



Technische
Universität
Braunschweig

elenia
Institut für Hochspannungstechnik
und Elektrische Energieanlagen



Jahresbericht 2014

Institut für Hochspannungstechnik
und Elektrische Energieanlagen
- elenia

Jahresbericht 2014

Inhaltsverzeichnis - Table of contents

Vorwort – Preface.....	5
1 Personelle Besetzung des Instituts - Staff	8
2 Lehre - Lectures	13
2.1 Vorlesungen und Praktika - Lectures and Laboratories.....	13
2.2 Studienarbeiten - Student Research Projects	20
2.3 Diplomarbeiten - Diploma Theses	20
2.4 Bachelorarbeiten - Bachelor Theses	21
2.5 Masterarbeiten - Master Theses	23
3 Berichte aus Forschung und Entwicklung - Abstracts on Research Projects... 26	26
3.1 Forschungsschwerpunkt Aktives Verteilnetz – Research Focus Smart Grids.....	28
3.2 Forschungsschwerpunkt Komponenten der Energieversorgung – Research Focus Advanced Components	59
3.3 Forschungsschwerpunkt Elektromobilität – Research Focus Electro Mobility.....	79
3.4 Dissertationen – Dissertations.....	93
4 Besondere Ereignisse 2014 - Special Events 2014	104
4.1 Kalender der besonderen Ereignisse - Calendar of Special Events	104
4.2 Berichte von besonderen Ereignissen - Reports on Special Events.....	116
5 Veröffentlichungen und Medienberichte – Publications and News	132
5.1 Veröffentlichungen und Vorträge – Publications	132
5.2 Berichte in den Medien - News	135

Liebe Freunde des Instituts,

auch im abgelaufenen Jahr hat sich das elenia bei Forschung und Lehre für die Energie- und Mobilitätswende verstärkt engagiert. Neue Forschungsprojekte konnten eingeworben werden und das Interesse der Studierenden an Lehrveranstaltungen und Tätigkeiten am Institut ist ungebrochen.

Auf regionaler Ebene spielt die Elektromobilität eine herausragende Rolle im Rahmen des niedersächsischen Schaufensters „eMobilität“. Insbesondere das Leuchtturmprojekt „Emil“, bei dem bei der Braunschweiger Verkehrs-GmbH weltweit die ersten Batteriebusse im Fahrplaneinsatz an den Haltestellen induktiv geladen werden, findet bei Bevölkerung und internationalen Experten viel Resonanz. Bei diesem sehr innovativen Projekt, bei dem hochschulin-tern das elenia die Koordinierung übernommen hat, wurden jetzt auch drei e-Golf (genannt „Emilia“) beschafft, die gemeinsam von unseren Partnerinstituten und dem elenia auf induktives Hochleistungsladen umgebaut werden, um ebenfalls die Ladeinfrastruktur an den Haltestellen zu nutzen.

Da ist es konsequent, dass jetzt die Fakultät Elektrotechnik, unterstützt vom Maschinenbau, zum Wintersemester erstmals einen Masterstudiengang „Elektromobilität“ anbietet. Das elenia hat jahrelang für diesen Studiengang gekämpft und bringt sich mit einer Reihe von Vorlesungen ein.

In dem abgelaufenen Jahr konnten – auch das passt zur Elektromobilität – die Neubauten des Niedersächsische Forschungszentrums Fahrzeugtechnik (NFF) und der eingebetteten „Battery LabFactory Braunschweig“ (BLB) bezogen werden. Hier arbeiten auch elenia-Mitarbeiter an ihren interdisziplinären Projekten. Sehr viel bescheidener - aber für das Institutsleben mindestens genauso wichtig - ist der Einzug in die neugeschaffenen Mitarbeiterräume, in die neue „Smart Kitchen“ (Institutsküche mit Schnittstellen zum Energiemanagement) sowie des neuen Raumes für das Project Management Office (PMO) im Rahmen des Umbaus unseres Mühlenpfordthauses.

