is identified by the amplitudes of the voltage and current gradients. An impulse-like overcurrent or slowly-rising short-circuit currents can be identified by the fault characterization criteria. This ensures a reliable and rapid evaluation of the transient phenomenon.

### **Temperaturabhängige dielektrische Festigkeit von Isoliermaterialien**

*Dr.-Ing. Michael Hilbert; Dipl.-Ing. Nicholas Hill; Dipl.-Ing. Carola Schierding*

Für jedes Gerät der Elektrotechnik sind Prüfungen hinsichtlich der Stehspannungsfestigkeit vorgeschrieben. Diese Prüfungen, zu denen auch Teilentladungsprüfungen gehören, werden in der Regel bei Norm-Bedingungen (Raumtemperatur und Umgebungsdruck) durchgeführt. Untersuchungen an elenia an Niederspannungsgeräten zeigten jedoch, dass die Einsetzspannung von Teilentladungen (TE) stark von der Temperatur abhängig ist. Besonders in kleinen Räumen, wie Schaltschränken, können leicht hohe Betriebstemperaturen entstehen. Diese hohen Betriebstemperaturen reduzieren auch bei Niederspannungsgeräten die Einsetzspannung auf Werte nahe oder kleiner der Betriebsspannung. Unter diesen Voraussetzungen kann es zum dauerhaften Auftreten von TE kommen und somit zu einer schnelleren Alterung und verfrühtem Ausfall des Geräts.

Aufgrund dieses Verhaltens liegt es nahe, dass sich auch die Durchschlagspannung der Isoliermaterialien mit der Temperatur verändert. Um dies zu untersuchen wurde ein Prüfgefäß entwickelt und aufgebaut (Abbildung 6, links) welches die Untersuchung eines Isolierstoffs bei Temperaturen bis 150°C ermöglicht. Nach Norm VDE 303-21 werden Durchschlaguntersuchungen in Öl durchgeführt, um Entladungen über die Oberfläche zu vermeiden. Da jedoch bei Transformatoröl der Flammpunkt nur bei 138°C liegt und gegebenenfalls eine Beeinflussung der Proben durch Öl auftreten könnte, wurde eine Gasisolierung gewählt. Dadurch können allerdings Oberflächenentladungen leichter auftreten, weshalb Silikonringe auf die Ober- und Unterseite des Prüflings gepresst werden, um den Überschlag zu verhindern. Somit konnte eine temperaturabhängige Durchschlagsprüfung von Feststoffisolationen in Luft bei 20°C bis 150°C bis zu einer Spannung von 60 kV mit diesem Prüfgefäß realisiert werden.

Erste Versuche an Prüflingen aus Polyamid haben gezeigt, dass die Durchschlagspannung mit steigender Temperatur wie erwartet abnimmt. Die Durchschlagspannung bei 150°C kann sich dabei auf bis zu 50 % der Durchschlagspannung bei 20°C reduzieren. Dies zeigt, dass eine Berücksichtigung des Temperatureinflusses sinnvoll und notwendig ist.

Im Temperaturbereich mit Temperaturen kleiner 0°C, werden Untersuchungen bei kaltem Stickstoffgas durchgeführt. Diese umfassen vor allem die Wechsellspannungs- und Blitzstoßspannungsfestigkeit und zeigen eine deutliche Zunahme der elektrischen Festigkeit mit der Gasdichte (Gasdichte steigt mit sinkender Temperatur). Dabei bleibt die Gültigkeit des Paschengesetzes für Wechsellspannung bei homogenen und schwach inhomogenen Feldanordnungen erhalten. Diese Untersuchungen sollen neue Hinweise auf den Durchschlagprozess in flüssigem Stickstoff, welcher als Isolier- und Kühlmedium für Hochtemperatursupraleiter dient, liefern. Eine exemplarische Versuchsanordnung ist in Abbildung 6 (rechts) zu sehen.

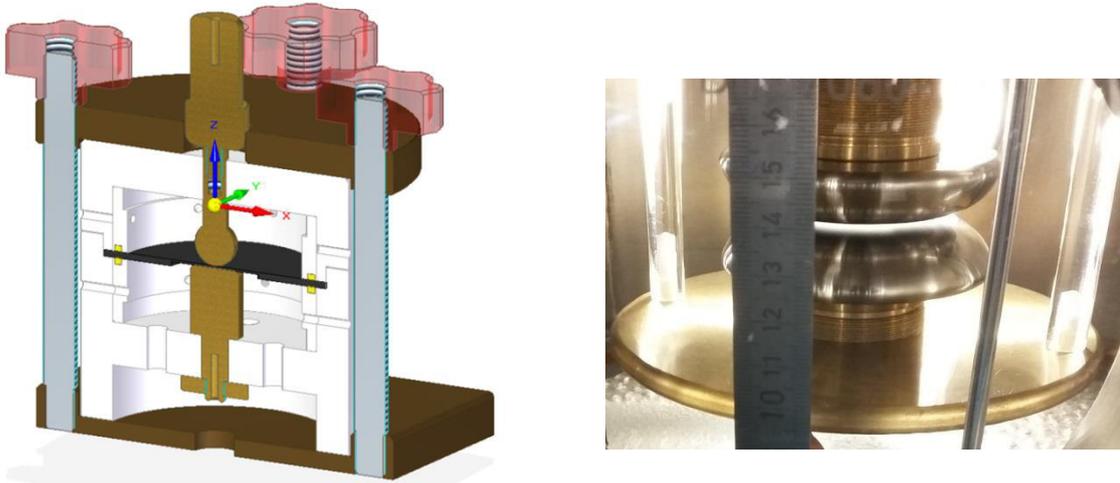


Abbildung 6: Prüfgefäß zur Durchschlagfestigkeitsprüfung bei höheren Temperaturen (links) und Versuchsanordnung bei niedrigen Temperaturen (rechts)

Figure 6: Test vessel for dielectric strength testing at higher temperatures (left) and test arrangement for low temperatures (right)

### Temperature-dependent Dielectric Strength of Insulating Materials

*Dr.-Ing. Michael Hilbert; Dipl.-Ing. Nicholas Hill; Dipl.-Ing. Carola Schierding*

For each electrical engineering device, tests for withstand voltage strength are prescribed. These tests, which include partial discharge tests, are usually carried out under standard conditions (room temperature and ambient pressure). However, investigations at elenia on low-voltage devices have shown that the inception voltage of partial discharges (TE) is highly dependent on temperature. It is possible that the inception voltages are reduced to values close to or lower than the operating voltage by higher operating temperatures, which can occur in

enclosed small rooms such as switching cabinets. In order to investigate the temperature dependent behavior of insulating materials, a test vessel (Figure 6, left) was developed and constructed which allows testing of an insulating material at temperatures up to 150°C. According to VDE 303-21, electrical breakdown tests are carried out in oil to prevent surface discharges. However, since the flame point of transformer oil is 138°C and the samples could be influenced by oil, gas insulation was chosen. Here, surface discharges can occur more easily, which is why silicone rings are pressed onto the upper and lower side of the test object to prevent flashover. This enables a temperature-dependent breakdown test of solid insulations in air at 20°C to 150°C up to a voltage of 60 kV. Initial tests on polyamide test specimens have shown the consideration of temperature to be sensible and necessary.

In the reverse temperature range, e.g. temperatures below 0°C, tests are conducted in cold nitrogen gas. These include AC and lightning impulse breakdown tests, which show a significant increase in electrical strength with gas density. Investigations are intended to provide new indications of the breakdown process in liquid nitrogen, which serves as an insulating and cooling medium for high-temperature superconductors. An exemplary experimental setup can be seen in Figure 6 (right).

### Untersuchungen von Blitzstromableitern basierend auf Funkenstreckentechnologie bei Stoßstrombelastung

*Tobias Runge, M.Sc.; Christian Sander, M.Sc.*

Blitzstromableiter (Typ 1 Ableiter) dienen zum Schutz elektrischer und elektronischer Geräte vor Überspannungen. Bei Blitzstromableitern basierend auf der Funkenstreckentechnologie wird in dem Ableiter bei einer definierten Überspannung ein Lichtbogen zwischen zwei Elektroden gezündet. Die Überspannung wird auf die Lichtbogenspannung reduziert und ein auftretender Blitzstrom wird gegen Erde abgeleitet. Aufgrund des Einbauortes von Blitzstromableitern kommt es während eines Ableitvorgangs zu Wechselwirkungen mit dem Versorgungsnetz. Hierbei könnten Netzfolgeströme Sicherungen auslösen oder den Ableiter teilweise zerstören. Deshalb werden sogenannte netzfolgestromfreie Funkenstrecken eingesetzt.

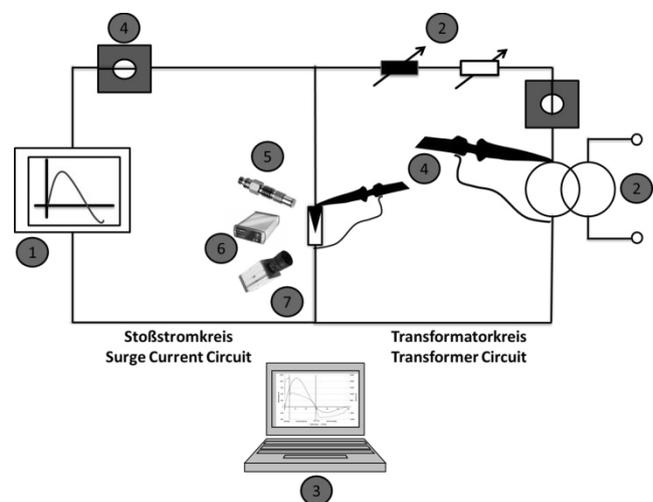


Abbildung 7: Prinzipschaltbild und Messsonden des Blitzschutzlabors.

Figure 7: Schematic diagram and measuring probes of the laboratory.

Für deren Untersuchungen stehen am elenia unterschiedliche Stoßspannungs- und Stoßstromgeneratoren zur Verfügung. Besonders hervorzuheben ist das Blitzschutzlabor. In diesem können zusätzlich zu einem Stoßstrom ein Niederspannungsnetz nachgebildet werden. Hierdurch können der Stoßstrom sowie der Netzfolgestrom betrachtet werden. In Abbildung 7 ist das vereinfachte Prinzipschaltbild des Labors dargestellt.

Der Stoßstrom wird mit Hilfe eines Stoßstromgenerators erzeugt (1). Hierbei können  $8/20 \mu\text{s}$  Impulse mit bis zu 25 kA aber auch  $10/350 \mu\text{s}$  Impulse mit bis zu 600 A erzeugt werden. Die Netznachbildung geschieht mittels drei 130 kVA Transformatoren, welche über optische Sequenzer potentialgetrennt zugeschaltet werden können (2). Zur Einstellung des ohmsch-induktiven Verhältnisses der Netznachbildung stehen Widerstands- sowie Induktivitätsbänke zur Verfügung (2). Bei diesen sehr schnellen Lichtbogenvorgängen ist eine stabile und zeitdiskrete Messtechnik notwendig. Hierfür stehen fünf Messsonden mit einer Amplitudenauflösung von 14-bit bei einer Samplingrate von 100 MS/s zur Verfügung. Die Messsonden sind über Lichtwellenleiter potentialgetrennt an das Messsystem angeschlossen (3). Weiterhin stehen diverse Messeinrichtungen zur Verfügung wie zum Beispiel Pearsonspulen und Hochspannungstastköpfe (4), Drucksensoren (5), ein Spektrometer (6) und eine High-Speed-Kamera (7).

Der Fokus der Untersuchungen kann in verschiedene Bereiche gegliedert werden (siehe Abbildung 8).

Mittels der Entwicklung geeigneter Modelle, Simulationen und Prüftechnik wird das Verhalten des Plasmas während des Stoßstroms untersucht. Weiterhin ist der gegenseitige Einfluss des Netzfolgestroms mit dem Plasmaverhalten Bestandteil der Forschung. Untersuchungen zum Kammerwandmaterial insbesondere der Wechselwirkungen mit dem Plasma werden ebenfalls am Institut durchgeführt. Diese verschiedenen Untersuchungsbereiche dienen zur Charakterisierung des Netzverhaltens und damit der Forschung an und Entwicklung von Überspannungsschützen.

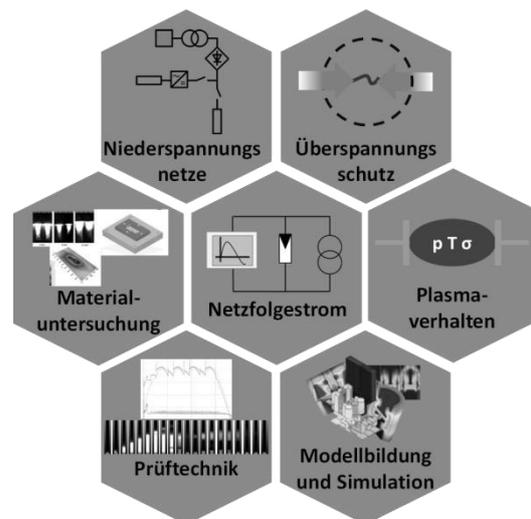


Abbildung 8: Forschungsbereiche bei Blitzstromableitern

Figure 8: Research fields of Arresters

## **Investigations on Surge Arresters Based on Spark Gap Technology**

*Tobias Runge, M.Sc.; Christian Sander, M.Sc.*

The intended purpose of Arresters (class 1) is the protection of electrical equipment against overvoltage. In arresters based on the spark gap technology an electric arc is ignited when an overvoltage occurs. The overvoltage will be reduced and an occurring lightning current will be bypassed to ground potential. During a lightning event an interaction with the AC distribution grid will take place. Thus, a follow current from the distribution grid could lead to the tripping of fuses or to the destruction of the arrester. To avoid this so-called follow current-free spark gaps are used.

To investigate spark gaps the “lightning protection laboratory” is used (Figure 7). Different surge currents of 8/20  $\mu\text{s}$  with an amplitude of 23 kA and 10/350  $\mu\text{s}$  with 600 A can be produced using a surge current generator (1). The distribution grid is simulated by three 130 kVA transformers, resistors and inductances (2). For the measurements five optically separated measurement probes can be used (3). Furthermore, different measurement equipment like current and voltage measurement systems (4), pressure sensor (5), spectrometer (6) and high-speed-camera (7) are available.

The investigations can be clustered in different sections (see Figure 8). Based on simulations and experimental set-ups the plasma properties are investigated. Further, the influences between the behaviour of the plasma, the follow current and chamber wall are being researched. These investigation components are used in order to characterise the behaviour of the distribution grid as well as the behaviour of the surge protective device.

## **Aktueller Stand der Forschungen im Bereich der Vakuumschalttechnik**

*Benjamin Kühn, M.Sc.; Tobias Pieniak, M.Sc.; Benjamin Weber, M.Sc.*

Ein weiteres Projekt am elenia ist die Untersuchung des Verhaltens von langen Metaldampf-bögen im Vakuum. Die Ergebnisse liefern einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung des Vakuum-Leistungsschalters. Um die Untersuchungen durchführen zu können, wurde ein neuer Vakuum-Versuchsschalter konstruiert und von der institutseigenen Werkstatt aufgebaut (Abbildung 9).

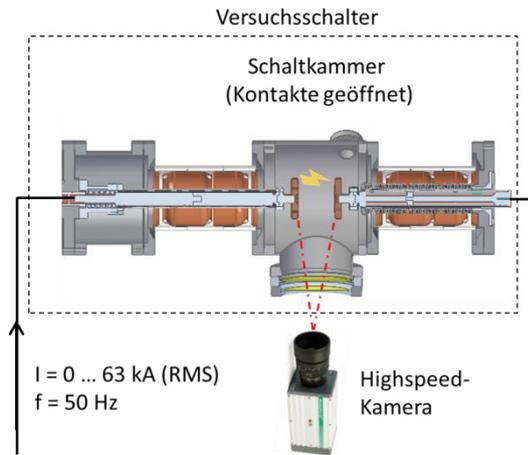


Abbildung 9: Prinzipdarstellung der Bogenobservierung mit einer High-Speed-Kamera

Figure 9: Schematic diagram of high-speed observation of vacuum-arcs

Mit Hilfe des neuen Versuchsschalters besteht die Möglichkeit, Schalthübe von bis zu 80 mm zu erzeugen, um das Laufverhalten und die Erscheinungsform des Bogens zu beobachten. Darüber hinaus kann mit Hilfe einer zweiten Vakuumkammer auch das Verhalten einer Vakuum-Reihenschaltung untersucht werden.

Neben Untersuchungsgrößen wie dem Strom- und Spannungsverlauf während der Bogenphase, werden hauptsächlich Kameraaufnahmen zur Beobachtung der Bögen durchgeführt. Hierbei wird auf die umfangreichen Erfahrungen aus Untersuchungen an einer einfachen Unterbrechung mit einem kleineren Schalhub von 14 mm zurückgegriffen. Neben den High-Speed-Aufnahmen und den elektrischen Messgrößen,

wird die Oberfläche der Anode nach Stromnull thermografisch im Infrarotbereich analysiert.

Abbildung 10 zeigt die Abstrahlung verschiedener thermografischer Aufnahmen des Spiral-Schaltkontaktes während eines Ausschaltversuchs mit 25 kA (RMS). Helle Flächen besitzen eine hohe Abstrahlung und Temperatur. Die Aufnahme 0 entspricht der Referenzaufnahme der Kontaktoberfläche. Der Zeitpunkt 1 ist ca. 0,5 ms vor Stromnull, wobei ein Plasma aufgrund des Stromflusses noch aktiv ist und die Messung beeinflusst. Zeitpunkt 2 ist 0,5 ms nach Stromnull, wobei die hellen Bereiche mit hoher Abstrahlung nur aufgrund der thermischen Strahlung von aufgeschmolzenen Oberflächenbereichen bestehen. Hierdurch sind erstmalig Aussagen über die Höhe der Temperatur, die Temperaturverteilung und das Abkühlverhalten bei konventionellen TMF-Schaltkontakten nach Stromnull möglich.

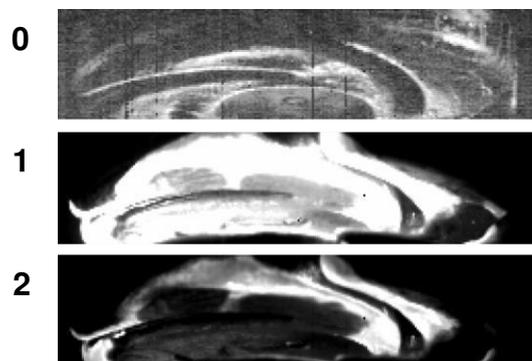


Abbildung 10: Thermografische Aufnahmen eines Ausschaltversuchs mit 25 kA (RMS). 0: Referenzsicht, 1: 0,5 ms vor Stromnull; 2: 0,5 ms nach Stromnull

Figure 10: Thermographic images of a 25 kA (RMS) switching test. 0: Reference view, 1: 0.5 ms before zero current; 2: 0.5 ms after zero current

Zur Auswertung der hohen Anzahl an Messdaten aus diesen multivarianten Messungen wird eine LabVIEW-Routine verwendet. Mit diesem Thema hat sich Benjamin Weber während seiner Masterarbeit beschäftigt und das LabVIEW Tool maßgeblich weiterentwickelt. Herr Weber verstärkt das Team der Vakuumtechnik seit Ende dieses Jahres als wissenschaftlicher Mitarbeiter.

### **Current State of Research in the Field of Vacuum Switching Technology**

*Benjamin Kühn, M.Sc.; Tobias Pieniak, M.Sc.; Benjamin Weber, M.Sc.*

Another project at the elenia is the analysis of the behaviour of long metal vapour arcs in vacuum. The results of these investigations are an important contribution to the further development of the vacuum circuit breaker. To carry out this research, a new vacuum test interrupter was designed and set up by the institute's workshop (Figure 9).