Die TU Braunschweig hat so viele Studenten wie noch nie in ihrer Geschichte. Zur Begrüßung der Erstsemester musste der Präsident wieder einmal in das Fußballstadion der Eintracht ausweichen. Bemerkenswert ist auch der breit angelegte Strategieprozess der TU Braunschweig, der mit der Fokussierung auf drei Schwerpunkte seinen vorläufigen Abschluss gefunden hat. Das elenia engagiert sich bei den beiden TU-Schwerpunkten „Mobilität“ und „Stadt der Zukunft“.

Im Institut haben wir auch unsere eigene Schwerpunktbildung als Projekt umgesetzt. In den drei Schwerpunkten „Komponenten der Energieversorgung“, „Elektromobilität“ und „Aktives Verteilnetz (smart grid)“ tauschen sich unsere Mitarbeiter aus beiden Arbeitsgruppen inhaltlich aus. Zusätzlich findet eine intensive fachliche Zusammenarbeit in den kleineren Forschergruppen statt.

Aus allen Bereichen können wir mit sieben Promotionen auf ein sehr erfolgreiches Jahr zurückblicken. In der Geschäftsstelle freuen wir uns über Frau Michelle Klages, die uns nun tatkräftig unterstützt. Frau Markaschke ist ausgeschieden und widmet sich nun liebevoll ihrem Sohn Lewin. Einige wissenschaftliche Mitarbeiter aus unserem Institut sind Papa geworden oder haben sich in den „Hafen der Ehe“ begeben. Aber auch in der Werkstatt hat sich „Nachwuchs“ eingestellt. Mit Frau Stefanie Adamski und Herrn Vincent Winkler dürfen wir zwei neue Auszubildende willkommen heißen. Tief bewegt hat uns der Tod von Herrn Dr. Vladimir Ermel. Wir alle werden ihn als hilfsbereiten und liebenswerten Menschen mit seinen vielen guten Ideen in Erinnerung behalten.

In zwei Schwerpunkten konnten wir uns über die Bewilligung von insgesamt vier großen dreijährigen Verbundforschungsprojekten mit vielen Partnern aus Industrie und Forschungsinstituten aus der Ausschreibung „Zukunftsfähige Netze“ des Projektträgers Jülich und dahinter die Bundesministerien für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie Bildung und Forschung (BMBF) freuen. In „Smart Modular Switchgear“ wird das verteilte Schalten in Gleichstromnetzen erforscht, in „U-Control“ die Spannungshaltung im Verteilungsnetz. In „PV-Regel“ untersuchen wir die Regelleistungserbringung durch PV-Anlagen aller Leistungsgrößen und mit „PV-Speicherzähler“ wird die Abrechnung von Systemdienstleistungen ermöglicht. Ebenso sind die vielen Industriepartner ein wichtiger Beitrag zur Forschungsarbeit des elenia. Im vergangenen Jahr blicken wir auf elf Kooperationen zurück. Besonders wertvoll ist auch der intensive Austausch mit der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig.

Das elenia hat im September 2014 zum Thema Energie- und Mobilitätswende sein zweites Energietechnisches Symposium ausgerichtet. Die vier hochrangigen Vorträge und die anschließenden lebhaften Diskussionen haben sehr zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen. Nach dieser Neubegründeten Tradition werden wir das dritte Energietechnische Symposium 2016 veranstalten. Vorher wollen wir in der zweiten Jahreshälfte 2015 ein Festkolloquium veranstalten, denn unser Institut wird nächstes Jahr 90 Jahre alt. Sein Geburtsjahr ist eindeutig mit der Berufung von Herrn Prof. Marx definiert, der den Auftrag erhielt, "das Lehrgebiet nach der Richtung der Hochspannungstechnik zu erweitern". Die Einladung wird im Frühjahr 2015 erfolgen.