The new test interrupter offers the possibility to generate switching strokes of up to 80 mm in order to observe the running behaviour and the appearance of the bow. Additionally, a second vacuum chamber can be used to analyse the behaviour of a vacuum series connection. In the course of the investigation, the focus was on variables like current and voltage during the arc phase and to perform camera observations in order to record the arcs during switching tests. The camera observations were supported by extensive research with a smaller switching stroke of 14 mm. In addition to the high-speed images and the electrical parameters, the surface of the anode is analysed on a thermographic level in the infrared range after zero current. Figure 10 shows the radiation of different thermographic images of the spiral switch contact during a switch-off test with 25 kA (RMS). Bright surfaces have a high radiation and thus a high temperature. The recording mode 0 corresponds to the reference recording of the contact surface. Time point 1 is approx. 0.5 ms before zero current, whereby plasma is still active due to the current flow which influences the measurement. Time point 2 is 0.5 ms after zero current, whereby the bright areas with high radiation only exist due to the thermal radiation of melted surface areas. Thus, for the first time it is possible to make statements about the temperature, heat distribution and cooling behaviour of conventional TMF switching contacts after zero current. A LabVIEW routine was used to evaluate the high number of measurement data from these multivariate measurements. Benjamin Weber studied this topic during his master thesis and considerably improved the LabVIEW tool. Mr. Weber joined the team of vacuum technology at the end of this year as a scientific employee.

## Entwicklung eines Hybridschaltermodells im Zuge des Förderprojektes UPS

Muhamet Alija, M.Sc.; Dirk Bösche, M.Sc.; Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp

Es gibt immer mehr Photovoltaikanlagen und Elektrofahrzeuge in Deutschland, wobei diese Systeme überwiegend mit Gleichspannung betrieben werden. Daraus abgeleitet ergibt sich ein erhöhter Bedarf für DC-Schaltgeräte, welche in der Lage sein müssen Stromkreise sicher zu trennen und kurzzeitig hohe Kurzschlussströme zu führen. Dabei sollen die Geräte möglichst leicht und kompakt sein und dürfen im eingeschalteten Zustand nur geringe Durchlassverluste erzeugen.

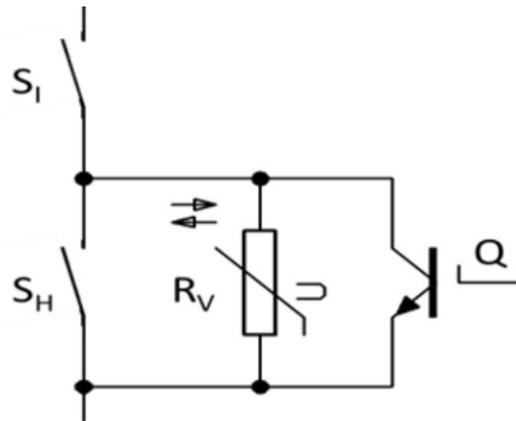


Abbildung 11: Prinzipschaltbild Hybridschalter

Figure 11: Schematic diagram of hybrid switchgear

Mechanische Schaltgeräte sind in der Lage große Ströme bei geringen Verlusten zu führen. Um einen Gleichstromkreis sicher trennen zu können, ist jedoch ein erhöhter konstruktiver Aufwand nötig. Alternativ können Halbleiter zum Schalten von Gleichströmen eingesetzt werden. Diese sind in der Lage Stromkreise lichtbogenfrei zu unterbrechen und müssen im Gegensatz zu mechanischen Schaltgeräten nicht gewartet werden. Jedoch fallen deutlich erhöhte Durchlassverluste an, welche durch aufwändige Kühleinrichtungen abgeführt werden müssen. Außerdem sind Halbleiter nur gering überlastbar, anfällig gegenüber Überspannungen und stellen keine galvanische Trennstrecke her.

Durch eine Kombination von mechanischem Schalter und Leistungshalbleiter werden die Vorteile beider Technologien im vom BMWi geförderten Verbundprojekt „*Universal Power Switch (UPS)*“ vereint. Innerhalb dieses Projektes wird ein Hybridschalter aus einer dafür konzeptionierten Versuchsschaltkammer und einer Elektronik aufgebaut (Abbildung 11). Aktuell werden hierfür separat beide Funktionsbaugruppen (das mechanische und das elektronische Schaltgerät) in Betrieb genommen. Die Anordnung wird im Verlauf des Projektes bezüglich ihres Ausschaltverhaltens untersucht. Die angestrebte, schaltbare Gleichspannung beträgt hierbei mindestens 500 V bei einer Zeitkonstante von bis zu 5 ms. Das Hybridschaltgerät soll in der Lage sein mindestens Ströme von 5 kA sicher auszuschalten.

Weiterhin wird im Zuge dieses Projektes ein neues Prüflabor für AC- und DC-Hochstromprüfungen aufgebaut. Dieses sieht eine maximale Gleichspannung von 12 kV und einen maximalen Prüfstrom von bis zu 30 kA vor.

### **Development of a Hybrid Switch as Part of the Funded Project UPS**

*Muhamet Alija, M.Sc.; Dirk Bösche, M.Sc.; Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp*

The number of photovoltaic systems and electric vehicles in Germany is increasing. As these systems are supplied with DC voltage, the demand for switching devices is growing as well. These devices have to be able to isolate DC-circuits and to conduct temporary short-circuit currents. Additionally, they have to be as lightweight and compact as possible but at the same time show negligible conduction losses while being switched-on.

Mechanical switchgear is capable of conducting high currents with low losses. However, due to higher requirements for switching in DC circuits, an increased design effort is necessary. Alternatively, semiconductors can be used for switching DC currents. These are capable of interrupting electric circuits without arcing, and unlike mechanical switching devices, do not require maintenance. However, semiconductors cause quite high pass-through losses, which have to be dissipated by suitable cooling systems. Also, they can only be slightly overloaded and are susceptible to overvoltage. Furthermore, a galvanic separation with semiconductors is not possible.

A combination of mechanical switchgear and a power semiconductor is meant to unite the advantages of both technologies. This hybrid switch is realized through the joint project *Universal Power Switch (UPS)* funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). A schematic diagram of the hybrid switchgear is shown in Figure 11. Currently, both modules (mechanical and electronic switchgear) are put into operation separately. Thus, the hybrid-switchgear will be investigated with regard to its switching behavior. The intended operating voltage is at least 500 V with a time constant of up to 5 ms. An additional requirement for the hybrid-switchgear is the interruption of short-circuit currents of up to 5 kA.

Also in this project a new test laboratory for AC and DC high-current tests will be built. The new laboratory provides a maximum DC voltage up to 12 kV and a maximum test current of up to 30 kA.

### 3.2 Elektromobilität – Electric Mobility

Mentor: Dr. Lienesch (PTB)

Schwerpunktleiter: Jan Mummel

#### **Nachweis der Reproduzierbarkeit der BLB-Zellproduktion und Ermittlung einer Referenzformierprozedur mittels der Forschungsprojekte DaLion und OptiZellForm**

*Louisa Hoffmann, M.Sc.; Kerstin Ryll, M.Sc.; Uwe Westerhoff, M.Sc.*

Der Forschungsschwerpunkt Batterietechnik hat in diesem Jahr seine Arbeit in der Zellproduktion im Rahmen der Forschungsprojekte *DaLion* und *OptiZellForm* intensiviert. Im Projekt *DaLion* (DataMining in der Produktion von Lithium-Ionen Batteriezellen) liegt der Fokus auf dem Nachweis der Reproduzierbarkeit der Zellproduktion innerhalb der *Battery LabFactory Braunschweig* (BLB). Um diese nachzuweisen, wurden in fünf unabhängig voneinander produzierten Teilchargen unter Beteiligung des *DaLion*-Konsortiums alle Prozessschritte mit identischen Parametern durchlaufen und 60 Zellen hergestellt. Die hergestellten Zellen basieren auf der Zellchemie Nickel-Mangan-Cobalt (NMC) und bestehen aus einem Elektrodenstapel mit jeweils 15 Anoden und 15 Kathoden. Die durchschnittliche Maximalkapazität der Zellen lag im Anschluss an die Formierung bei 9 Ah (gemessen bei 1/10 C). Langzeituntersuchungen zum Alterungsverhalten der Zellen haben gezeigt, dass diese nach 850 Zyklen eine durchschnittliche Restkapazität von 7,4 Ah (gemessen bei 1 C) aufwiesen. Die Standardabweichung zwischen den Zellen lag im Anschluss an die Formierung und die drauf folgende Alterung bei 2,6 %. Innerhalb der fünf Teilchargen lag die Ausschussrate mit zwei defekten Zellen deutlich unter 4 %. Mittels dieser Untersuchungen konnte die Reproduzierbarkeit der Zellproduktion erfolgreich nachgewiesen werden.

Im Projekt *OptiZellForm* (Beschleunigung und energetische Optimierung der Zellformierung) wird der Prozess der Formierung, sowie der anschließenden Reifung näher untersucht. Neben den Projektpartnern aus Münster (*MEET*) und Aachen (*PEM*) ermittelt das elenia die elektrochemischen Eigenschaften von Li-Ion-Batteriezellen mit Elektrodenmaterialien der nächsten Zellgeneration, NMC-622-Kathoden und Si/C-Anoden. Hierzu wurde eine Versuchsplanung mittels eines DoE-Ansatzes (statistische Versuchsplanung) aufgestellt, bei welcher eine gezielte Variation von Prozessparametern der Formierung durchgeführt wird. Ziel ist es, Prozessgrößen wie Strom, Formierungszyklenzahl, Umgebungstemperatur, etc. zu bewerten, welchen Einfluss sie auf die Qualität und die Eigenschaften einer Batteriezelle haben.

In ersten Untersuchungen wurden ganz unterschiedliche Formierprozeduren, aus den Erfahrungen und der Literaturrecherche aller Projektpartner, miteinander verglichen (Abbildung 12).

Dieses wurde zur Ableitung einer Referenzformierprozedur durchgeführt, an welcher die Untersuchung und Optimierung der Prozessparameter stattfinden wird. Formierprozedur D in

Abbildung 12 wird als Referenzprozedur verwendet, da sie stabile Zelleigenschaften bei geringer Dauer und Energieeinsatz aufzeigt.

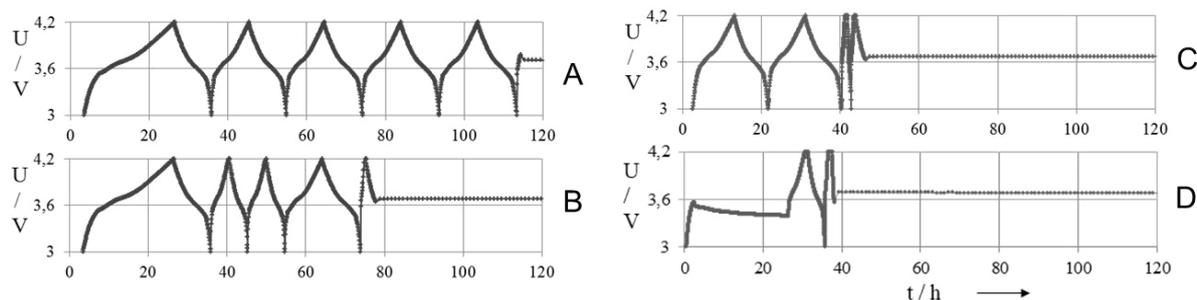


Abbildung 12: Vergleich unterschiedlicher Formierprozeduren der Projektpartner

Figure 12: Comparison of different formation procedures of the project partners

Die bereits im letzten Jahr durchgeführten Anschaffungen im Rahmen der Infrastrukturmaßnahme *QuEEP* (Qualitätserhöhung und Verkürzung der Entwicklungszyklen von Energiespeichern durch Effizienzsteigerung der Produkt- und Prozess-Erforschung) konnten in diesem Jahr erfolgreich in Betrieb genommen werden. Damit stehen dem elenia und der BLB nun insgesamt 223 Kanäle für die Formierung, Alterung und Charakterisierung von Zellen zur Verfügung.

### Demonstration of the Reproducibility of the BLB Cell Production and Determination of a Reference-formation Procedure Using the DaLion and OptiZellForm Research Projects

*Louisa Hoffmann, M.Sc.; Kerstin Ryll, M.Sc.; Uwe Westerhoff, M.Sc.*

This year, the research focus group battery technology has intensified its work on cell production with the *DaLion* and *OptiZellForm* research projects. As part of the *DaLion* project (DataMining in the production of lithium-ion battery cells), the emphasis is on the verification of the reproducibility of the cell production within the *Battery LabFactory Braunschweig* (BLB). In order to prove this, all process steps were done with identical process parameters in five independently produced batches with the participation of the *DaLion* consortium. A total of 60 cells were manufactured this way. These produced cells are based on the cell chemistry Nickel-Manganese-Cobalt (NMC) and consist of an electrode stack with 15 anodes and 15 cathodes. The average maximum capacity of the cells after formation was 9 Ah (measured at 1/10 C). Long-term investigations of the ageing behaviour of the cells have shown that they had an average residual capacity of 7.4 Ah (measured at 1 C) after 850 cycles. The standard deviation between the cells after formation and subsequent ageing was 2.6 %. Within the five partial batches, the reject rate was – with only two defective cells – well below 4 %. By

means of these investigations, the reproducibility of the cell production was successfully demonstrated.

In the *OptiZellForm* project (acceleration and energetic optimization of cell formation) the process of formation and subsequent maturation is investigated in more detail. In parallel with the project partners from Münster (*MEET*) and Aachen (*PEM*), the elenia is investigating the electrochemical properties of Li-Ion battery cells using next-generation electrode materials, NMC-622 cathodes and Si/C anodes. For this purpose, an experimental design was drawn up using a DoE (Design of Experiments) approach, in which a specific variation of the forming process parameters is carried out. The aim is to investigate the influence of process variables such as current, number of forming cycles, ambient temperature, etc., on the quality and properties of a battery cell.

In initial investigations, different formation procedures, based on the experiences and the results of the literature research by all project partners, were compared with each other (Figure 12). This was carried out to derive a reference forming procedure at which the examination and optimization of the process parameters will be performed. Forming procedure D in Figure 12 is used as a reference procedure as it shows stable cell properties with low duration and energy consumption.

The investments, which were already carried out last year as part of the infrastructure measure *QuEEP* (quality improvement and shortening of the development cycles of energy storage systems by increasing the efficiency of product and process research), were successfully put into operation this year. The elenia and the BLB now have a total of 223 channels for the formation, ageing and characterization of cells.

### **Thermoelektrische Messung und Simulation von Lithium-Ionen-Batterie-Pouchzellen**

*Dipl.-Ing. Daniel Hauck*

Lithium-Ionen-Batterien sind Stand der Technik in aktuellen und zukünftigen Elektrofahrzeuggenerationen. Die Batteriebauform „Pouchzelle“ wird zunehmend eingesetzt, da sie im Gegensatz zu prismatischen oder runden Zellen kein hartes Gehäuse besitzt und somit eine höhere Energiedichte aufweist. Zudem besitzt sie bessere Wärmeverteilungseigenschaften und kann besser gekühlt werden.

In der BLB (*Battery LabFactory Braunschweig*) werden diese Zellen hergestellt. Ziel der BLB ist die Untersuchung der Wirkungszusammenhänge von Material- und Fertigungsprozessparametern auf die Produktparameter (Zellperformance). Kernproduktparameter der Zelle sind die Alterung und die Stromtragfähigkeit. Beide Parameter sind hochgradig von der Zelltemperatur abhängig und können durch optimiertes Zelldesign gezielt beeinflusst werden.

Die Stromableiter spielen in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle, da sie einerseits durch direkte Anbindung an die Elektroden die Wärme aus der Zelle abführen, andererseits durch den zellinternen Kontaktwiderstand auch Wärme erzeugen. Geometrie und Anordnung der Stromableiter sind somit wesentliche Faktoren, die auf die Wärmeentstehung und -verteilung einwirken. Weitere Einflussfaktoren sind die Elektrodenchemie und Kapazität der Zelle. Diese bestimmen ebenfalls die Höhe des Zellinnenwiderstands und tragen somit direkt zur Erwärmung bei. Abbildung 13 veranschaulicht die Einflussfaktoren und stellt gleichzeitig die Untersuchungsmatrix dar.

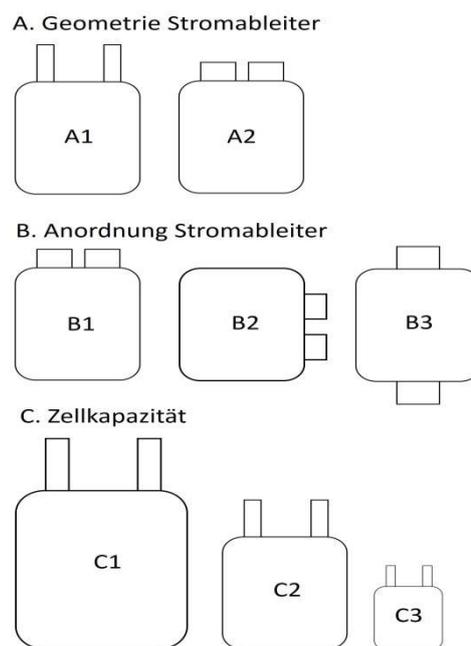


Abbildung 13: Forschungsrelevante Einflussfaktoren in Bezug auf Zellerwärmung

Figure 13: Research-relevant design factors related to cell heating

Um zukünftig die optimale Zelle im Hinblick auf Erwärmung fertigen zu können, wird zudem ein thermoelektrisches Zellmodell entwickelt. Dieses besteht aus einem elektrischen Teilmodell, welches die zellinterne Verlustleistung ermittelt, sowie einem thermischen Teilmodell, das die Temperatur diskretisiert orts aufgelöst bestimmt. Die elektrische Verlustleistung spiegelt die für die Zellerwärmung relevante thermische Leistung wieder und dient als Eingangsparameter für das thermische Modell. Gleichfalls stellt die simulierte Zelltemperatur einen wichtigen Eingangsparameter für das elektrische Modell dar, da die elektrischen Zellparameter stark temperaturabhängig sind. Das gesamte Modell und die Wirkungszusammenhänge sind in Abbildung 14 dargestellt.

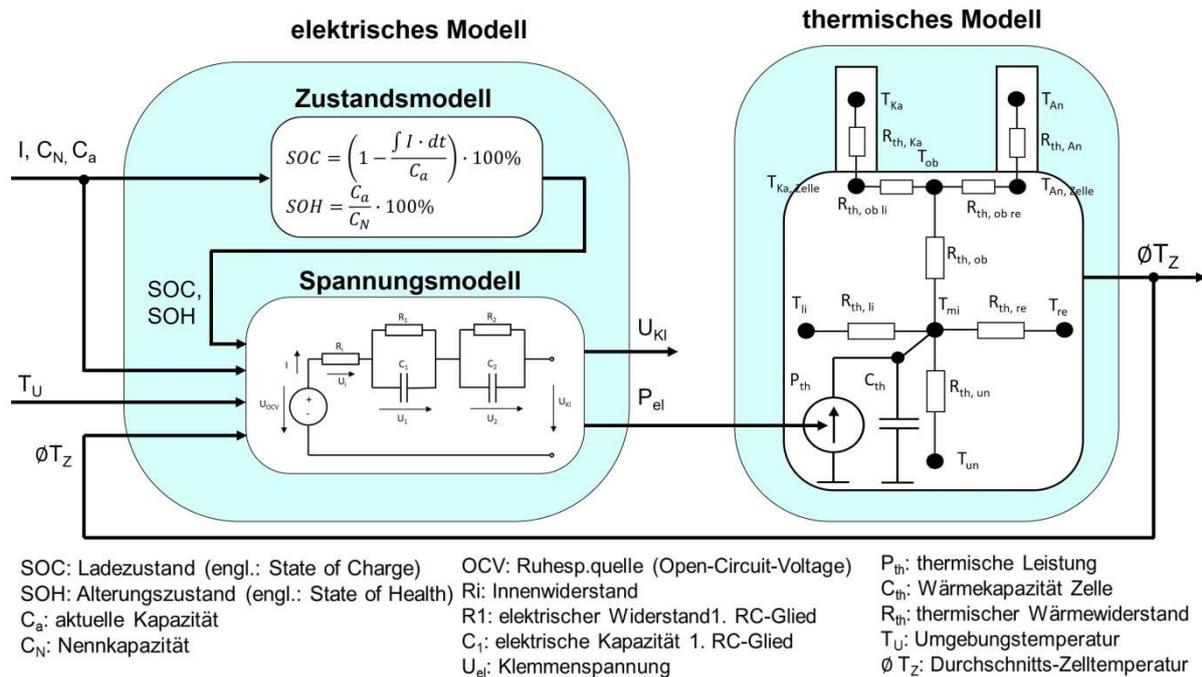


Abbildung 14: Thermoelektrisches Modell zur Simulation der orts aufgelösten Zelltemperatur

Figure 14: Thermoelectric model for the simulation of the localized cell temperature

Das thermische Modell in Abbildung 14 bildet die Temperatur an verschiedenen Stellen ab. Besonders der Bereich um die Stromableiter wird erfahrungsgemäß stärker erwärmt und es kommt zu einer lokal beschleunigten Alterung. Um zuverlässige Simulationsergebnisse zu erzielen ist die möglichst genaue Bestimmung der Wärmekapazität der Zelle notwendig. Dazu wird im nächsten Schritt ein adiabatischer Versuchsaufbau entwickelt. Anschließend wird das Modell für die verschiedenen Parametervariationen aus Abbildung 13 aufgebaut und parametrisiert. Ziel ist die Ermittlung der Auswirkungen der verschiedenen Einflussfaktoren auf die Erwärmung und die Ermittlung eines optimalen Zelldesigns durch die Simulation.

## Thermoelectric Measurement and Simulation of Lithium-Ion Battery Pouch Cells

*Dipl.-Ing. Daniel Hauck*

Lithium-ion batteries are state of the art in electric vehicle generations and will continue to be in the future. The "pouch cell" battery design has a higher energy density as it does not have a hard housing like prismatic or round cells, and it is therefore used increasingly. Additionally, its heat distribution properties are superior to other battery designs and it can be cooled more easily. The cell temperature greatly influences the aging behaviour and the maximum possible current rate of the cell. The research focuses on the influence of different current tab designs and cell capacities on the heating behaviour of the cell (see Figure 13). With the measurement data for the different cell types, a thermoelectric model (see Figure 14) simulates the cell tem-

perature for various test cases. The model aims to determine both the importance of different influencing factors and an optimal cell design.

## Netz- und Systemintegration von Elektrofahrzeugen – Forschungsprojekte lautlos&einsatzbereit, emilia, NetProsum 2030

Jan Mummel, M.Sc.; Olga Pronobis, M.Sc.; Dipl.-Ing. Jonas Wussow

Die Forschergruppe Lademanagement bildet die Schnittstelle der Forschungsschwerpunkte Aktives Verteilnetz und Elektromobilität. Hierbei werden im Bereich der Elektromobilität Lösungen zur Netz- und Systemintegration von Elektrofahrzeugen entwickelt. Einen Überblick über die Forschungsbereichen im Gebiet der Netz- und Systemintegration bietet die Abbildung 15.

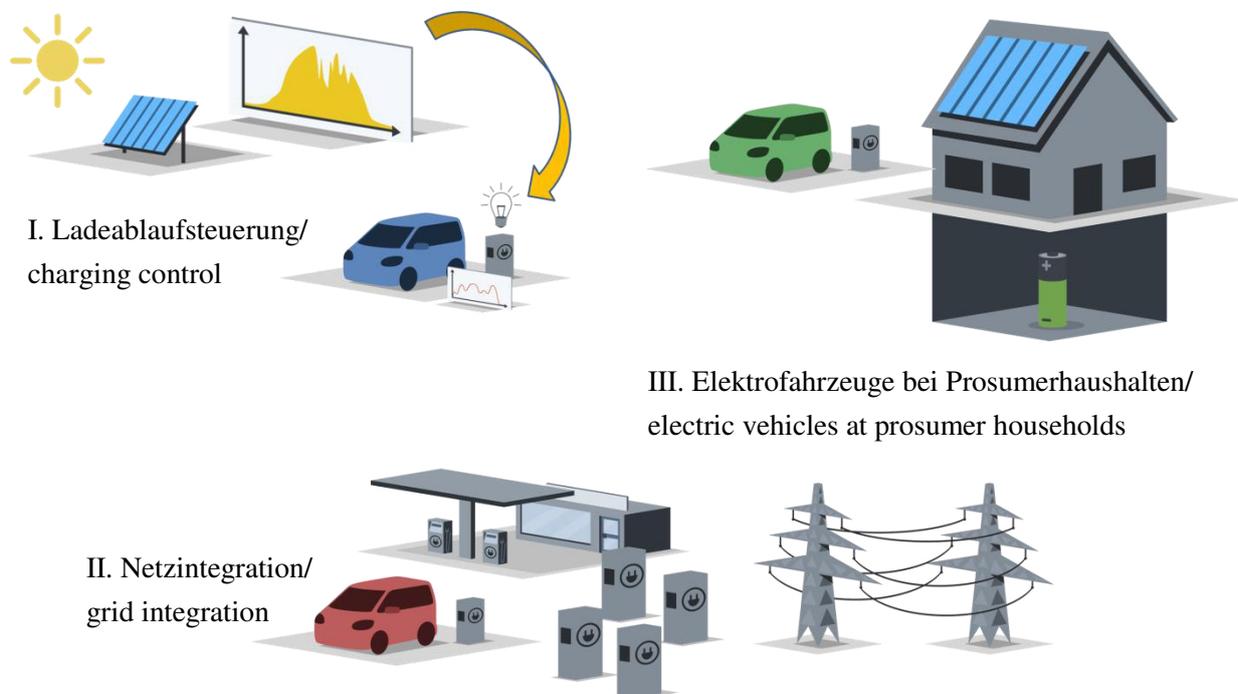


Abbildung 15: Forschungsbereiche bei der Netz- und Systemintegration von Elektrofahrzeugen

Figure 15: Research fields of grid- and system integration for electric vehicles

Aufbauend auf den erzielten Ergebnissen im abgeschlossenen Projekt *Fleets Go Green* wird im Projekt *lautlos&einsatzbereit* das Lademanagement elias weiterentwickelt. Im Rahmen dieses Projektes werden fünfzig konventionelle Fahrzeuge der Polizei gegen Plug-In-Hybrid und Elektrofahrzeuge ausgetauscht. Die besondere Herausforderung beim Laden der Fahrzeuge ist hierbei der zeitliche Unsicherheitsfaktor. Während bei der überwiegenden Anzahl von Elektrofahrzeugflotten die Einsatzzeiten planbar sind, ist dieses im Einsatz und Streifendienst nicht möglich (siehe hierzu auch Bericht zu *lautlos&einsatzbereit*).

Der Bereich Netzintegration und die damit verbundenen Auswirkungen repräsentiert ein breites Themenfeld mit diversen Forschungsarbeiten. Die wachsende Durchdringung der Ladeinfrastruktur und die gleichzeitig steigenden Ladeleistungen stellen das bestehende Energieversorgungsnetz vor Herausforderungen. Im Rahmen des Projektes *InduktivLaden* (emilia) wurde die Netzintegration des induktiven Hochleistungsladens mit 200 kW in schwachen Netzausläufern untersucht und eine Möglichkeit zur Reduktion negativer Einflüsse ermittelt. Neben diesen punktuellen hohen Leistungen, z.B. als Folge der Elektrifizierung des ÖPNV, sind neue Wohnquartiere mit einem hohen Anteil von Elektrofahrzeugen ein Forschungsgegenstand im Bereich der Netzintegration. Bei diesen Untersuchungen wurden mit der Bereitstellung von Blindleistung als spannungsstabilisierende Maßnahme sowie das bereits beschriebene Lademanagement zur Reduktion der Auslastung als möglicher Ansatz betrachtet. Beide Ansätze zeigen, dass diese Maßnahmen zur flächendeckenden Netzintegration von Elektrofahrzeugen beitragen können.

Im Rahmen des am 1. September 2017 gestarteten Projektes *NetProsum 2030* wird der Einfluss und die mögliche Nutzung von Elektrofahrzeugen im Zusammenhang mit einem Erzeuger-Speicher-System in Prosumer-Haushalten untersucht und in einer Laborumgebung erprobt. Erste Untersuchungen im Bereich der Spitzenkappung mittels Pufferspeicher, welche einen guten Ansatz im Hinblick auf eine bessere Integration in Bestandsnetzen darstellt, wurden bereits durchgeführt. Auf Grund dieser vielversprechenden Ausgangslage sind wir gespannt auf das Jahr 2018 und die Ergebnisse die wir erzielen können.

### **Grid and System Integration of Electric Vehicles – Research Projects lautlos&einsatzbereit, emilia, Netprosum 2030**

*Jan Mummel, M.Sc.; Olga Pronobis, M.Sc.; Dipl.-Ing. Jonas Wussow*

The research group *Energy Management* represents the interface of the research foci *Smart Grid* and *Electric Mobility*. The field of *Electric Mobility* deals with solutions for net and system integration in electric vehicles. An overview of the research areas in the field of grid and system integration is shown in

Figure 15.

The existing loading management system *elias* will be further developed in the project *lautlos&einsatzbereit*. Fifty conventional police vehicles will be replaced by plug-in-hybrid and electric vehicles. The particular challenge for the loading of the vehicles is the temporal uncertainty factor, as the time of usage cannot be scheduled for either police operations or patrol duty (see also report on *lautlos&einsatzbereit*).

The field of grid integration and its implications is a broad topic with diverse research work. The growing number of charging infrastructures and the simultaneous increase in charging

capacity are new challenges for the current energy supply grid. The project *InduktivLaden* investigates the integration of 200 kW high-power inductive charging in weak grid branches and has identified a way of reducing negative influences. In addition to these selective high performances, new residential areas with a high proportion of electric vehicles are an object of research in the field of grid integration. In these investigations, two approaches were considered, the provisions of reactive power as a voltage-stabilizing measure and the earlier described charge management for reducing the load. Both methods show that these measures can contribute to the nationwide grid integration of electric vehicles.

As part of the project *NetProsum 2030*, which was launched on September 1, 2017, the influence and possible use of electric vehicles in connection with a generator storage system in prosumer households will be investigated and tested in laboratory environments. Initial studies have been carried out in peak shaving with buffer storage and show good signs of improved integration in existing grids.

### **Technische und energiewirtschaftliche Auswirkungen von Hochleistungsladen (HPC) in der Elektromobilität**

*Dipl.-Ing. Jens Eickelmann*

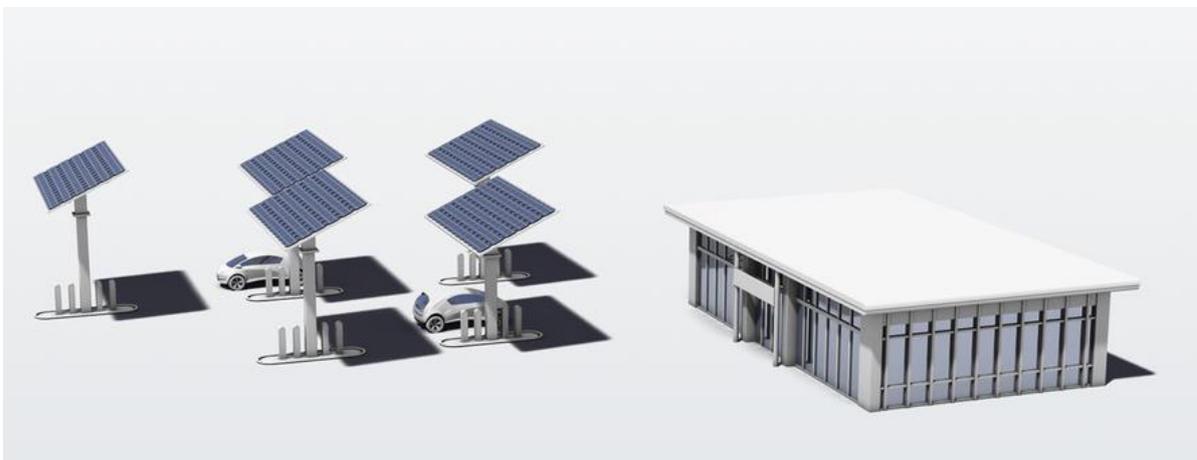


Abbildung 16: HPC-Hub an Autobahnen

Figure 16: HPC-Hub next to a motorway

Geringe Reichweite und lange Ladezeiten sind neben einem höheren Anschaffungspreis bisherige Wachstumsinhibitoren der Elektromobilität. Aber bereits spürbare Skaleneffekte sorgen für eine Preisreduktion der Elektrofahrzeuge und machen sie somit ökonomisch attraktiver. Zudem können Fahrzeuge der zweiten und dritten Generation über eine Reichweite von bis zu 500 km verfügen. Damit die Ladedauer bei einer Vergrößerung der Batterie auf 100 kWh (und perspektivisch auch mehr) nicht steigt, wird die DC-Ladeleistung auf 400 kW pro Ladepunkt erhöht. Damit ist es möglich, der Batterie das Energieäquivalent für 100 km

Reichweite in weniger als 5 Minuten zuzuführen. Der Ladevorgang kommt somit dem bisherigen fossilen Tankvorgang inklusive einer kurzen Pause gleich und macht die Elektromobilität alltagstauglich. Für eine hohe Verfügbarkeit werden mehrere Ladepunkte in sogenannten HPC-Hubs zusammengefasst (Abbildung 16). Die elektrische Anschlussleistung eines typischen HPC-Hubs wird mehrere MW betragen. Es ist absehbar, dass diese HPC-Hubs nicht nur an den Autobahnen und großen Achsen, sondern auch in Städten und ländlichen Gebieten entstehen werden. Eine hohe quantitative Verbreitung eröffnet neue technische und energie-wirtschaftliche Perspektiven. Die Prämisse dabei ist der Einsatz von erneuerbaren Energien. Energiemanagement als Methode zur Lastverschiebung und des Ausgleichs volatiler Energieerzeugung ist nicht wünschenswert, da dieses dem primären Use-Case des HPC-Ladens entgegensteht. Zum einen sind, anders als beim reinen AC-Laden, Netzdienlichkeit wie beispielsweise die Bereitstellung von Blindleistung zur Spannungshaltung realisierbar. Zum anderen sind neue energiewirtschaftliche Geschäftsmodelle und Szenarien möglich, bei denen nicht planbare hohe Lasten in Einklang mit der erneuerbaren Energieerzeugung gebracht werden müssen. Die Bereitstellung von sowohl hohen Leistung als auch hohen erneuerbaren Energiemengen unabhängig von Energieversorgern und Netzbetreibern und dadurch hervorgerufene Auswirkungen auf energiewirtschaftliche Fragestellungen wie z. B. die Beeinflussung der Netzentgelte ist Gegenstand der Forschungsarbeit. Mit dem Fokus auf energiewirtschaftliche Fragestellungen werden die Forschungsarbeiten am elenia zur Elektromobilität abgerundet.

### **Technical and Energy-Economic Effects of High Power Charging (HPC)**

*Dipl.-Ing. Jens Eickelmann*

A short range and long charging times are, besides a higher purchase price, the growth inhibitors of e-Mobility. However, economies of scale are already noticeable and leading to a price reduction for the electric vehicles, thus making them more attractive. In addition, second-generation and third-generation vehicles can have a range of up to 500 km. To ensure that the charging time does not increase, the DC charging power is raised up to 400 kW per charging point. This makes it possible to supply the battery with the energy equivalent of 100 km range in less than 5 minutes. For high availability, several charging points are grouped into so-called HPC-hubs (Figure 16). The electrical connection power of a typical HPC-hub will be several MW. It is foreseeable that these HPC hubs will be created not only on motorways and major axes, but also in cities and rural areas. A high quantitative spread opens new technical and energy-economic perspectives. The premise is the use of renewable energies. Energy management as a method of shifting loads and balancing volatile power generation is not desirable, since this is opposed to the primary use case of the HPC charging system. In contrast to the pure AC charging, ancillary services such as the provision of reactive power for voltage stabilization as well as new energy business models and scenarios where unplanned high

loads must be brought into line with renewable energy generation will be possible. The provision of both high power and high levels of renewable energy regardless of energy suppliers and network operators and the resulting impact on energy management issues, e. g. the influence of network charges is the subject of research work. With the strong focus on energy economic issues the research work at elenia within electro mobility is complemented.

### 3.3 Aktives Verteilnetz – Smart Grid

Mentor: Prof. Engel                      Schwerpunktleitung: Stefanie Čelan (bis 06/2017), Hartmudt  
Köppe, Ole Marggraf (ab 07/2017)

#### **Integration von Schnellladestationen für Elektrofahrzeuge in DC Mikronetzen**

*Dr.-Ing. Nasser Hemdan; Lorenz Soleymani, M.Sc.*

Die Elektromobilität wird künftig eine wichtige Rolle bei der Energiewende einnehmen. Aufgrund der prognostizierten Durchdringung von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen müssen diese bereits heute als Einflussfaktor bei der Netzplanung berücksichtigt werden. In naher Zukunft sind während eines Ladevorgangs Ladeleistungen von bis zu 350 kW zu erwarten. Zur Entlastung der Verteilnetze sowie zur Steigerung der Energieeffizienz sind neue Ansätze zur Verknüpfung der Elektromobilität mit anderen Energiesystemen im Ladebereich, wie stationären Energiespeichersystemen und dezentralen Erzeugungsanlagen, zu untersuchen. Durch den Einsatz von Mikronetzen, die sich innerhalb definierter elektrischer Grenzen wie eine einzelne kontrollierbare Einheit in Bezug auf das Verteilnetz verhalten, können negative Auswirkungen auf das Energieversorgungsnetz aufgrund der hohen Ladeleistungen reduziert werden. Bei geeigneter Auslegung der Energiesysteme können Mikronetze temporär oder dauerhaft im Inselbetrieb eingesetzt werden. Da eingesetzte Energiesysteme im Ladeinfrastrukturbereich überwiegend auf Gleichstrom basieren, kann unter Berücksichtigung der Spannungsstabilität und Energieeffizienz die Verwendung einer DC Versorgungsspannung vorteilhaft sein.

Aktuell ist der gängigste Ansatz zur Energieversorgung von DC-Schnellladestationen der direkte Anschluss an das Wechselstromnetz mithilfe eines AC/DC-Wandlers je Ladestation. Das gleiche gilt für die weiteren Energiesysteme Photovoltaikanlage und Energiespeicher im Ladebereich. Neue Netzarchitekturen im Bereich Ladeinfrastruktur gilt es zu erforschen.

Unter Verwendung der Simulationsumgebung PSCAD werden im elenia unterschiedliche Ansätze hinsichtlich der Integration von Elektrofahrzeugen in gleichstrombasierte Mikronetze untersucht. Dazu gehören unter anderem die Auswahl und Dimensionierung geeigneter Energiesysteme, die Auslegung und Parametrisierung der erforderlichen Leistungselektronik sowie die Entwicklung von neuen Ansätzen in den Bereichen Energiemanagement wie auch die Fehlerlokalisierung und -behebung.

In ersten Simulationsmodellen werden die Energiesysteme Photovoltaikanlage und Energiespeicher mit einer Häuserlast sowie einem Ladepunkt mit maximal 50 kW Ladeleistung über einen DC Bus mit 400 V Nennspannung versorgt (Abbildung 17). Durch den Einsatz von Erzeugungs- und Lastprofilen entstehen zeitabhängig diverse Szenarien, die sich unterschiedlich auf die Spannungsstabilität im Mikronetze auswirken. Sowohl im Inselbetrieb als auch

mit Anschluss an ein übergeordnetes Verteilnetz kann in den betrachteten Modellen mithilfe der Droop Control Steuerung Spannungsstabilität gemäß IEC 60038 gewährleistet werden.