Mit dem Wunsch für ein gutes und erfolgreiches Jahr 2015 bedanken wir uns herzlich bei Ihnen, unseren Partnern aus den Unternehmen und Forschungseinrichtungen, den Lehrbeauftragten, der Deutschen Forschungsgesellschaft, den Projektträgern, den Bundesministerien, der Volkswagenstiftung sowie dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur, für die Unterstützung unserer Arbeiten.

Braunschweig, im Dezember 2014



Michael Kurrat



Bernd Engel

1 Personelle Besetzung des Instituts - Staff

Vorstand:	Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat (Geschäftsführender Institutsleiter) Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel
Professoren im Ruhestand:	Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hermann Kärner Tegernsee Prof. a. D. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer Braunschweig Prof. a. D. Dr.-Ing. Jürgen Salge Salzgitter-Osterlinde
Honorarprofessoren:	Prof. Dr.-Ing. Bernhard von Gersdorff, Berlin Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dieter Kind, Braunschweig
Lehrbeauftragte:	Dr.-Ing. Hartmut Knobloch, Berlin Dr.-Ing. Harald Waitschat, Braunschweig Dr.-Ing. Gunnar Bärwald, Braunschweig
Akademischer Oberrat:	Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening
Geschäftsstelle:	Jacqueline Schmidt Petra Thiele Michelle Klages
Schwerpunkte (SP):	<i>Komponenten der Energieversorgung</i> Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat (SP-Mentor) Dipl.-Ing. Ole Binder (SP-Leiter) <i>Aktives Verteilnetz</i> Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel (SP-Mentor) Dipl.-Wirtsch.-Ing. Franziska Funck (SP-Leiterin) <i>Elektromobilität</i> Dr.-Ing. Frank Lienesch (SP-Mentor, PTB) Uwe Westerhoff, M. Sc. (SP-Leiter)

AG Energiesysteme	Prof. Dr.-Ing.	Bernd Engel (wiss. Betreuung)
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Arne Dammasch (AG-Leiter)
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Marcus Bunk
	M.Sc.	Stephan Diekmann
	M.Eng.	Tarek Fawzy (ext. Doktorand, SMA)
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Franziska Funck
	Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)	Raphael Hollinger M.Sc., M.Eng. (ext. Doktorand, Fraunhofer ISE)
	Dipl.-Ing.	Stefanie Koch
	M.Sc.	Stefan Laudahn
	M.Sc.	Hauke Loges
	M.Sc.	Ole Marggraf
	M.Sc.	Maria Nuschke (ext. Doktorandin, SMA)
	M.Sc.	Björn Osterkamp
	M.Sc.	Florian Schilling (ext. Doktorand, PTB)
	M.Sc.	Julia Seidel
	M.Eng.	Frank Soyck
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Daniel Unger
	M.Sc.	Michael Wiest (ext. Doktorand Hochschule Augsburg)
	Dipl.-Ing.	Jonas Wussow

AG Energietechnologien	Prof. Dr.-Ing.	Michael Kurrat (wiss. Betreuung)
	Dr.-Ing.	Bernd Schottel (AG-Leiter)
	Dipl.-Ing.	Jan Bellin (ext. Doktorand, VW)
	Dipl.-Ing.	Ole Binder
	Dipl.-Math.tech.	Frithjof Fehsenfeld (ext. Doktorand, FH Hannover)
	Dipl.-Ing.	Daniel Hauck
	Dr.-Ing.	Nasser Hemdan
	Dr.-Ing.	Michael Hilbert
	Dipl.-Ing.	Nicholas Hill
	Dipl.-Phys.	Mathias Kammerlocher (ext. Doktorand, VW)
	M.Sc.	Christoph Klosinski
	Dipl.-Ing.	Hendrik-Christian Köpf
	Dipl.-Ing.	Tobias Hartmut Kopp
	M.Sc.	Benjamin Kühn
	M.Sc.	Kerstin Kurbach
	M.Sc.	Jan Mummel
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Benjamin Munzel
	M.Sc.	Fridolin Muuß
	M.Sc.	Tobias Pieniak
	M.Sc.	Tobias Runge
	Dr.-Ing.	Julia Rüter
	M.Sc.	Lorenz Soleymani
	M.Sc.	Uwe Westerhoff
	Dr.-Ing.	Ernst-Dieter Wilkening

Mechanische Werkstatt: Kerstin Rach (Werkstattleiterin)
Stefanie Adamski (Auszubildende, Werkstatt)
Frank Haake
Klaus-Dieter Kozowsky
Reinhard Meyer
Vincent Winkler (Auszubildender, Werkstatt)

Elektrische Werkstatt: Christian Ryll
Bernhard Wedler

Folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2014 ausgeschieden:

Am 28.02.2014 Michael Blaz
Am 28.02.2014 Ingo Gramberg
Am 15.10.2014 Anne Markaschke
Am 31.12.2014 Bernd Schottel
Am 31.12.2014 Julia Rüther

Folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2014 neu hinzugekommen:

Am 01.01.2014 Christoph Klosinski
Am 01.04.2014 Tobias Runge
Am 01.04.2014 Julia Seidel
Am 01.06.2014 Lorenz Soleymani
Am 01.07.2014 Benjamin Kühn
Am 01.07.2014 Kerstin Kurbach
Am 03.07.2014 Michelle Klages
Am 01.08.2014 Stefanie Adamski
Am 01.08.2014 Vincent Winkler

Als wissenschaftliche Hilfskräfte waren seit dem 01.01.2014 tätig:

Argirusis, Nikolaos	Hugo, Marvin	Ries, Jonathan
Barkemeyer, Joern	Ismar, Fabian	Roth, Dominic
Birk, Swetlana	Kleemiß, Hendrik	Schilling, Florian
Born, Maria Joanna	Klippert, Mark	Schrader, Robin
Bösche, Dirk	Kurt, Osman Can	Schrödter, Thomas Rafael
Brandes, Sabrina	Kurz, Christopher	Schulte, Thomas
Braun, Gerrit	Larki, Sina	Spoehr, Alexander
Brodale, Ricardo	Lenuweit, Lily Paula	Stocklossa, Timo
Brümmer, Vanessa	Lippold, Florian	Thienemann, Christian
Debbling, Christina	Liu, Niu	Urbanek, Stefan
Djieya Kammeni, Alban	Lubiniecki, Toni	Veit, Timo
Thibaut	Maiberg, Christian	Voß, Stephan
Englich, Christoph	Mank, Carsten	Weber, Benjamin
Ernestus Maximilian	Matern, Marius	Weege, Henning
Frickemeier, Mira	Mayr, Kerstin	Wehmeyer, Hendrik
Fröhner, Maike	Meier, Robin Thorben	Weidemann, Daniel
Gellrich, Sebastian	Menges, Manuel	Werbik, Mark
Göbel, Adrian	Meyer, Sören	Wermuth, Sebastian
Götzinger, Moritz	Mouoffo, Cedrick	Widok, Michael
Guenzel, Vincent	Müller, Ulrich	Wienken, Henrik
Guljakow, Jürgen	Namdar, Hava	Wierzbowski, Adrian
Hanisch, Stefan	Petersdorf, Frank	Wijtenburg, Johannes
Helm, Stefan	Preißler, Anne	Winter, Björn Oliver
Herr, Henrik	Püschel, Fabian	Wünsch, Martin
Hikisch, Timo	Rathing, Matthias	Zuther, Christian
Höhn, Daniel	Reinhold, Christian	
Hoppe, Stefan	Rewald, Florian	