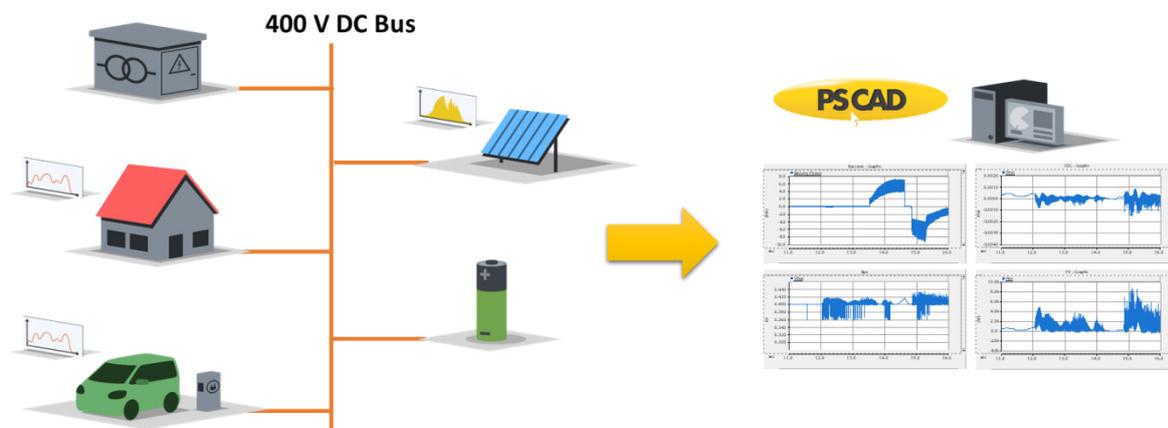


Abbildung 17: Simulation von DC Mikronetzen im Bereich Ladeinfrastruktur

Figure 17: Simulation of DC Micro Grids for Charging Infrastructures

### Integration of fast Charging Stations for Electric Vehicles in DC Micro Grids

*Dr.-Ing. Nasser Hemdan; Lorenz Soleymani, M.Sc.*

In the future, electro mobility will play an important role in overcoming the challenges posed by the energy transition. Due to the predicted permeation of battery-powered electric vehicles, these must already be considered as influencing factors in network planning. Soon, charging capacities of up to 350 kW are to be expected during a charging process. To relieve the burden on distribution grids as well as increase energy efficiency, new approaches to linking electro mobility with stationary energy storage systems and decentralized energy resources should be investigated. The use of micro grids can reduce the negative effects on the energy supply network due to the high charging capacity. Micro grids can be used temporarily or permanently in island mode if the energy systems are suitably designed. Since the energy systems installed in charging infrastructures are predominantly based on direct current, the use of a DC supply voltage can be advantageous considering the voltage stability and energy efficiency. New grid architectures for charging infrastructures need to be researched.

Using the simulation environment PSCAD, the institute elenia is investigating different approaches to the integration of electric vehicles into DC-based micro grids. These include the selection and dimensioning of suitable energy systems, the design and parameterization of the required power electronics, as well as the development of new approaches in the areas of energy management and fault localization and clearing.

In first simulation models, a DC bus with 400 V connects photovoltaic system, energy storage, house load and a charging point with a maximum charging capacity of 50 kW (Figure 17). The use of generation and load profiles generates time-dependent scenarios that have

different effects on the voltage stability in the micro grid. In the investigated models, voltage stability according to IEC 60038 can be ensured via a Droop Control concept both with grid connection as well as in island mode.

### **Systemstabilisierung mit Umrichtern**

*Björn Osterkamp, M.Sc.; Florian Rauscher, M.Sc.; Julia Seidel, M.Sc.*

Der fortschreitende Wandel im deutschen Elektrizitätsversorgungssystem bringt sowohl neue Aufgaben als auch eine Verschiebung der alten Anforderungen mit sich. Hervorzuheben sind hierbei die Systemdienstleistungen, die der Gewährleistung der Sicherheit und Zuverlässigkeit des Stromsystems dienen.

Fluktuierende Erzeuger, wie Windenergie- oder Photovoltaikanlagen, und auch Batteriespeicher können und müssen hier zukünftig einen wesentlichen Beitrag leisten, um das Ziel der Einspeisung aus 100% erneuerbaren Energien erreichen zu können. Insbesondere die Bereitstellung von Regelleistung und Momentanreserve durch diese Technologien, als Maßnahme zur Frequenzhaltung, sind Gegenstand aktueller Forschung am elenia.

Im Rahmen des Forschungsprojektes *PV-Regel*, in dem die Regelleistungserbringung mittels Photovoltaikanlagen untersucht wird, konnte nach den erfolgreichen Labor- und Pilottests im Sommer 2017 der Feldtest gestartet werden. Die erste Feldtestanlage, mit Standort im Altenburger Land, hat eine installierte Leistung von etwa 420 kWp (vgl. Abbildung 18).



Abbildung 18: Feldtestanlage Nobitz

Figure 18: PV power plant in Nobitz

Die Umrüstung zu einer regelleistungsfähigen Anlage umfasste u.a. ein Softwareupdate für die verbauten Wechselrichter und die Ausstattung mit umfassenden Kommunikations- und Steuerungseinrichtungen. Zur Anlagenansteuerung und Messwertübermittlung wird eine LTE-Mobilfunkstrecke genutzt. Neben der Messwerterfassung aus den insgesamt 20 Wechselrichtern werden die Daten einer Wetterstation zur Temperatur- und Einstrahlungsmessung aufgenommen. Zusätzlich zu den Messungen an den Wechselrichtern wurde der anlageneigene Mittelspannungstransformator mit Messequipment zur Strom- und Spannungsmessung

ausgestattet. Ziel des Feldtestes ist die Evaluierung der Photovoltaik zur Regelleistungserbringung und die damit verbundene Bestimmung der möglichen Einspeisung, wenn die Anlage abgeregelt betrieben wird. Diese Bestimmung ist elementar für den Nachweis und die Abrechnung bei der Teilnahme am Regelleistungsmarkt.

Als weiteres Regelleistungsprodukt 0. Ordnung rückt zunehmend die Momentanreserve in den Fokus der wissenschaftlichen Diskussion. Der Wegfall der Schwungmasse aus konventionellen Kraftwerken erfordert in einem Netz mit hoher Einspeisung aus erneuerbaren Energien eine Kompensation aus eben diesen. Spannungseinprägende Wechselrichter sind in der Lage, mit ihrem transienten Verhalten, ähnlich dem einer Synchronmaschine, diese Momentanreserve instantan und damit unverzüglich bereitzustellen. Abbildung 19 zeigt eine im Netzdynamiklabor des elenia aufgezeichnete Messung und stellt das grundlegend verschiedene Verhalten von den beiden Wechselrichtertypen dar. Weitere, neue Regelungsverfahren werden entwickelt und ihre Interaktion mit den weit verbreiteten, stromeinprägenden Wechselrichtern untersucht.

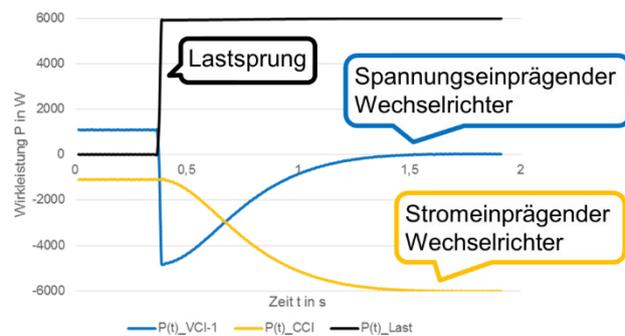


Abbildung 19: Labormessung der Reaktionen eines spannungs- und eines stromeinprägenden Wechselrichters auf einen Lastsprung  
Figure 19: Measured active power reaction of voltage and current controlled inverters due to fast load changes

### System stabilization with inverters

*Björn Osterkamp M.Sc., Florian Rauscher M.Sc., Julia Seidel, M.Sc.*

The ongoing change of the German energy system implies new tasks as well as a shift of existing tasks, especially with regard to ancillary services. In the future, fluctuating energies, like wind and photovoltaic (PV) systems, and battery storages have to contribute to frequency control. In the research project *PV-Regel* the provision of control reserve with PV systems is investigated. This year, field tests were started with a 420 kWp PV power plant in Nobitz. Another aspect of frequency control comprises the inertia. The reduced amount of synchronous generators leads to inverters taking over this responsibility. Laboratory measurements show first results of voltage control mode inverters in comparison to current control mode inverters. The elenia will develop new control methods and analyze the interaction of different components.

## **Energiemanagement im Umfeld vernetzter Wohngebäude**

*Dipl.-Ing. Stefanie Čelan; Stephan Diekmann, M.Sc.; Christian Reinhold, M.Sc.; Jonathan Ries, M.Sc.*

Deutschland und die Europäische Union haben zum Ausbau der erneuerbaren Energien konkrete Ziele definiert. Bis zum Jahr 2050 ist ein Anteil von mindestens 50 Prozent am Primärenergieverbrauch vorgesehen. Diese grundlegenden Veränderungen bei der Erzeugung und Bereitstellung elektrischer Energie machen einen Paradigmenwechsel notwendig. Die Last muss zukünftig verstärkt der zunehmend volatilen Erzeugungssituation angepasst werden.

Für das Gesamtkonstrukt *Smart Grid* gilt es, mittels intelligenter Vernetzung über alle Netzebenen Energiemanagement zu betreiben und somit die Versorgungssicherheit zu maximieren sowie parallel den Ausbaubedarf des Energieversorgungsnetzes möglichst gering zu halten. Auch auf Wohngebäudeebene soll zukünftig in sogenannten Smart Homes mittels umfassender datentechnischer Vernetzung Energiemanagement betrieben werden. Skaleneffekte und Gleichzeitigkeitsfaktoren bei der Berücksichtigung von Mehrfamilienhäusern und Quartieren bieten dabei besondere Potenziale.

Unterschiedliche Erzeuger, Speicher und Verbraucher werden im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte hinsichtlich ihrer IKT-Anbindung, Steuerbarkeit und Synergieeffekten betrachtet. Hierbei reicht der Betrachtungshorizont von Aspekten wie der Eigenverbrauchsmaximierung oder Energiekostenreduktion sowie weiteren Optimierungszielen über Steuerungs- und Anwendungsszenarien bis hin zur Kopplung der Sektoren Strom und Wärme. Es werden einzelne Komponenten sowie deren Verbund in ihren Eigenschaften und Funktionsweise nachgebildet, rechnergestützt simuliert sowie in Laborumgebungen real betrachtet. Auch Komfortaspekte und Nutzerverhalten sowie Nutzersensibilisierung finden dabei Berücksichtigung.

Im Rahmen des Forschungsprojektes *BASIS* (FKZ VP3177001MS3 BMWI – ZIM 2013-2016, Building Automation durch ein Intelligentes Skalierbares System) ist ein sechs Parteien Mehrfamilienhaus der Nibelungen Wohnbau mit rund 800 Sensoren und Aktoren ausgestattet worden. Das Gebäude dient als Forschungsumgebung für verschiedene Folgeprojekte.

Das niedersächsische Verbundprojekt „*NEDS – Nachhaltige Energieversorgung Niedersachsen*“ (FKZ VWZN3043) entwickelt und überprüft Szenarien einer zukünftigen nachhaltigen Energieversorgung für Niedersachsen sowie die Bestimmung von optimalen technologischen Umsetzungspfaden zur Erreichung dieser Zielvorgabe unter Nachhaltigkeitskriterien. In Hinblick auf ein zukünftiges Smart Grid und eine damit einhergehende, nachhaltige Energieversorgung in Niedersachsen, erfolgt eine techno-ökonomische Betrachtung auf Wohngebäudeebene.

Darüber hinaus werden die Auswirkungen netzdienlich betriebener abschaltbarer Lasten wie Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge sowie Batteriespeichern in stark Photovoltaik dominierten Netzgebieten unter netztechnischer Sicht untersucht und bewertet. Auch wirtschaftliche Fra-

gestellungen werden bearbeitet, aktuelle regulatorische Hemmnisse aufgezeigt und Empfehlungen für einen ganzheitlichen, energieeffizienten Netzbetrieb ausgesprochen.

Projektübergreifend befindet sich eine umfangreiche Simulations-Toolbox im Aufbau (vgl. Abbildung 20). Mit Schnittstellen zur Messdatenerfassung, Prognosebildung, Optimierung, Netzberechnung und variablen Zielfunktionen mit verschiedenen räumlichen Betrachtungsbereichen wird sie zukünftig ein hilfreiches Instrument für vielfältige Forschungsfragen sein.

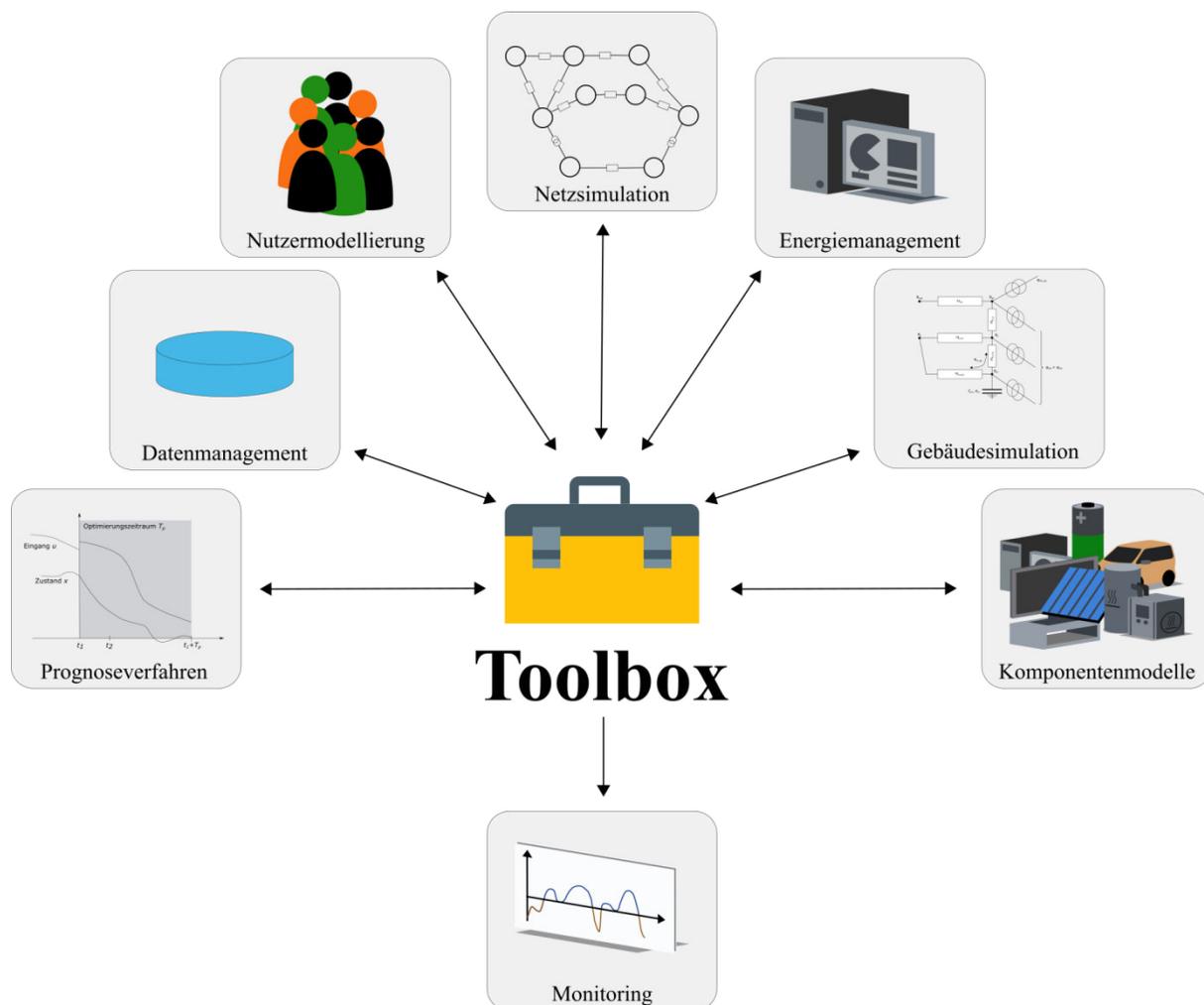


Abbildung 20: Modularer Aufbau der Simulationstoolbox für vernetzte Systeme

Figure 20: Modular structure of the simulation toolbox for networked systems

### Energy Management in the Field of Smart Buildings

*Dipl.-Ing. Stefanie Čelan; Stephan Diekmann, M.Sc.; Christian Reinhold, M.Sc.; Jonathan Ries, M.Sc.*

Germany and the European Union have defined specific goals for the expansion of renewable energies. By 2050 a share of at least 50 percent in primary energy consumption is intended. Influenced by these fundamental changes in the generation and the supply of electric energy, a

paradigm shift becomes necessary. In the future, the load must be adapted to the increasingly volatile production situation. Information and communication technologies (ICT) form a key factor in this harmonization of production and consumption.

In terms of Smart Grids, it is essential to operate energy management using intelligent interconnection on all network levels. Thus, the security of supply is maximized and simultaneously the need for expansion of the power grid is minimized. Even at the building level energy management is to be operated in so-called Smart Homes using comprehensive data networks. Apartment buildings especially offer potential.

The research topic is integrated in this context. Different types of generators, storages and loads are considered in the context of several research projects in terms of their ICT connectivity and controllability. The perspective ranges from aspects such as own consumption maximization or energy cost reduction and other optimization goals, over communication channels, protocol versions and associated data set ups, to control and application scenarios. Currently, an interproject simulation toolbox, where individual components and their interconnection are considered, is being set up (Figure 20).

### **Blindleistungsmanagement in Verteilungs- und Übertragungsnetzen**

*Hartmudt Köppe, M.Sc.; Ole Marggraf, M.Sc.; Fridolin Muuß, M.Sc.;*  
*Dipl.-Ing. Jonas Wussow*

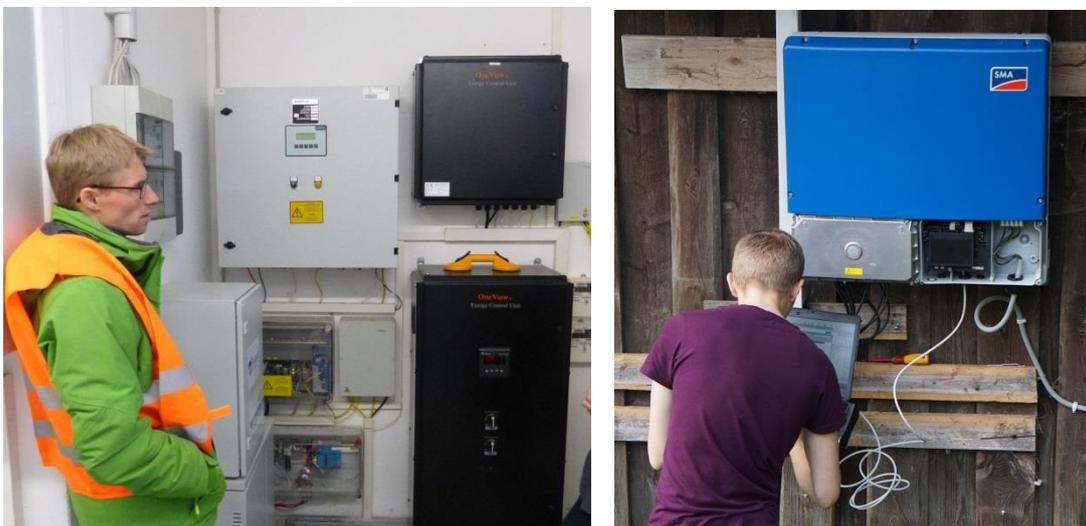


Abbildung 21: Links: Umspannwerk der Pilotanlage des Projekts „PV-Wind-Symbiose“;  
rechts: Feldtestwechselrichter im Projekt „U-Control“

Figure 21: left: Electrical substation of the pilot power plant of the project “PV-Wind-Symbiose”; right: field test inverter of the project “U-Control”

Im Rahmen des in der Forschungsinitiative *STROMNETZE* durchgeführten Projekts „PV-Wind Symbiose“ sollen intelligente Lösungen für das Blindleistungsmanagement in Vertei-

lungs- und Übertragungsnetzen entwickelt werden. Mittels vernetzter Regelalgorithmen werden Wind- und PV-Kraftwerke derart gesteuert, dass diese mit einer hohen Verfügbarkeit und bei minimierten Verlusten Blindleistung für das Stromnetz bereitstellen. Im Jahr 2017 wurden die intelligenten Regelalgorithmen weitgehend entwickelt, softwaretechnisch implementiert und umfassende Simulationsreihen durchgeführt, die derzeit noch ausgewertet werden. Ebenfalls wurde die Pilotanlage des Projekts vermessen, die 2018 mittels der entwickelten Regelung angesteuert werden soll (Abbildung 21, links).

Das Verbundforschungsprojekt *U-Control* konnte im Jahr 2017 wichtige Impulse für die Neufassung der Anwendungsregel des VDE zum Anschluss von Erzeugungsanlagen im Niederspannungsnetz VDE-AR-N 4105 geben. Nachdem in umfangreichen Simulationen, Labor- und Feldversuchen die Wirksamkeit, Effizienz und Stabilität der Q(U)-Regelung gezeigt wurde, scheint aktuell der Weg in die nächste Fassung der Anwendungsregel geebnet zu sein (Abbildung 21, rechts). Im Vergleich zur aktuell geforderten  $\cos\phi(P)$ -Steuerung kann der Blindenergieeinsatz zur Spannungshaltung bei ähnlich großer Wirkung auf die Spannungshaltung um über 90% reduziert werden. Dies wirkt sich ebenfalls positiv auf die Netzverluste und die Wechselrichterinternen Verluste aus. Eine Entscheidung über das zukünftig zu favorisierende Spannungshaltungskonzept in der Niederspannungsebene wird noch für Ende 2017 erwartet.

Im Rahmen des Schaufensterprojektes *InduktivLaden/emilia* und diverser weiteren Studien wurde der Einfluss der Elektromobilität auf die Verteilnetze, insbesondere das Niederspannungsnetz, untersucht. Die punktuelle hohe Leistung beim ÖPNV (z. B. induktives Hochleistungsladen mit 200 kW) oder eine hohe kumulierte Ladeleistung innerhalb eines Niederspannungsnetz durch häusliche Wallboxen mit Leistungen bis zu 11 kW stellen die Energieversorgungsnetze vor Herausforderungen. Bei der Simulation von ausgewählten Netzen und Szenarien zeigen sich Verletzungen des Spannungsbands als eine Folge der Netzintegration der Elektromobilität. Mithilfe eines kapazitiver Betrieb durch einen aktiven Gleichrichter bei der Ladeinheit können Spannungsabnahmen reduziert und Spannungsbandverletzungen verhindert werden.

### **Reactive Power Control in Distribution and Transmission Grids**

*Hartmudt Köppe, M.Sc.; Ole Marggraf, M.Sc.; Fridolin Muuß, M.Sc.;*  
*Dipl.-Ing. Jonas Wussow*

The focus of the project *PV-Wind-Symbiose* is the development of an intelligent control algorithm for reactive power management in distribution and transmission grids. The objective is to provide reactive power efficiently with renewable energy resources such as wind and PV power plants. In 2017 different algorithms were developed and simulations were executed. The objective for 2018 is to control the pilot power plant (Figure 21, left).

In 2017, the research project *U-Control* was able to provide important impulses for the amendment of the VDE guidelines for the connection of decentralized generators in the low-voltage grid VDE-AR-N 4105. After the effectiveness, efficiency and stability of the Q(U) control has been demonstrated in simulations, laboratory tests and field tests, the path to the next version of the guidelines seems to be paved (Figure 21, right). In comparison to the currently required  $\cos\phi(P)$  control, the reactive energy for voltage control can be reduced by more than 90% with a similar effect on voltage. This also has a positive effect on the grid losses and the internal losses of the inverter. A decision about the voltage control concept to be favored in the low-voltage level in the future is still expected for the end of 2017.

Voltage stabilizing measures in conjunction with electric mobility were analyzed in regards of the project *emilia* and other studies. The provision of reactive power by active rectifier minimizes the negative influence of punctual high power charging or of a high number of charging stations in the LV-grid. Possible deviations of the voltage range can be prevented by means of this approach.

### **Untersuchungen zur Effizienz und Integration dezentraler Energiespeicher**

*Dipl.-Wirtsch.-Ing. Franziska Lobas-Funck; Hauke Loges, M.Sc.; Frank Soyck, M.Eng.;  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Daniel Unger;*

Die Speicherung von PV-Strom in privaten Haushalten erlangte in den letzten Jahren zunehmend Bedeutung. Die garantierte Einspeisevergütung für PV-Strom liegt mittlerweile unterhalb des Strombezugspreises (grid-parity), wodurch der Eigenverbrauch rentabler als die Einspeisung in das Netz ist. Mit Batteriespeichern lässt sich dieser Eigenverbrauch signifikant erhöhen. Bei sämtlichen elektrischen Verbrauchern wird die Energieeffizienz anhand eines Umweltlabels gekennzeichnet, das mittels Farbabstufung die Effizienz eines Gerätes darstellt. Bei Batteriespeichern fehlen diese Kennzeichnungen gänzlich, wodurch dem Verbraucher beim Kauf keinerlei Anhaltspunkte gegeben werden. Hinzu kommt, dass die Wirkungsgradangaben der Hersteller oft intransparent sind und diese keiner einheitlichen Definition unterliegen. Oftmals ist zum Beispiel nicht klar, ob es sich bei der Angabe um einen Gesamtwirkungsgrad handelt oder nur Lade-/Entlade- bzw. Lade- und Entladeverluste ausgewiesen sind. Der Eigenbedarf der Batterie, der zum Teil auch aus dem Netz bezogen wird, wird als sogenannter Grund- bzw. Leerlaufverlust bezeichnet. Hierzu zählen neben der Selbstentladung auch die benötigte Energie für den Stand-by Betrieb und für die Elektronik. Pfadwirkungsgrade für verschiedene Messsysteme werden in der Abbildung 22 dargestellt.

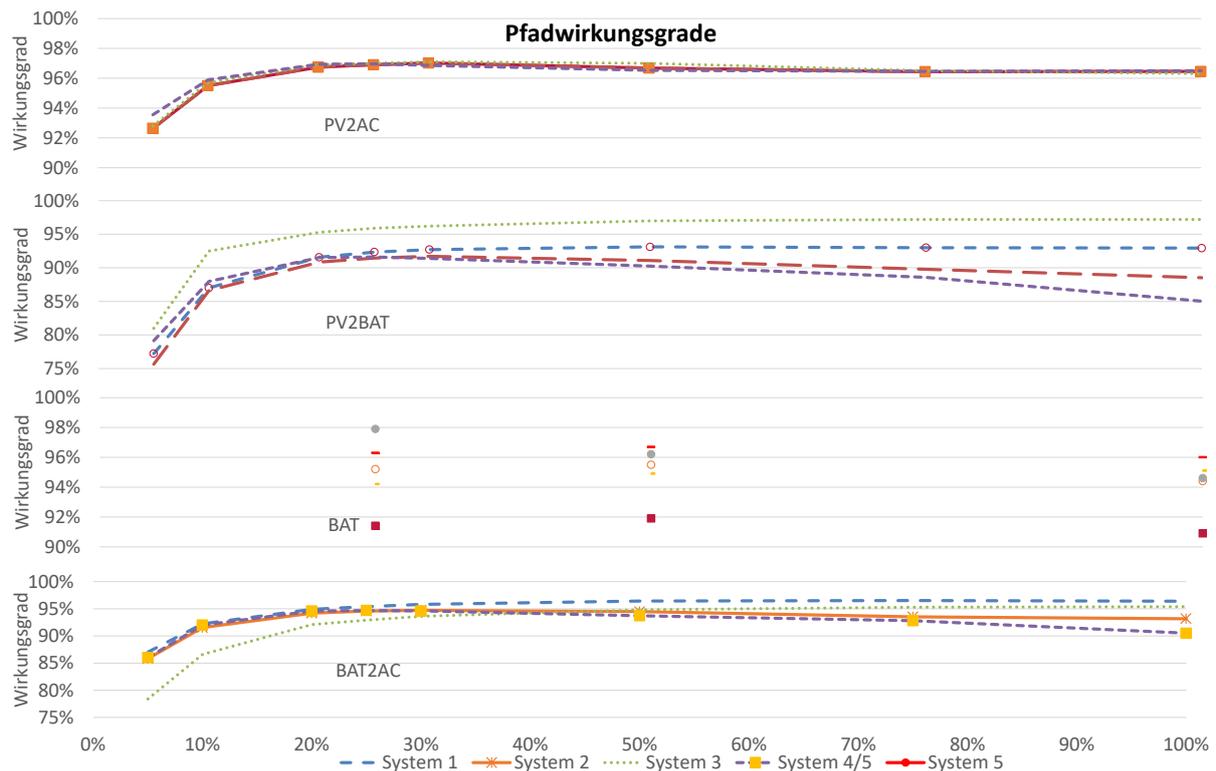


Abbildung 22: Pfadwirkungsgrade für verschiedene Speichersysteme  
 Figure 22: Path efficiencies for different storage systems

Haushaltsspeicher können in Zeiten, in denen sie nicht für den eingangs beschriebenen Eigenverbrauch genutzt werden, auch auf den Energiemärkten vermarktet werden. Für die Entwicklung möglicher Energiemärkte und Konzepte für die Betriebsführung wird im Rahmen eines Forschungsprojektes ein Marktmodell entwickelt. Mit Hilfe des Marktmodells wird untersucht, inwiefern zu bestimmten Marktsituationen die Systemsicherheit gefährdet wird und wie dezentrale Anlagen das elektrische Versorgungssystem unterstützen können. Das Gesamtmodell besteht aus einer Datenbank mit den Erzeugungseinheiten und den Zeitreihen. Aus diesen Daten werden Szenarien gebildet, welche im Optimierungsmodell zu einer Einsatzreihenfolge der Erzeugungseinheiten führen (Abbildung 23). In einem weiteren Forschungsprojekt wird die Messung und Abrechnung von simultan mehrfach genutzten PV-Speichersystemen untersucht.

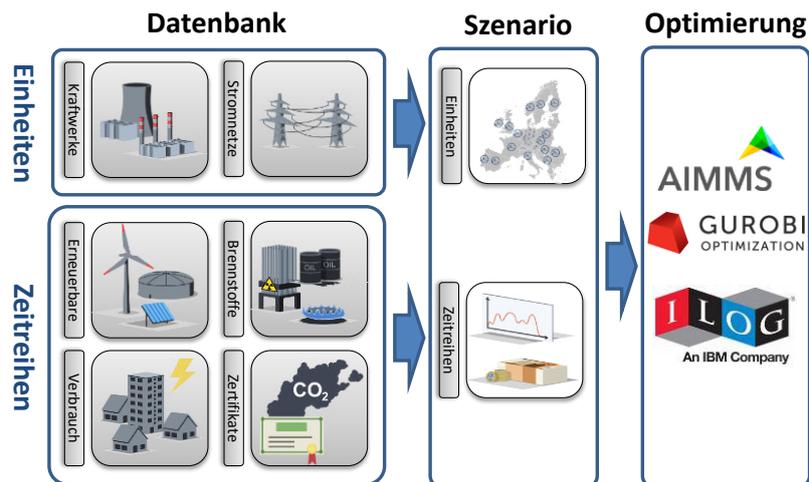


Abbildung 23: Darstellung des Gesamtmodells

Figure 23: Presentation of the overall model

### Examination for efficiency and integration of decentralized energy storages

*Dipl.-Wirtsch.-Ing. Franziska Lobas-Funck; Hauke Loges, M.Sc.; Frank Soyck, M.Eng.;  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Daniel Unger*

The importance of storing photovoltaic electricity, generated in residential buildings, has increased in recent years. The guaranteed feed-in tariff for photovoltaic electricity is lower than the electricity price (grid parity) at the moment. As of now, self-consumption is more profitable than injecting the power into the grid. Using batteries can increase the amount of self-consumed energy significantly. In other areas (electrical consumer), the energy-efficiency is marked by an environmental label. However, there are no labels for batteries so far. Furthermore, manufacturers tend to label their products nontransparent. To determine the efficiency and to develop an efficiency label for storage systems, comprehensive measurements with purchasable residential storage systems have been carried out. Extracts from the results are shown in Figure 22.

In addition to the first purpose of residential storages, the maximization of the self-consumption, the storages can be applied for participating at energy markets. The ongoing investigation shall reveal concepts and recommendations for maintaining the system stability at all times using these decentralized storages. Though these batteries are too small to participate at the market properly, they can be interconnected by means of a virtual power plant, also called Energy Storage Cloud. The Energy Storage Cloud resembles all the aggregated battery units in the market model. Combined with a highly accurate database for generation units, the cloud storages are simulated in a linear programming model. The model at a glance can be seen in Figure 23. In a further research project, the measurement and billing of simultaneous multiple-use PV storage systems is investigated.

### 3.4 Dissertationen – Dissertations

#### **Dynamisches Verhalten von wechselrichterbasierten Erzeugungsanlagen im Kontext eines sicheren und stabilen Netzbetriebs**

Tag der Prüfung: 24.05.2017

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Rolf Witzmann

Vorsitzende der Promotionskommission: Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz

*Stefan Laudahn, M. Sc.*

Der elektrische Energieverbrauch in Deutschland wurde im Jahr 2016 zu etwa einem Drittel aus regenerativen Erzeugungsanlagen gedeckt. Zeitweise wurde fast der gesamte deutsche Strombedarf von erneuerbaren, dezentralen Erzeugungsanlagen bereitgestellt. Ein Großteil dieser Erzeugungsanlagen speist die elektrische Leistung über Wechselrichter in das Netz ein. Das genaue dynamische Verhalten dieser Wechselrichter, in Netzfehlersituationen wie Kurzschlussituationen oder ungewollten Inselnetzbildungen, ist abhängig von der jeweiligen Programmierung und häufig nur unzureichend bekannt.

Zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Wechselrichtern wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Labor aufgebaut, das detaillierte Labormessungen in unterschiedlichsten Netz-situationen ermöglicht. Mit diesen detaillierten Labormessungen werden am Beispiel von zwei Photovoltaik-Wechselrichtern ein Simulationsmodell erstellt, welches die üblichen Netz-funktionen statische Spannungshaltung, frequenzabhängige Wirkleistungsreduktion, dynamische Netzstützung, Inselnetzerkennung und den Netz- und Anlagenschutz in EMT-Simulationen nachbildet. Dieses Simulationsmodell wird in Simulationen eingesetzt, um am Beispiel von Inselnetzbildungen, auch in Verbindung mit Kurzschlüssen und Kurzunterbrechungen, Wechselwirkungen der einzelnen Netzfunktionen aufzuzeigen, die einen sicheren und stabilen Netzbetrieb gefährden könnten. Es werden resultierend Parametrierungshinweise gegeben, die einen sicheren Betrieb von Verteilungsnetzen mit hohem Anteil von Wechselrichtern gewährleisten sollen.

Da sich bei einem weiteren Ausbau wechselrichterbasierter Erzeugungsanlagen die Frage nach der Systemstabilität stellt, wird abschließend das Potenzial von netzbildenden, spannungsstellenden Wechselrichtern und erweiterten Funktionen für übliche stromstellende Wechselrichter zur Erbringung von Momentanreserve untersucht. In Laborversuchen werden die Frequenzregelung in einem beispielhaften Netz dargestellt und die prinzipiellen regelungstechnischen Zusammenhänge erläutert. Die Arbeit liefert grundsätzliche Werkzeuge und Methoden zur Beurteilung der Stabilität und des sicheren Betriebs von Netzen mit hohem Anteil wechselrichter-basierter Erzeugungsanlagen.

## **Dynamic Behaviour of Inverter-Based Generation Units in the Context of a Secure and Stable System Operation**

*Stefan Laudahn, M. Sc.*

In 2016, about a third of the whole electric energy consumption in Germany was covered by renewables. In a few hours of the year, renewables were nearly able to provide the complete electric demand. Most of the renewables are using inverters to provide the electric power to the grid. Unfortunately, the dynamic behavior of these inverters mainly depends on software components and is often unknown.

A laboratory has been designed in order to facilitate investigations regarding the dynamic behavior of inverter-based renewable energy resources. This laboratory has been used to conduct extensive measurements with two different photovoltaic inverters. The measurement results have been used to generate an EMT-simulation model of the high-level active and reactive power controller of an inverter. The model considers the usual grid functions volt/var control, limited frequency sensitive mode for over frequency (LFSM-O), Fault-Ride-Through, active islanding detection and grid and plant protection mechanisms.

The model is used in simulations to identify interactions between different grid functions and possible negative effects on the system operation regarding safety and robustness. The investigations have been conducted using the example of unintentional islanding in combination with short circuit events and automatic reclosing. As a result of these simulations, recommendations for the parameterization of inverters are given, which shall ensure a safe and robust operation of distribution grids.

With the continuously rising share of renewables, the stable system operation of inverter-dominated systems – especially with respect to the frequency control – becomes more and more important. A frequency controller for voltage control mode inverters is designed in order to substitute the inertia of synchronous generators which currently stabilize the grid frequency. Furthermore, a new grid function for state-of-the-art inverters has been designed which enables inverters to provide virtual inertia. Laboratory measurements with experimental inverters have been conducted to show the principle functionality of inverter based frequency control.

This thesis delivers the basic tools and methods for investigations regarding the stable and safe operation of electric power systems with high share of inverter-based generation.

## **Entwicklung eines Referenzprüfstands zur rechtskonformen Überprüfung von virtuellen Zählpunkten bei einer simultanen Mehrfachnutzung von dezentralen Batteriespeichern**

Tag der Prüfung: 06.11.2017

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Achim Enders

Vorsitzender der Promotionskommission: Dr.rer.nat. Frank Ludwig

*Florian Schilling, M. Sc.*

In dieser Arbeit wurden ein stationäres und ein mobiles Referenzmesssystem zur Prüfung von Systemen, die abrechnungsrelevante virtuelle Zählpunkte für die simultane Speichermehrfachnutzung bilden, entwickelt, aufgebaut und auf höherwertige Normale zurückgeführt. Der Schwerpunkt dabei liegt in der Schaffung einer Messmöglichkeit, die es erlaubt, Energiemesssysteme überprüfen und eichen zu können, bei denen die ermittelte Energiemenge nicht nur von den Parametern Strom, Spannung und Phase an einem Messpunkt abhängt, sondern von mehreren Messpunkten in Verbindung mit einem vorgegebenen Systemzustand. Beim Systemzustand wird zwischen der reinen Eigenverbrauchsoptimierung, der alleinigen Verwendung des Energiespeichers zur Regelleistungserbringung und der Kombination der beiden Systemzustände unterschieden. Das Projektziel ist, mit Hilfe dieser virtuell gebildeten Zählerstände Energieflüsse abrechnungsfähig zu ermitteln, die nicht mit Hilfe eines Messgeräts erfasst werden können, und damit die simultane Mehrfachnutzung von Batteriespeichern, die in Kleinerzeugungsanlagen integriert sind, für die Energiewirtschaft und die Anlagenbetreiber zu ermöglichen.

Die abrechnungsrelevanten Energiemengen werden in einer Recheneinheit aus Werten von zwei physikalischen Energiezählern gebildet. Die berechnete Energiemenge der jeweiligen Energieflüsse wird dabei einem sogenannten virtuellen Zählpunkt zugeordnet. Die unterschiedlichen Systemzustände und Energieflussrichtungen können zur Überprüfung der Recheneinheit simulationstechnisch erzeugt werden. Eine Einzelprüfung der Recheneinheit kann daher auch ohne den Einsatz von physikalischen Energiezählern und Energieflüssen durchgeführt werden. Weiterhin ist auch eine Prüfung des vollständigen Systems unter Verwendung der installierten Wechselrichter in Verbindung mit dem mobilen Referenzmesssystem möglich. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass das entwickelte neuartige Abrechnungssystem im Labor und im Feld korrekte und zu Abrechnungszwecken geeignete Werte liefert.

## **Development of a Reference Measuring System for Legitimate Verification of Virtual Metering Points During Simultaneous Multiple Usages of Decentralized Battery Storages Systems**

*Florian Schilling, M. Sc.*

The aim of this work was to develop and set up a reference measuring system (both stationary and mobile) to check energy measuring systems which generate virtual measuring points that are relevant for billing the amount of energy of energy storage systems being used for different purposes simultaneously. This reference measuring system was then traced to higher-grade standards. The work was focused on finding a possibility to measure, check and verify energy measuring systems where the amount of energy does not only depend on the parameters current, voltage and phase at one single measuring point, but at several measuring points in connection with a specific operation mode of the system. The system can be in one of the following three operation modes: (1) pure optimization of the private energy consumption; (2) usage of the energy storage system solely to supply balancing energy; and (3) a combination of these two operation modes. The aim of the project is to determine, by means of these virtual measurement results, energy flows which cannot be detected with a measuring instrument in such a way that they can be used for billing purposes, and to make it possible, in this way, for the power industry and the system operator to use small-sized battery storage systems for different purposes simultaneously.