2 Lehre - Lectures

2.1 Vorlesungen und Praktika - Lectures and Laboratories

Vorlesungstitel	Vortragender	Zeitraum
e-Learning Dezentrale Energiesysteme	Prof. Engel	WS 14/15
Elektrotechnik 1 für Maschinenbau	Prof. Engel	WS 14/15
Elektrotechnik 2 für Maschinenbau	Prof. Engel	SS 14
Elektrische Bahnen	Prof. Engel	SS 14
Elektrische Ausrüstung von Schienenfahrzeugen	Prof. Engel	SS 14
Elektrische Energieanlagen I	Dr. Wilkening	WS 14/15
Elektrische Energieanlagen II	Dr. Wilkening	SS 14
Elektrische Energiewirtschaft und Kraftwerke	Dr. Waitschat	WS 14/15
Energiewirtschaft im Wandel	Dr. Bärwald	SS 14
Grundlagen der elektrischen Energietechnik	Prof. Kurrat	SS 14
Grundlagen der Energietechnik für Umweltingenieure	Prof. Kurrat	WS 14/15
Hochspannungstechnik I	Prof. Kurrat	WS 14/15
Hochspannungstechnik II	Prof. Kurrat	SS 14
Innovative Energiesysteme	Prof. Engel	SS 14
Managementmethoden für Ingenieure	Dr. Knobloch	WS 14/15
Numerische Berechnungsverfahren	Prof. Kurrat	WS 14/15
Systemtechnik in der Photovoltaik	Prof. Engel	WS 14/15
Technologien der Verteilungsnetze	Prof. Engel	SS 14
Technologien der Übertragungsnetze	Prof. Kurrat	WS 14/15
Praktika		
Innovative Energiesysteme - Praktikum	Prof. Engel	SS 14
Numerische Berechnungsverfahren - Rechnerpraktikum	Prof. Kurrat	SS 14
Praktikum Netzberechnung	Prof. Engel	SS 14 WS 14/15
Hochspannungstechnik - Praktikum	Prof. Kurrat	WS 14/15
Energietechnisches Kolloquium	Prof. Kurrat, Prof. Engel	SS 14 WS 14/15

e-Learning Dezentrale Energiesysteme

(WS 14/15) 2 V, 2 Ü

(zusammen mit der Uni Oldenburg)

Das Modul Dezentrale Energiesysteme thematisiert die Funktionsweise elektrischer Energiesysteme. Dieses umfasst die Prozesskette von der Umwandlung primärer Energie in den Sekundärenergieträger Strom über den Energietransport und Energiespeicherung bis hin zur effizienten Nutzung der zur Verfügung gestellten Endenergie. Neben der Lehre dieser Systemgrundlagen beschäftigt sich das Modul mit den Rahmenbedingungen heutiger Energiesysteme. Dazu zählen neben der Veränderung der Energieerzeugungsstruktur auch wirtschaftliche wie rechtliche Rahmenbedingungen sowie der verstärkte Einsatz von Informationstechnologien zur Verbesserung der Geschäftsprozesse der Energiewirtschaft und ihres Umfeldes.

Elektrotechnik 1 für Maschinenbau¹ (Bachelor)

(WS 14/15) 2 V, 1 Ü

Grundbegriffe der Elektrotechnik • Elektrisches Feld • Magnetisches Feld • Grundbegriffe der Wechselstromtechnik • Mathematische Hilfsmittel zur Beschreibung elektrischer Vorgänge

Elektrotechnik 2 für Maschinenbau (Bachelor)

(SS 14) 2 V, 1 Ü

Elektrische Strömungsfelder • Zeitlich veränderliche Vorgänge in elektrischen Netzwerken • Drehstromsysteme • Elektrische Maschinen • Halbleiterbauelemente • Personenschutz in Niederspannungsnetzen

Elektrische Bahnen

(SS 14) 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

(SS 14) 1 V

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

Elektrische Energieanlagen I

(WS 14/15) 2 V, 2 Ü

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

¹ Pflichtvorlesung für alle Studierenden des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens Maschinenbau.