The amount of energy that is relevant for the billing of energy is therefore generated in a computing unit obtaining values of two physical energy meters. The energy quantity calculated for each of the respective energy flows is assigned to a so-called "virtual metering point". In order to check the computed values, it is possible to simulate the different operation modes and the directions of the energy flow. In this way, the computing unit can also be checked individually without using physical energy meters and energy flows. In addition, it is possible to check the entire system by using the inverters installed in connection with the mobile reference measuring system. This ensures that the novel billing system supplies values which are correct both in the lab and in the field and are suited to be used for billing purposes.

## 4 Besondere Ereignisse 2017 – Special Events 2017

Außer den aufgeführten Ereignissen fanden eine Vielzahl von Projekttreffen mit unseren Partnern aus der Industrie, der Energieversorgung, den Hochschulen und den Behörden statt.

### 4.1 Kalender der besonderen Ereignisse – Calendar of Special Events

#### 12.01.

Sitzung ETG/GMA Fachausschuss Netzregelung und Systemführung,  
VDE Frankfurt am Main  
*Teilnehmer: B. Engel*

#### 13.01.

Fachvertreterversammlung,  
TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

#### 13.01.

Sitzung FNN-Taskforce Sicheres System mit DEZ und Programmausschuss FNN-Fachkongress Netztechnik, VDE Berlin  
*Teilnehmer: B. Engel*

#### 18.01.

EFZN Vorstandssitzung,  
TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

#### 20.01.

Sitzung DKE AK 431 – Kriech- und Luftstrecken, Frankfurt am Main  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

#### 23.01.

NFF Workshop, Ilsenburg  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

#### 23.-24.01.

Kooperationstreffen INP Greifswald, Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Hilbert, T. Kopp, T. Pieniak, T. Runge*

#### 24.01.

Mentorentreffen AG Energietechnologien, elenia  
*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill, T. Kopp, Studierende*

#### 24.01.

NEDS-Symposium, Hannover  
*Teilnehmer: B. Engel, H. Loges, C. Reinhold,*

#### 25.01.

Neujahrsempfang des VDE-Bezirksvereins Braunschweig e.V., Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat; S. Diekmann, M. Hilbert*

#### 25.-26.01.

Studienseminar elenia, Seminarraum  
*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat, div. Mitarbeiter, Studierende*



**25.-27.01.**

Batterieforum Deutschland 2017, Berlin

*Teilnehmer: K. Ryll, U. Westerhoff*

**26.01.**

dena Plattform Systemdienstleistungen

8. Treffen Projektsteuerungsgruppe Berlin

*Teilnehmer: B. Engel*

**30.01.**

OTTI Seminar Blindleistungsmanagement  
in Verteilungsnetzen, Berlin

*Teilnehmer: B. Engel, H. Köppe,  
O. Marggraf*

**30.01.-02.02.**

AABC Europe 2017, Mainz

*Teilnehmer: D. Hauck*

**31.01.-01.02.**

4. Konferenz Zukünftige Stromnetze für  
Erneuerbare Energien, Berlin

*Teilnehmer: B. Engel, H. Köppe,  
O. Marggraf*

**01.02.**

FNN Lenkungskreissitzung NS/MS, Berlin

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**03.02.**

Exkursion zur SMA Solar Technology AG  
im Rahmen der Vorlesung Systemtechnik  
der Photovoltaik, Kassel

*Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf,  
F. Rauscher, Studierende*



**06.-07.02.**

Besuch der Schaltbau GmbH, München

*Teilnehmer: D. Bösche, T. Kopp, T. Runge*

**08.02.**

2. Doktorandentag der Battery LabFactory  
Braunschweig (BLB), Niedersächsisches  
Forschungszentrum Fahrzeugtechnik  
(NFF) in Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, U. Westerhoff*

**08.02.**

Vortrag zum Thema „Photovoltaik für die  
Wohnungswirtschaft –

technische Möglichkeiten zur Beteiligung  
der Mieter an der Energiewende“

vdn Fachtagung Bau, Braunschweig

*Vortragender: B. Engel*

**09.02.**

Auftaktveranstaltung des Forschungsnetz-  
werks „Stromnetze“, BMWi Berlin

*Teilnehmer: B. Engel*

**10.02.**

Vortrag zum Thema „Gleichstromnetze:  
Gestern und Morgen“ bei der Klassensit-  
zung der Braunschweigischen Wissen-  
schaftlichen Gesellschaft (BWG),

Braunschweig

*Vortragender: M. Kurrat*

**14.02.**

Power2x, Hannover

*Teilnehmer: M. Hilbert*

**14.02.**

Vorstandssitzung FNN, VDE Berlin

*Teilnehmer: B. Engel*

**17.02.**

Vorstandssitzung VDE-Bezirksverein  
Braunschweig e.V., elenia

*Teilnehmer: M. Kurrat, S. Diekmann,  
L. Soleymani*

**17.02.**

Fachvertreterversammlung,  
TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**17.02.**

ETG-Vorstandssitzung,  
VDE Frankfurt am Main

*Teilnehmer: B. Engel*

**20.02.**

Fakultätsratsitzung, TU Braunschweig

*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat*

**21.02.**

Hybridsymposium Braunschweig  
Podiumsdiskussion

*Teilnehmer: B. Engel*

**23.02.**

NEDS-Quartalstreffen, Göttingen

*Teilnehmer: B. Engel, H. Loges,  
C. Reinhold*

**23.-24.02.**

Strategietreffen für den Schwerpunkt  
Komponenten der Energieversorgung,  
PTB Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Hilbert,  
T. Kopp*

**28.02.**

FNN- TAB Fachforum, Hannover

*Teilnehmer: B. Engel*

**07.03.**

Labor-Erfahrungsaustausch E-T-A Elektrotechnische Apparate, Altdorf

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**07.-09.03.**

1. ProZell-Forschungskolloquium, Dresden

*Teilnehmer: U. Westerhoff*

**08.-10.03.**

32. Symposium Photovoltaische Solar-  
energie, Bad Staffelstein

*Teilnehmer: B. Engel, H. Köppe, F. Lobas-  
Funck, H. Loges, O. Marggraf, J. Seidel*

**15.03.**

EFZN Vorstandssitzung, Goslar

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**16.03.**

Workshop Stadt der Zukunft, Goslar

*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat*

**17.03.**

Treffen im Niedersächsisches Ministerium  
für Umwelt, Energie und Klimaschutz zur  
Studie „Must Run“, Hannover

*Teilnehmer: B. Engel, H. Loges, J. Seidel*

**20.-24.03.**

CeBIT, Hannover

*Teilnehmer: S. Diekmann*

**28.03.**

CrHiVE (Cryogenic High Voltage Engineering) Meeting, Aachen

*Teilnehmer: N. Hill*

**28.03.**

Energiecafé – Smart City,  
Haus der Wissenschaft, Braunschweig

*Teilnehmerin: F. Lobas-Funck*

**30.03.**

8. Symposium “Testing and Qualifying of  
Li-Ion-Batteries”, Reiskirchen-  
Lindenstruth

*Teilnehmer: D. Hauck, U. Westerhoff*

**01.04.**

Amtsantritt von Prof. Kurrat als Dekan der  
Fakultät für Elektrotechnik, Informations-  
technik, Physik an der TU Braunschweig

*Dekan: M. Kurrat*

**07.04.**

Jahreshauptversammlung der VDE Stif-  
tung Erwin Marx, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**18.04.**

Sitzung EFK Koordinatoren und Sprecher,  
Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, H. Loges*

**20.04.**

Symposium Zukunft der elektrischen  
Energieversorgung in der Energiewende,  
Akademie der Wissenschaften und der  
Literatur, Mainz

*Vortragender: B. Engel*

**21.04.**

Fachvertreterversammlung,  
TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**24.04.**

Fakultätsratssitzung, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**24.04.**

FNN Lenungskreissitzung, Berlin

*Vortragende: B. Engel,*

*Teilnehmer: O. Marggraf*

**24.-28.04.**

Hannover Messe (HMI), Hannover

*Teilnehmer: S. Diekmann*

**25.04.**

NFF Vorstandssitzung, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**25.04.**

Mentorentreffen AG Energietechnologien,  
elenia

*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill, T. Kopp,*

*Studierende*

**28.04.**

Doktorprüfung Sven Schumann, Aachen

*Zweitprüfer: M. Kurrat*

**03.05.**

Vorstandssitzung VDE-Bezirksverein  
Braunschweig e.V., Clausthal  
*Teilnehmer: M. Kurrat, S. Diekmann*

**04.05.**

Tag der Energieforschung,  
Leibnitz-Universität Hannover  
*Vortragender: B. Engel*  
*Teilnehmer: H. Loges, C. Reinhold*

**04.-05.05.**

Tagung SINTEG - Visionen für die digitale  
Energiewelt, Berlin  
*Teilnehmer: B. Engel*

**04.-05.05.**

Isolierstoffkolloquium, Karlsruhe  
*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Hilbert, N. Hill,  
S. Passon, C. Schierding*

**09.-10.05.**

9. Göttinger Tagung zu aktuellen Fragen  
zur Entwicklung der Energieversorgungs-  
netze, Göttingen  
*Teilnehmer: B. Engel, div. Mitarbeiter*

**09.-10.05.**

DKE K124, Bonn  
*Teilnehmer: M. Hilbert*

**09.-11.05.**

FNN Fachkongress ZMP 2017, Leipzig  
*Teilnehmer: B. Engel, S. Diekmann*

**11.05.**

Doktorprüfung Felix Dschung, München  
*Zweitprüfer: M. Kurrat*

**12.05.**

Projekttreffen U-Control, Regensburg  
*Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf*

**13.05.**

Treffen der aktiven und ehemaligen Dokto-  
randen von Prof. Kurrat, Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, div. aktive und  
ehemalige Doktoranden*



**15.05.**

elenia Get-together, Braunschweig  
*Teilnehmer: div. Mitarbeiter*

**16.05.**

DaLion 3. Industrieworkshop beim VDMA  
Arbeitskreis Elektrochemische Energie-  
speicher, Frankfurt am Main  
*Teilnehmerin: K. Ryll*

**16.05.**

Ringvorlesung, elenia  
*Teilnehmer: div. Mitarbeiter*

**16.-17.05.**

ATZ-Kongress Netzintegration der Elekt-  
romobilität, Berlin  
*Teilnehmer: B. Engel*

**17.-18.05.**

ZVEI Jahreskongress 2017, Berlin  
*Teilnehmer: S. Diekmann*

**19.05.**

Fachvertreterversammlung,  
TU Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat*

**22.05.**

Fakultätsratsitzung, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat*

**23.05.**

Exkursion zur PTB im Rahmen der Vorlesung Gleichstrom- und Speichersysteme, Braunschweig  
*Teilnehmer: D. Hauck, O. Pronobis, K. Ryll, Studierende*



**24.05.**

Doktorprüfung Stefan Laudahn, elenia  
*Erstprüfer: B. Engel; Teilnehmer: alle*



**30.05.**

Tag der Lehre, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hemdan, M. Hilbert, div. Mitarbeiter*

**30.05.**

EFZN Vorstandssitzung, Göttingen  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**01.-02.06.**

FNN-Fördererkreissitzung, Potsdam  
*Teilnehmer: B. Engel*

**02.06.**

Vollversammlung der Battery LabFactory Braunschweig, Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, K. Ryll, U. Westerhoff*

**06.-08.06.**

Pfingstexkursion, München  
*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat, F. Rauscher, Studierende*

**08.06.**

Exkursion zum Heizkraftwerk Mitte im Rahmen der Vorlesung Innovative Energiesysteme, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel, H. Köppe*



**09.06.**

NDR-Interview für Panorama 3, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, U. Westerhoff*

**12.-16.06.**

Gastvorlesung an der PUC im Rahmen des DAAD-Programms „Study courses of German universities abroad“,

Rio de Janeiro, Brasilien

*Teilnehmer: B. Osterkamp*



**17.06.**

TU-Night, TU Braunschweig

*Teilnehmer: S. Čelan, N. Hill, T. Kopp,*

*T. Pieniak, F. Rauscher, T. Runge,*

*F. Soyck*



**22.06.**

Sitzung FNN Lenkungskreis NS/MS,  
Berlin

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**22.06.**

Forschungsnetzwerk Energie Stromnetze,  
Kick-off Veranstaltung, Jülich

*Teilnehmer: B. Engel*

**22.06.**

Exkursion zur PTB im Rahmen der Vorlesung Hochspannungstechnik 2,  
Braunschweig

*Teilnehmer: M. Hilbert, T. Pieniak,*

*Studierende*

**19.06.**

Sitzung EFK Koordinatoren und Sprecher,  
Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, H. Loges*



**19.06.**

Studienkommission Mobil und Verkehr,  
TU Braunschweig

*Teilnehmer: B. Engel*

**20.-21.06.**

9. Braunschweiger Supraleiterseminar,  
TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, D. Bösche,*

*M. Hilbert, N. Hill*

**23.06.**

Mentorentreffen AG Energietechnologien,  
elenia

*Teilnehmer: N. Hill, T. Kopp, O. Pronobis,*

*Studierende*

**26.06.**

Jährliche Sicherheitsunterweisung, elenia  
*Teilnehmer: alle*

**26.06.**

Fakultätsratssitzung, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**28.06.**

2nd IEEE International Conference on DC  
Microgrids, Nürnberg  
*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hemdan,  
C. Klosinski, L. Soleymani*

**29.06.**

VDE Delegiertenversammlung, Köln  
*Teilnehmer: B. Engel*

**30.06.**

Studienseminar elenia (1/2), Seminarraum  
*Teilnehmer: B. Engel, div. Mitarbeiter,  
Studierende*



**30.06.**

Fachvertreterversammlung,  
TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**03.07.**

Treffen der Pfingstexkursionsgruppe mit  
Grillen, elenia  
*Teilnehmer: H. Köppe, C. Reinhold,  
T. Runge, Studierende*

**03.07.**

Fakultätsratssitzung, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**04.07.**

Gemeinsame ETG-/ITG-Vorstandssitzung,  
Frankfurt am Main  
*Teilnehmer: B. Engel*

**05.07.**

Studienseminar elenia (2/2), Seminarraum  
*Teilnehmer: M. Kurrat, div. Mitarbeiter,  
Studierende*

**05.07.**

NFF-Vorstandssitzung, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**07.07.**

Feierstunde 50 Jahre Promotion, Fakultät  
5, Haus der Wissenschaft an der  
TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**07.07.**

3. NFF-Fußball-Cup 2017, Braunschweig  
*Teilnehmer: D. Hauck, B. Kühn,  
O. Pronobis, T. Runge, Studierende*



**17.-18.07.**

Workshop der YoungDocs, Hamburg  
*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Alija,  
S. Passon, O. Pronobis, F. Rauscher,  
J. Ries*

**18.-19.07.**

Workshop der YoungProfessionals,  
Hamburg  
*Teilnehmer: M. Kurrat, D. Bösche, C. Klo-  
sinski, B. Kühn, T. Runge, K. Ryll,  
C. Schierding*

**25.07.**

Sitzung DKE K431, Frankfurt am Main  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**25.07.**

Inbetriebnahme und Pressetermin zum  
Feldtest im Forschungsprojekt PV-Regel,  
Nobitz  
*Teilnehmer: B. Osterkamp*

**03.08.**

Sondersitzung Energiebeirat der  
TU Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel*

**08.08.**

NFF-Forschungsrundgang mit VW,  
TU Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel, J. Mummel,  
B. Osterkamp*

**08.08.**

International Summer School on Me-  
trology „Frontiers of the Measurable“,  
Kloster Drübeck  
*Vortragender: B. Engel*

**10.08.**

Pressetermin zur Fahrzeugübergabe im  
Rahmen des Projektes  
lautlos&einsatzbereit, Braunschweig  
*Teilnehmer: F. Lienesch, J. Mummel,  
O. Pronobis*



**10.-11.08.**

AG-Klausur der AG Energiesysteme,  
Hamburg  
*Teilnehmer: B. Engel, WiMis der AG  
Energiesysteme*

**14.08.**

Pressegespräch – Forschungswohnungen  
Bochumer Str. 1 (BASIS Haus),  
Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel, S. Diekmann*

**16.08.**

Behördenstaffelmarathon, Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel, div. Mitarbeiter,  
Studierende*



**27.08.-01.09.**

ISH 2017 - The 20th International Symposium on High Voltage Engineering, Buenos Aires, Argentina  
*Teilnehmer: B. Kuehn*

**29.08.**

Vortrag beim Schöpfungstag der Ev.-luth. Probstei, Braunschweig  
*Vortragender: B. Engel*

**30.08.**

Kooperationstreffen INP Greifswald, Greifswald  
*Teilnehmer: M. Hilbert, T. Runge*

**01.09.**

Festkolloquium des Instituts für Nachrichtentechnik (IfN) zum 90-jährigen Jubiläum, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**01.09.**

8. Energietag der Region in Wolfenbüttel  
*Teilnehmer: B. Engel*

**01.-03.09.**

Tag der Niedersachsen, Projektvorstellung lautlos&einsatzbereit, Wolfsburg  
*Teilnehmerin: O. Pronobis*



**02.09.**

Schöpfungstag Podiumsdiskussion „Erneuerbare Energien“ auf dem Kohlmarkt mit Umweltminister Wenzel, Braunschweig  
*Teilnehmer: B. Engel*

**04.-05.09.**

Workshop NFF, Ilsenburg  
*Teilnehmer: B. Engel*

**04.-08.09.**

FSO 2017 - XXIIInd Symposium on Physics of Switching Arc, Nove Mesto na Morave, Tschechische Republik  
*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Alija, M. Hilbert, T. Runge*



<http://www.fsosymposium.cz/>

**07.09.**

Fachtagung ARGE VNB Ost, Leipzig  
*Teilnehmer: B. Engel*

**11.-22.09.**

Messkampagne elenia-INP Greifswald, elenia  
*Teilnehmer: M. Hilbert*

**12.09.**

Institutsworkshop, Harz  
(Rappbodetalsperre und Hermannshöhle)  
*Teilnehmer: alle*



**17.-21.09.**

13th European Conference on Applied  
Superconductivity (EUCAS 2017), Genf  
*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill*

**22.09.** Meeting of Cigré WG D1.64 (Elec-  
trical insulation techniques at cryogenic  
temperatures), Genf, Schweiz  
*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill*

**22.09.**

Cloud der Wissenschaft, Braunschweig  
*Teilnehmer: J. Mummel*



**22.09.**

Konsortialtreffen PV-Regel, Hannover  
*Teilnehmer: B. Engel, B. Osterkamp,  
J. Seidel*

**25.09.**

Akademieprojekt ESYS AG (de)zentrale  
Energieversorgung Flughafen Frankfurt,  
Frankfurt am Main  
*Teilnehmer B. Engel*

**26.09.**

Schwerpunkttag – Komponenten der Ener-  
gieversorgung, elenia  
*Teilnehmer: M. Kurrat, div. Mitarbeiter*



**26.-27.09.**

12. ETG/GMA-Fachtagung „Netzregelung  
und Systemführung“, Berlin  
*Teilnehmer: B. Engel, F. Rauscher*

**06.10.**

Kooperationstreffen mit der TU Dortmund,  
Dortmund  
*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Hilbert*

**09.-11.10.**

EVS30 – Electric Vehicle Symposium &  
Exhibition, Stuttgart  
*Teilnehmer: J. Mummel*

**10.10.**

Sitzung EFK Koordinatoren und Sprecher,  
Braunschweig

*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat,,  
H. Loges*

**11.10.**

dena - Systemdienstleistungen im Energie-  
system der Zukunft, Berlin

*Teilnehmer: B. Engel, B. Osterkamp,  
F. Rauscher*

**11.10.**

GIS-Schaltanlagen Seminar, Darmstadt

*Teilnehmer: B. Weber*

**11.-12.10.**

2. ProZell-Forschungskolloquium, Aachen

*Teilnehmer: F. Lienesch, U. Westerhoff*

**11.-13.10.**

Albert Keil Kontaktseminar, Karlsruhe

*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Alija,  
M. Hilbert, C. Klosinski*

**17.10.**

Energiecafé – Internet der Dinge, Haus der  
Wissenschaft, TU Braunschweig

*Teilnehmer: B. Engel*

**17.10.**

Werkstattexkursion zur Salzgitter AG,  
Salzgitter

*Teilnehmer: div. Mitarbeiter*



**17.10.**

EFZN Vorstandssitzung, Oldenburg

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**18.10.**

Vorstandssitzung VDE-Bezirksverein  
Braunschweig e.V., Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, S. Diekmann*

**18.10.**

Besuch der TU9-Geschäftsführerin Frau  
Dr. Saverschek in den elenia-energy-labs  
und der BLB sowie Fahrt mit dem Insti-  
tuts-eGolf „emilia“, TU Braunschweig

*Teilnehmer: B. Engel, F. Soyck*

**19.10.**

PWC Roadshow-Termin „E-mobility für  
EVU – Nische oder Megatrend?“,  
Düsseldorf

*Teilnehmer: J. Wussow*

**19.10.**

Besuch der Präsidentin Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla in der BLB,  
TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, U. Westerhoff*



**23.10.**

E-Mobility Power System Integration  
Symposium, Berlin

*Teilnehmer: J. Wussow*

**24.-25.10.**

Solar Integration Workshop, Berlin

*Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf,  
F. Rauscher, S. Laudahn*

**25.10.**

Akkreditierung des neuen Studiengangs  
Nachhaltige Energietechnik,  
TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**25.10.**

CrHiVE (Cryogenic High Voltage Engineering) Meeting, Braunschweig

*Teilnehmer: N. Hill*

**25.-27.10.**

Wind Integration Workshop, Berlin

*Teilnehmer: H. Köppe*

**26.10.**

3. NFF-Doktorandentag am Niedersächsischen  
Forschungszentrum (NFF),  
TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, J. Mummel,  
O. Pronobis, J. Wussow*

**27.10.**

NFF Vorstandssitzung, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**01.11.**

Projekttreffen lautlos&einsatzbereit im  
NFF, Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, J. Mummel,  
O. Pronobis*



**02.11.**

PWC Roadshow-Termin „E-mobility für  
EVU – Nische oder Megatrend?“, Stuttgart

*Teilnehmer: B. Engel*

**06.11.**

Fakultätsratssitzung, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**06.11.**

Doktorprüfung Florian Schilling, elenia  
*Erstprüfer: B. Engel; Teilnehmer: alle*



**07.-08.11.**

10. Niedersächsische Energietage,  
Hannover  
*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat,  
div. Mitarbeiter*

**07.-08.11.**

Besuch bei ETA – Treffen zwischen ETA,  
ETO und elenia, Altdorf  
*Teilnehmer: T. Kopp, T. Runge*

**08.11.**

Jahreshauptversammlung VDE-  
Bezirksverein Braunschweig e.V.,  
IHK Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, S. Diekmann,  
M. Hilbert, C. Reinhold, C. Schierding*

**08.11.**

Mentorentreffen AG Energietechnologien,  
elenia  
*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill,  
O. Pronobis, Studierende*

**10.11.**

Absolventenfeier, TU Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, M. Hilbert,  
B. Weber*



**13.11.**

Sitzung ETG des Fachbereichs Q2 –  
Werkstoffe, Isoliersysteme, Diagnostik,  
Frankfurt am Main  
*Teilnehmer: M. Kurrat*

**14.11.**

Mitgliederversammlung des Akademien-  
projektes „Energiesysteme der Zukunft“  
(ESYS), Berlin  
*Teilnehmer: B. Engel*

**15.11.**

Projekttreffen PV-Wind-Symbiose,  
Niestetal  
*Teilnehmer: H. Köppe*

**15.-16.11.**

FGH Workshop „Netzintegration“,  
Heidelberg  
*Teilnehmer: O. Marggraf*

**16.11.**

Sitzung EFK Koordinatoren und Sprecher,  
Braunschweig  
*Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, H. Loges*

**16.11.**

Abstimmungsgespräch Wasserstofftankstelle in Braunschweig, Braunschweig

*Teilnehmer: B. Engel*

**16.11.**

Fachveranstaltung „Entwicklung der Elektromobilität und Ausbau der Ladeinfrastruktur in Niedersachsen“, Oldenburg

*Teilnehmerin: O. Pronobis*

**16.11.**

Prof@turntables im 42° Fieber, Braunschweig

*Am Mischpult: B. Engel*

*Teilnehmer: div. Mitarbeiter, Studierende*



**17.11.**

Promotionsprüfung Markus Gödde, Aachen

*Teilnehmer: B. Engel*

**17.11.**

Kickoff Projekt NetProsum 2030, Braunschweig

*Teilnehmer: J. Mummel, F. Soyck, J. Wussow*

**20.11.**

DaLion 4. Industrieworkshop, Braunschweig

*Teilnehmer: L. Hoffmann, U. Westerhoff*

**21.11.**

Energiecafé – Nach dem Atomausstieg, Haus der Wissenschaft

*Teilnehmerin: F. Lobas-Funck*

**21.11.**

Vortrag des Jahres (VDE, VDI, GI) – Live Hacking Event, Ostfalia Wolfenbüttel

*Teilnehmer: B. Engel, S. Diekmann*

**22.11.**

Forschungstag des Niedersächsischen Forschungszentrums für Luftfahrt (NFL) am NFF, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**22.11.**

NEDS-Quartalstreffen, Hannover

*Teilnehmer: B. Engel, C. Reinhold, H. Loges*

**24.11.**

BLB-Strategieworkshop, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, L. Hoffmann, U. Westerhoff*

**27.11.**

Projekttreffen U-Control, Stuttgart

*Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf*

**28.-29.11.**

ETG Kongress, Bonn

*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat,  
div. Mitarbeiter*

**30.11.**

ETG-Vorstandsitzung, Bonn

*Teilnehmer: B. Engel*

**01.12.**

Beiratssitzung PV-Symposium,

Frankfurt am Main

*Teilnehmer: B. Engel*

**04.12.**

Netzwerktreffen "IKT & Mobilität",

Hannover

*Teilnehmerin: O. Pronobis*

**05.12.**

Sitzung FNN Lenkungskreis NS/MS,

Nürnberg

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**05.-07.12.**

FNN Fachkongress Netztechnik, Nürnberg

*Teilnehmer: B. Engel, S. Diekmann, F.*

*Lobas-Funck, O. Marggraf, B. Osterkamp*

**08.12.**

Jahressitzung Braunschweigische Wissen-  
schaftliche Gesellschaft (BWG),

Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**11.12.**

Fakultätsratssitzung, TU Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat*

**14.12.**

Betriebsversammlung mit anschließender  
Weihnachtsfeier, elenia

*Teilnehmer: alle*

**19.12.**

Promotionsprüfung von Herrn Raimund  
Schnieder, TU Clausthal

*Zweitreferent: B. Engel*

## 4.2 Berichte von besonderen Ereignissen – Reports on Special Events

### Pfingstexkursion des elenia und des Instituts für EMV nach München

*Dr.-Ing. Robert Geise; Hartmudt Köppe, M.Sc.; Florian Rauscher, M.Sc.;*  
*Dipl.-Ing. Georg Zimmer*

Die Woche nach Pfingsten wird von der TU Braunschweig traditionell als Exkursionswoche genutzt. Auch in diesem Jahr hat das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen – elenia eine dreitägige Exkursion gemeinsam mit dem Institut für Elektromagnetische Verträglichkeit organisiert. Die Studierenden hatten die Gelegenheit vom 06. bis zum 08. Juni einen Einblick in die Welt der Satelliten- und Raketentechnik zu werfen und sich über die neusten Fortschritte auf dem Gebiet der Lokomotiven zu informieren und deren Fertigung zu sehen.



Abbildung 24: Gruppenfoto vor einem Vectron, Siemens Lokomotivenwerk in München  
Figure 24: Group picture in front of a Vectron, Siemens Locomotive Factory in Munich

Die Reisegruppe mit insgesamt 46 Teilnehmenden startete dienstagsfrüh vom Haus der Wissenschaft in Braunschweig. Als Ausgleich für die lange Fahrt konnte direkt nach der Ankunft die traditionsreiche Brauerei Ayingen mit einer großen Vielfalt an Produkten besichtigt werden.

Derart gestärkt wurde am Mittwoch der Standort von AIRBUS DEFENCE AND SPACE in Taufkirchen besichtigt. Die Studierenden hatten zunächst die Gelegenheit, zwei Vorträge über die Antennenmesstechnik der Satelliten und über Ariane-Antriebe zu hören. Das theoretische

Wissen konnte danach bei der Besichtigung des Ariane-Center vertieft werden, in dem Einzelkomponenten der Raketen wie Brennelemente und Antriebe ausgestellt sind. Nach dem gemeinsamen Mittag wurde eine Fern- und Nahfeldvermessungsanlage für Satellitenantennen besichtigt.

Am letzten Tag der Exkursion wurde das SIEMENS Lokomotivenwerk besucht. Nach einem einführenden Vortrag über den Standort und den neusten Entwicklungen im Bereich der Lokomotiven fand ein Werksrundgang statt. Hier konnte die Fertigung von den Kabelkanälen, über Antrieben und Drehgestelle, den Transformatoren bis zur Außenhaut der Lokomotiven eingehender inspiziert werden.

Wir bedanken uns bei AIRBUS und SIEMENS für die interessanten Vorträge und Führungen.

### **Field trip of the elenia and the institute for EMC to Munich**

*Dr.-Ing. Robert Geise; Hartmudt Köppe, M.Sc.; Florian Rauscher, M.Sc.;*

*Dipl.-Ing. Georg Zimmer*

At the Technische Universität Braunschweig the week after Whitsun is used for study trips. The trips are open for participation to every student. As it has been done in the last years, the Institute for High Voltage Technology and Electrical Power Systems and the Institute of Electromagnetic Compatibility organized a three-day trip. 46 participants got to know the world of satellite measurement and rocket technology and the newest inventions in locomotives in Munich from the 6th to the 8th of June.

After arriving in Munich, the first order of the day was to visit a traditional brewery called Ayingen. There were plenty opportunities to enjoy the stay. After that, dinner was served at a restaurant nearby.

On Wednesday, the group visited AIRBUS DEFENCE AND SPACE and initially listened to lectures about satellite measurement technology and rocket propulsion. After that, the students had the opportunity to consolidate the newly acquired knowledge with a guided tour. The participants visited the Ariane-Center and a far- and near-field measuring plant.

On the last day, a visit to the SIEMENS locomotive factory was scheduled. After an introduction with information about the location in Munich and the newest inventions in locomotive technology, the factory was inspected during a tour.

We would like to thank all the participants and especially AIRBUS and SIEMENS for the interesting lectures and guided tours.

## TU-Night 2017 – Wissenschaft weltoffen

*Jonathan Ries, M.Sc.*

Unter dem Motto "Wissenschaft weltoffen" hat am 17. Juni von 18 bis 1 Uhr die diesjährige TU-Night stattgefunden. Als weltoffene Universität präsentierte die TU Braunschweig ein vielfältiges Programm mit sechs Themenorten. Unter dem Themenort „Grenzen(los) – Welche Grenzen können Sie überschreiten?“ war das elenia auch dieses Jahr wieder mit einem Stand vertreten.

Hier wurde den Besuchern durch das Angebot zweier Laborführungen die Möglichkeit geboten, sich auf dem Gebiet des Energiemanagements oder der Hochspannungstechnik über aktuelle Forschungsfragen im Bereich der Energietechnik zu informieren und diese anschaulich mitzerleben. Im elenia-energy-labs wurde den Besuchern eindrucksvoll demonstriert, wie ein intelligentes Energiemanagementsystem dazu beitragen kann, den durch Photovoltaik-Anlagen gewonnenen sowie in Batteriespeichern zwischengespeicherten Strom im Haushalt effektiver zu nutzen (siehe Abbildung 25).



Abbildung 25: Erläuterung der Funktionsweise eines Energiemanagementsystems auf der TU Night 2017

Figure 25: Explanation of an energy management system at TU-Night 2017



Abbildung 26: Experiment Supraleiterbahn auf der TU-Night 2017

Figure 26: Experiment superconductor track at TU-Night 2017

Im Rahmen der Führung durch die Hochspannungshalle wurden auch in diesem Jahr wieder Versuche mit flüssigem Stickstoff präsentiert, wozu die auf Abbildung 26 dargestellte Supraleiterbahn zählt. Darüber hinaus haben beeindruckende Blitzentladungen bei bis zu 750.000 V den Besuchern der diesjährigen TU-Night einen spannenden Einblick in die Hochspannungsthematik ermöglicht.

## **TU Night 2017 – Science open-minded**

*Jonathan Ries, M.Sc.*

According to the motto “Science open-minded” the TU-Night 2017 took place on 17th June from 18 to 1 o'clock. As a cosmopolitan university, the TU presented a diverse program with overall six subthemes. Under the subtheme “Limit(less) – Which limits can you exceed?” the elenia presented itself with its stand.

The visitors had the opportunity to take part in two different tours through two laboratories in order to explore actual research questions either about energy management systems or high-voltage technology. Inside the elenia-energy-labs a stunning practical presentation were held about how intelligent energy management systems can help in order to use the energy generated by PV (storage) systems within households more effectively (see Figure 25).

Another highlight of TU-Night 2017 were the fascinating tours through the elenia high-voltage hall. In addition to the exciting experiments with high-voltage, experiments with liquid nitrogen and the superconductor track (see Figure 26) were shown. Furthermore, the impressive lightning discharges at up to 750,000 V offered the visitors of the TU-Night an exciting insight into high-voltage topics.

## **9. Braunschweiger Supraleiterseminar**

*Dipl.-Ing. Nicholas Hill*

In diesem Jahr fand das Braunschweiger Supraleiterseminar vom 20.-21. Juni statt. Viele Gäste aus Wirtschaft und Forschung kamen dazu nach Braunschweig in das Haus der Kulturen. Es wurden im Verlauf des zweitägigen Treffens 10 Vorträge aus dem Bereich der Supraleitung präsentiert. Themen waren hier Betriebserfahrungen des AmpaCity-Projekts, die supraleitenden Strombegrenzer, die kommerziell erhältliche Kühltechnik, die elektrische Festigkeit von Materialien unter kryogenen Temperaturen, sowie Simulationen rund um das Verhalten des Supraleiters.

Als Neuerung gab es zwei Vorträge zu aktuellen Forschungsvorhaben in der Gleichstromtechnologie, um Synergien zwischen diesen beiden Zukunftstechnologien aufzuzeigen. Themen waren dabei Schutz- und Schaltkonzepte eines Gleichstromnetzes sowie die Vorstellung eines Hybridschalters für Gleich- und Wechselströme.

Im Anschluss an das Seminar wurde eine Diskussion zum Forschungsfeld „Energie in Industrie und Gewerbe“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zwischen einem Vertreter des BMWi und den Teilnehmern des Seminars geführt.



Abbildung 27: Teilnehmer des Supraleiterseminars  
Figure 27: Participants of the Supraconductor seminar

## 9<sup>th</sup> Braunschweiger Supraleiterseminar

*Dipl.-Ing. Nicholas Hill*

This year, the Braunschweig superconductor seminar took place from June 20-21<sup>st</sup>. Many guests from industry and research came to the House of Cultures in Braunschweig. In the course of the two-day meeting, 10 lectures from the field of superconductivity were presented. Topics were operational experiences of the AmpaCity project, superconducting current limiters, commercially available cooling technology, electrical strength of materials under cryogenic temperatures, as well as simulations around the behaviour of superconductors.

As an innovation, there were two lectures on current research projects in DC technology to demonstrate synergies between these two future technologies. Topics included protection and switching concepts for a DC grid as well as the presentation of a hybrid switch for DC and AC currents.

Following the seminar, a discussion was held between a representative of the BMWi and the participants of the seminar on the research field "Energie in Industrie und Gewerbe" of the Federal Ministry of Economics and Energy.

## Workshop der YoungDocs und YoungProfessionals

*Muhamet Alija, M.Sc.; Christoph Klosinski, M.Sc.*

Vom 17. bis 19. Juli hat der Workshop der wissenschaftlichen Mitarbeiter unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat in Hamburg stattgefunden. Am ersten Tag sind zuerst die jungen wissenschaftlichen Mitarbeiter (YoungDocs) in Hamburg angereist. Zu Beginn fand eine lockere Vorstellungsrunde statt. Anschließend wurden die Forschungsthemen der jeweiligen Mitarbeiter vorgestellt und diskutiert. Hierbei konnten gemeinschaftlich zukünftige Forschungsfragestellungen auf Grundlage eines Forschungsposters erarbeitet werden. Nach einem erfolgreichen Arbeitstag ging es zum gemeinschaftlichen Abendessen mit anschließendem Spaziergang. Am Folgetag sind die „weiter fortgeschrittenen“ Mitarbeiter (YoungProfessionals) eingetroffen. Es folgte ein gemeinsames Mittagsessen sowie eine beeindruckende Hafentrundfahrt (s. Abbildung 28). Nach der kooperativen Aktivität sind die YoungDocs abgereist. Zurück im Konferenzraum ging es um das Thema „Weg zur Dissertation“. Hierbei ist das Konzept anhand eines Leitfadens von den YoungProfessionals vorgestellt worden. Bis in die Abendstunden wurde ausgiebig diskutiert, gefolgt von einem gemeinsamen Abendessen. Am letzten Tag des Workshops fand am Vormittag eine Ergebnispräsentation sowie Dokumentation des Leitfadens statt. Es folgte eine kurze Abschlussdiskussion und schließlich die Rückreise nach Braunschweig.

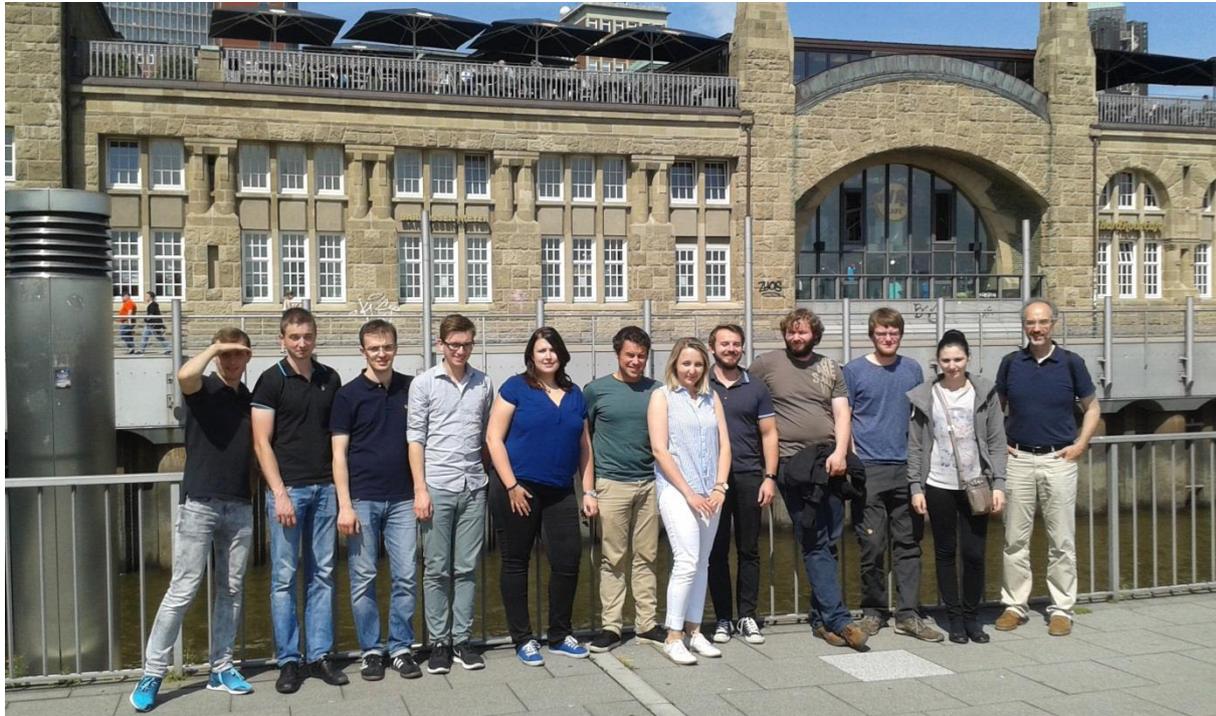


Abbildung 28: Gruppenfoto der Hafentrundfahrt

Figure 28: Group photo of the harbour tour

## **YoungDocs and YoungProfessionals Workshop**

*Muhamet Alija, M.Sc.; Christoph Klosinski, M.Sc.*

This year's workshop of the scientific staff under the leadership of Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat took place in Hamburg on 17-19 July. On the first day, the young scientific staff (YoungDocs) arrived in Hamburg. Initially, there was a relaxed introduction round. Afterwards, the research topics of the respective employees were presented and discussed. Future research questions were developed jointly on the basis of a research poster. This successful long work day was followed by a pleasant dinner and a short city tour. On the next day, the "more mature" employees (YoungProfessionals) arrived. In order to strengthen the team spirit, the first activity was a joint lunch followed by a long enjoyable harbor cruise (Figure 28). Subsequently, the YoungDocs returned home. Back in the conference room, the topic was "Path to a dissertation". The concept was presented by the YoungProfessionals on the basis of a guideline. Until the evening hours there were a lot of interesting discussions, followed by a joint dinner. On the last day, the participants presented their results and the documentation of the guideline they worked on. To conclude the workshop, there was short final discussion followed, accompanied by the return trip to Brunswick.

## **Forschungsprojekt *lautlos&einsatzbereit***

*Jan Mummel, M.Sc.*

Im Rahmen des Forschungsprojektes *lautlos&einsatzbereit* entwickelt die Niedersächsische Polizei gemeinsam mit dem Niedersächsischen Forschungszentrum für Fahrzeugtechnik (NFF) einen Leitfaden zur integrierten Planung und Steuerung von Flotten-, Lade- und Energieinfrastruktur.

Im Projekt werden 50 batterieelektrische (BEV) und Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV) im Polizeidienst Niedersachsen für die Einsatzbereiche des Streifendienstes, des Kriminalermittlungsdienstes und für Verwaltungsfahrten in Betrieb genommen und erprobt. Hierbei werden in der wissenschaftlichen Begleitforschung die Mobilitäts- und Ladebedarfe der verschiedenen Anwendungsbereiche erhoben. Darauf aufbauend wird ein integriertes System für die Flottenplanung und -steuerung sowie das Lademanagement entwickelt, das den besonderen Anforderungen des Polizeieinsatzes gerecht wird. Die Herausforderung des neuen Planungs- und Managementsystems besteht darin, die vor allem im Einsatz- und Streifendienst auftretenden extremen Anforderungen, wie nicht planbare Einsatzzeiten und -umfänge sowie die Notwendigkeit einer nahezu 24/7-Verfügbarkeit, zu erfüllen.

Neben dem elenia sind mit dem Institut für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion (AIP), dem Institut für Fahrzeugtechnik (IfF) sowie dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) drei weitere NFF Institute in das Projekt eingebunden.

Die wissenschaftliche Analyse der Nutzungsdaten soll neben der Polizei Niedersachsen Entscheidungsträgern für ähnlich komplexe Flottenanforderungen als Leitfaden für Beschaffungsvorhaben dienen.

Am 10. August fand auf dem Braunschweiger Schlossplatz die feierliche Übergabe der ersten 15 Funkstreifenwagen (PHEV) statt. Die Abbildung 29 zeigt die symbolische Schlüsselübergabe.



Abbildung 29: Teilnehmer der Schlüsselübergabe (von links):

Projektleitung Polizei Niedersachsen Oliver Suckow, Bürgermeisterin Braunschweig Annegret Ihbe, Präsidentin TU Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla, Polizeipräsident PD Braunschweig Michael Pientka, Projektleitung TU Braunschweig/NFF Jan Mummel

Figure 29: Participants of the hand-over of the keys (from the left): Project leader Police Lower Saxony Oliver Suckow, Mayor of Brunswick Annegret Ihbe, University President Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla, Police Commissioner Brunswick Michael Pientka, Project leader TU Braunschweig/NFF Jan Mummel

### **Research project *lautlos&einsatzbereit***

*Jan Mummel, M.Sc.*

In the project *lautlos&einsatzbereit*, 50 battery (BEV) and plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) will be integrated into the fleet of the police of Lower Saxony. The vehicles will be tested and evaluated in areas of application of services and patrol duty, criminal investigation services as well as fiscal runs. The operation of the vehicles is accompanied by scientific re-

search that focuses on the collection of the mobility requirements and charging demands in all fields of operation. Based on this, an integrated system for fleet planning and control as well as charging management will be developed, which fulfils the special requirements of police fleets. The challenge of the new planning and management system is to meet the extreme requirements of the police, such as unpredictable time and range of deployment, as well as the need for nearly 24/7 availability, especially in the field of everyday patrol service.

The results of the project will be summarized in a guideline that serves the integrated planning as well as the ecological and economical operation of vehicle fleets under extreme conditions. The guideline can assist decision-makers concerning planning, procurement and operation of electric vehicle fleets, especially under extreme conditions (e.g. additional police fleets, but also fire fighters or rescue services). The symbolic hand-over of keys of the first 15 radio patrol cars (PHEV) took place on the 10<sup>th</sup> of August (Figure 29).

### **Doktorandentage und Klausurtagung in Hamburg**

*Björn Osterkamp, M.Sc.*

Die diesjährige Klausurtagung (10.-11.08.) der Arbeitsgruppe Energiesysteme führte die 18 Teilnehmer nach Hamburg. Schwerpunkt war die fachliche Diskussion ausgewählter Themen der einzelnen wissenschaftlichen Mitarbeiter. Die Doktorandentage starteten mit einer geführten Postersession. Anschließend wurde jeder Kurzvortrag in Groß- oder Kleingruppen diskutiert und besprochen. So verschafften sich alle einen umfassenden Überblick über die Forschungsvorhaben jedes Einzelnen und konnten wertvollen Input für die eigene Thematik einholen. Am Nachmittag stand das Team-Event an: eine Segelregatta auf der Außenalster. Trotz des geringen Windes hatten alle Teilnehmer Spaß und konnten Nützliches, wie das seemännische Knoten, aus den Stunden auf dem Wasser mitnehmen. Der Abend wurde mit einem gemeinsamen Essen im Portugiesenviertel und einem Getränk auf der Elbphilharmonie über den Dächern von Hamburg abgeschlossen.

Der zweite Klausurtag begann mit der Fortsetzung der geführten Postersession und der anschließenden Diskussion. Der Fokus des zweiten fachlichen Teils der diesjährigen Doktorandentage lag auf einem ausgedehnten World-Café. Hier hatten alle Teilnehmer die Möglichkeit eine selbst gewählte, spezifische Fragestellung in Gruppen zu diskutieren und Lösungsvorschläge oder Herangehensweisen zu erarbeiten. Abschließend wurde resümiert und die Ergebnisse vorgestellt.

## Closed Meeting and Integrated Doctoral Days in Hamburg

*Björn Osterkamp, M.Sc.*

18 participants went to Hamburg for this year's (10.-11.08.) meeting by the working group Energy Systems. The emphasis was on the professional examination of selected topics by the young researchers. The two days were spent by presenting posters and elaborate debates in a world café. This gave the participants the opportunity for in-depth conversation and they gained important input on their research topics. In order to keep balance, the first afternoon was used to carry out a sailing regatta on the Außenalster.



Abbildung 30: Teilnehmer der diesjährigen AG-Klausur der AG Energiesysteme  
 Figure 30: Participants of this year's closed meeting of WG Energy Systems

## Schwerpunkttag – Komponenten der Energieversorgung

*Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp; Tobias Runge, M. Sc.*

Im Rahmen des Forschungsaustausches in den Schwerpunkten ist auch dieses Jahr ein gemeinsamer Workshop durchgeführt worden. Am 26. September fand der „Schwerpunkttag der Komponenten der Energieversorgung“ im Seminarraum des Instituts statt.

Nach einer Begrüßung durch die Schwerpunktleiter gab es eine geführte Postersession mit den Mitgliedern des Schwerpunktes. In dieser stellten die wissenschaftlichen Mitarbeiter innerhalb von drei Minuten ihre Poster und damit ihre aktuellen Forschungsthemen gegenseitig vor. Im Anschluss konn-



Abbildung 31: Geführte Postersession (1)  
 Figure 31: Guided Poster Session (1)

ten sich die Mitglieder tiefergehend innerhalb von zwei offenen Postersessions austauschen. Hier waren auch interessierte Mitarbeiter des Institutes sowie Studenten eingeladen, um eine fruchtbare Diskussion über die Forschungsthemen des Schwerpunktes zu führen. An dieser Stelle sei allen Diskussionsbeiträgen gedankt, diese Beiträge bereicherte die Forschung innerhalb des Schwerpunktes mit neuen und interessanten Ideen.



Abbildung 32: Geführte Postersession (2)

Figure 32: Guided Poster Session (2)

Zum Abschluss des Tages stand ein Social-Event auf dem Programm. Nachdem über den Tag die Zusammenarbeit im Vordergrund stand, wurde ein kleiner Konkurrenzkampf im Kart-Fahren abgehalten. Nach unfallfreiem Abschluss kamen alle beim gemeinsamen Getränk wieder zusammen und der Schwerpunkttag klang gemütlich aus.

### **Day of the Research Focus Group – Components for Power Supply**

*Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp; Tobias Runge, M. Sc.*

In order to strengthen the scholarly exchange a workshop was hold on September 26. After a short welcome reception the members of the research focus group introduced and discussed their researches among themselves during a closed poster session. Afterwards, interested parties like students and colleagues were able to discuss the research thesis during two open poster sessions. The members of the research focus group would like to thank the visitors for the informative discussions.

## 5 Veröffentlichungen und Medienberichte – Publications and News

### 5.1 Veröffentlichungen und Vorträge – Publications

- 1) Marggraf, O. – Berber, I. – Engel, B.: Kombinierte Spannungshaltung mittels regelbarem Ortsnetztransformator und Blindleistungsregelung im Feldversuch, 31.01– 01.02.2017, Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien, Berlin
- 2) Hauck, D.: Calendrical Aging of Lithium-Ion Battery Cells under Different Conditions for the After-sales Market, 01.-02.02.2017, AABC Europe, Mainz
- 3) Engel, B.: Photovoltaik für die Wohnungswirtschaft - technische Möglichkeiten zur Beteiligung der Mieter an der Energiewende, 08.02.2017, Fachtagung Bau, Braunschweig
- 4) Bösche, D. – Wilkening, E. – Köpf, H. – Kurrat, M.: Hybrid DC Circuit Breaker Feasibility Study, IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology (Volume: 7, Issue: 3, March 2017)
- 5) Marggraf, O. – Berber, I. – Engel, B.: Sichere Netzintegration mittels Q(U)-Regelung und rONT im Praxistest, 8.-10.03.2017, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein
- 6) Seidel, J. – Osterkamp, B. – Premm, D. – Engel, B.: Regelleistung mit Photovoltaik aus Anbietersicht – Hindernisse überwinden und Chancen ergreifen, 8.-10.03.2017, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein
- 7) Tjaden, T. – Weniger, J. – Messner, C. – Knoop, M. – Littwin, M. – Kairies, K. – Haberschusz, D. – Loges, H. – Quaschnig, V.: Offenes Simulationsmodell für netzgekoppelte PV-Batteriesysteme, 8.-10.03.2017, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein
- 8) Engel, B.: Verteilung elektrischer Energie (und Einsammeln elekt. Energie), 20.04.2017, Symposium Zukunft der elektrischen Energieversorgung in der Energiewende, Mainz
- 9) Engel, B.: Wind und Sonne - Herausforderungen für die Energiewende, 04.05.2017, Tag der Energieforschung, Hannover, Hannover
- 10) Engel, B. – Wussow, J. – Soyck, F. – Mummel, J.: Grid integration of conductive and inductive high-power charging systems, 16.05.2017, 2nd International ATZ Conference „Grid Integration of Electric Mobility“, Berlin
- 11) Klosinski, C.: Schutz- und Schalttechnik in Gleichstromnetzen, 20.-21.06.2017, 9. Braunschweiger Supraleiterseminar, Braunschweig
- 12) Niewind, J. – Hemdan, N. – Klosinski, C. – Bösche, D. – Kurrat, M. – Gerdinand, F. – Meisner, J. – Passon, S.: Operation and Protection of 380V DC Distribution Systems, 18-22.06.2017, 12th IEEE PES PowerTech Conference, Manchester
- 13) Engel, B. – Lobas-Funck, F. – Soyck, F.: Smart Metering of Simultaneous Multiple Use of Photovoltaic Storage Systems, 08.08.2017, International Summer School on Metrology „Frontiers of the Measurable“ 2017, Kloster Drübeck
- 14) Engel, B.: Wie kann sich der Bürger an der Energie- und Mobilitätswende beteiligen, um die Schöpfung zu bewahren, 29.08.2017, Schöpfungstag 2017, Braunschweig
- 15) Kühn, B. – Kurrat, M. – Hilbert, M. – Gentsch, D.: Capacitance Simulation Method for HV-VCB with Floating Potential Shield Design Based on FEM, 27.08.-01.09.2017, The 20th International Symposium on High Voltage Engineering, Buenos Aires, Argentina

- 16) Schrom, H. – Diekmann, S. – Schwarze, J.: *Building Automation by an Intelligent Embedded Infrastructure - Combining Medical, Smart Energy, Smart Environment and Heating*, 14.-17.09.2017, IEEE International Smart Cities Conference (ISC2 2017), Jiangnan University Wuxi, China
- 17) Engel, B. – Laudahn, S. – Rauscher, F.: *Synthetische Schwungmasse*, 26.-27. 09.2017, 12. ETG/GMA-Fachtagung „Netzregelung und Systemführung“, Berlin, VDE Verlag 2017, ISBN 978-3-8007-4481-7
- 18) Klosinski, C. – Hemdan, N. – Kurrat, M.: *Smart Modular Switchgear – Multikriterielle Fehlerdetektion und selektive Fehlerfreischaltung in zweiseitig gespeisten Gleichstrom-Mikronetzen*, 11.-13.10.2017, 24. Albert-Keil-Kontaktseminar „Kontaktverhalten und Schalten“, Karlsruhe
- 19) Wussow, J. – Engel, B.: *Peak shaving by means of buffer storages in charging stations*, 23.10.2017, 1st E-Mobility Power System Integration Symposium, Berlin
- 20) Burges, K. – Lobas-Funck, F. – Reinhold, C.: *Technology trends, regulation and the impact on the market for residential PV systems*, 24.-25.10.2017, Solar Integration Workshop., Berlin, 2017
- 21) Laudahn, S. – Rauscher, F. – Engel, B. – Bülo, T. – Bömer, J.: *Coordinating LVRT, AID and area EPS reclosing mechanisms*, 24.-25. 10.2017, 7th Solar Integration Workshop, Berlin
- 22) Marggraf, O. – Laudahn, S. – Engel, B. – Lindner, M. – Aigner, C. – Witzmann, R. – Schoeneberger, M. – Patzack, S. – Vennegeerts, H. – Cremer, M. – Meyer, M. – Schnettler, A. – Ghourabi, I. – Großhans, A. – Bülo, T. – Brantl, J. – Wirtz, F. – Frings, R. – Pizzutto F.: *U-Control – Recommendations for Distributed and Automated Voltage Control in Current and Future Distribution Grids*, 24.-25. 10.2017, 7th Solar Itegration Workshop, Berlin
- 23) Köppe, H. – Grab, R. – Rogalla, S. – Engel, B.: *Loss-Reduced Reactive Power Control Strategies for Transmission System Support with Renewable Energy Sources*, 25.-27. October 2017, 16th Wind Integration Workshop, Berlin
- 24) Diekmann, S. – Reinhold, C. – Engel, B.: *Centralized Energy Management for the Optimization of Residential Districts*, 28.-29.11.2017, VDE ETG Kongress 2017, Bonn
- 25) Marggraf, O. – Laudahn, S. – Engel, B. – Lindner, M. – Aigner, C. – Witzmann, R. – Schoeneberger, M. – Patzack, S. – Vennegeerts, H. – Cremer, M. – Meyer, M. – Schnettler, A. – Berber, I. – Großhans, A. – Bülo, T. – Brantl, J. – Wirtz, F. – Frings, R. – Pizzutto F.: *U-Control – Analysis of Distributed and Automated Voltage Control in Current and Future Distribution Grids*, 28.-29. 11.2017, VDE ETG Congress, Bonn
- 26) Reinhold, C. – Engel, B.: *Simulation Environment for Investigations of Energy Flows in Residential Des- tricts and Energy Management Systems*, 28.-29.11.2017, VDE ETG Kongress 2017, Bonn
- 27) Soleymani, L. – Kurrat, M.: *Energy Efficiency in the Campus: Case Study of Technische Universität Braunschweig*, 28.-29.11.2017, VDE ETG Kongress 2017, Bonn
- 28) Wussow, J. – Mummel, J. – Engel, B.: *Effect of a high number of charging stations on low-voltage grids in new residential quarters*, 28.-29.11.2017, International ETG-Congress 2017, Bonn
- 29) Bösche, D. – Alija, M. – Hilbert, M. – Kurrat, M.: *Investigation of the Recovery Behaviour of a Small Switching Gap after Current Interruption*, Plasma Physics and Technology, Volume 4, Page 165, 2017, ISSN: 2336-2626
- 30) Engel, B. – Osterkamp, B. – Diekmann, S. – Schnettler, A. – Kurth, M. – Simon, S. – Köhn, P. – Andres, M.: *FNN-Studie: Sicherer Systembetrieb mit IKT im Verteilungsnetz*,
- 31) Hilbert, M. – Kurrat, M.: *Teilentladungen bei Niederspannungs-Schaltgeräten*, VDE-Fachbericht 73 Kon- taktverhalten und Schalten, S.223-230, VDE Verlag 2017 ISBN: 978-3-8007-4449-7
- 32) Horn, M. – Loges, H. – Lühn, T.: *Batteriespeicher in Einfamilienhäusern in Verbindung mit der Stromer- zeugung aus Photovoltaikanlagen*, EFZN Schriftenreihe 2017

- 33) Loges, H. – Rothert, M. – Engel, B.: Effizienzvergleich von PV-Speicher-Systemen, EW Magazin, 10/2017
- 34) Pieniak, T. – Kurrat, M. – Gentsch, D.: Surface Temperature Analysis of Transversal Magnetic Field Contacts Using a Thermography Camera, IEEE Trans. Plasma Sci. 2017 Vol. 45, Pages 2157–2163. (DOI: 10.1109/TPS.2017.2707667)
- 35) Runge, T. – Franke, St. – Gortschakow, S. – Kurrat, M.: Optical Investigations on Plasma Temperature Estimation in a Model Spark Gap for Surge Currents, Plasma Physics and Technology, Volume 4, (2017) 2, Pages 108-111
- 36) Runge, T. – Kopp, T. – Kurrat, M.: Experimental Investigations on Electrical Plasma Conductivity in a Model Spark Gap for Surge Currents, Plasma Physics and Technology, Volume 4, (2017) Pages 1, 24-27

## 5.2 Berichte in den Medien – News

*Studenten testen den Alltag im vernetzten Haus*

18.11.2016, Oldenburgische Volkszeitung

*600 Mini-Rechner für ein Forschungshaus*

08.01.2017, Braunschweiger Zeitung

*Technik-Wettrennen für E-Autos*

22.02.2017, Braunschweiger Zeitung

*Ladehemmung: Praxistest mit dem Elektro-Auto*

13.06.2017, Panorama 3 - NDR

*Solarenergie soll sicherer werden*

25.07.2017, MDR Thüringen Journal

*Forscher unterziehen Nobitzer Solaranlage knallhartem Praxis-Test*

26.07.2017, Osterländer Volkszeitung

*Praxistest für Solaranlage*

01.08.2017, Ostthüringer Zeitung

*lautlos&einsatzbereit: Big Data im Kofferraum. Forschungsprojekt geht mit 15 Streifenwagen auf die Straße*

10.08.2017, Pressemitteilung der TU Braunschweig

*Lautlos durch die City - Polizei testet Hybrid-Streifenwagen*

11.08.2017, Braunschweiger Zeitung

*TU-Technik in Hybrid-Streifenwagen*

12.08.2017, Neue Braunschweiger

*30.000 Euro: Veolia unterstützt die Vernetzung von TU und BS-Energy*

04.11.2017, Wolfsburger Allgemeine



Kontakt:

Technische Universität Braunschweig

Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen - elenia

Schleinitzstr. 23

38106 Braunschweig

Telefon: +49 531 391-7737

Telefax: +49 531 391-8106

[elenia@tu-braunschweig.de](mailto:elenia@tu-braunschweig.de)

[www.tu-braunschweig.de/elenia](http://www.tu-braunschweig.de/elenia)