Elektrische Energieanlagen II (und Lichtbogenplasmen) (WS 14/15) 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

Elektrische Energiewirtschaft und Kraftwerke (WS 14/15) 2 V, 2 Ü
 Elektrizitätswirtschaft als Teil der Energiewirtschaft • Probleme der Weltenergiewirtschaft • Charakteristiken des Stromverbrauchs • Traditionelle Energieerzeugung • Regenerative Energieerzeugung • Umweltaspekte der Energiegewinnung • Internationale Verbundwirtschaft der Elektrizitätswerke • Kosten der Energiegewinnung und -verteilung • Besonderheiten des liberalisierten Strom-/Energiemarktes in Deutschland

Energiewirtschaft im Wandel - Auswirkungen der Liberalisierung (SS 14) 3 V, 1 Ü
 Energiemarkt • Übertragungsnetz • Netzkennlinien-Regelung • Bereitstellung von Regelenergie • Energiewirtschaft und -politik • Gewinnung und Speicherung von Windenergie • Nachhaltigkeit • Energiehandel

Grundlagen der elektrischen Energietechnik² (Bachelor) (SS 14) 3 V, 1 Ü
 (gemeinsam mit Prof. Henke und Prof. Meins)
 Der von Prof. Kurrat und Prof. Engel vertretene Anteil beinhaltet: Grundzüge der elektrischen Energiewirtschaft • Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung und elektrische Energieerzeugung

Grundlagen der Energietechnik für Umweltingenieure (Bachelor) (WS 14/15) 2 V, 2 Ü
 Grundlagen des elektrischen und magnetischen Feldes • Grundzüge der Gleich- und Wechselstromtechnik • Einführung in die Drehstromnetze und Erneuerbare Energien

Hochspannungstechnik I (u. Gasentladungplasmen) (WS 14/15) 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 Isoliersystemen • Gasförmige, flüssige und feste Isoliersysteme • Elektrische Festigkeit: Gasdurchschlag, Teilentladungen, Durchschlag in flüssigen und festen Isolierstoffen

² Pflichtvorlesung für alle Studierenden der Elektrotechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens Elektrotechnik.

Hochspannungstechnik II

(SS 14) 3V, 1 Ü

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

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 • Einführung in die Teilentladungsmesstechnik •

Darstellung von Prüfungen unter Berücksichtigung erschwerter Umweltbedingungen • Einführung in die Sicherheitsbestimmungen beim Betrieb von Anlagen

Innovative Energiesysteme

(SS 14) 2 V, 2 Ü

Die Vorlesung stellt ein Forum dar, welches der Vertiefung der Kenntnisse über erneuerbare Energien und deren Einbindung in das Energiesystem dient. Gleichzeitig wird die öffentliche Diskussionsfähigkeit der Studenten im gesellschaftspolitischen Bereich gestärkt.

Systemdienstleistungen • Virtuelle Kraftwerke • Demand Side Management • Smart Metering • Elektromobilität

Managementmethoden für Ingenieure

(WS 14/15) 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

(WS 14/15) 2 V, 2 Ü

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

Systemtechnik in der Photovoltaik

(WS 14/15) 2 V, 2 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 (bis zu 30 % an der deutschen Mittagslast). Besonders eingegangen wird auf die Wechselrichtertechnik und PV-Speichersysteme.

Technologien der Verteilungsnetze (Bachelor)

(SS 14) 2 V, 2 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)

(WS 14/15) 3 V, 1 Ü

Übersichtsvorlesung zu den Themen:

- Hochspannungstechnik • Smart Grid • Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung • Hochtemperatur-Supraleiter

Studienseminare - Student Lectures

Hauke Loges, M.Sc.

WS 2013/2014 „Neues von der Elektromobilität und zukünftige Herausforderungen für das Stromnetz.“

Im Wintersemester 2013/2014 fanden insgesamt 13 Vorträge zum Thema „Neues von der Elektromobilität und zukünftige Herausforderungen für das Stromnetz“ im Haus der Wissenschaft, Raum Veolia statt. Die Veranstaltung fand am 28. Januar 2014 statt.

Holger Assmann	Wirtschaftlichkeitsanalyse von Weiterentwicklungspotentialen rückläufigen Batteriesystemen aus E-Fahrzeugen
Steffen Aust	Die Grenzen des Wachstums
Walter Böttger	Kurzfristige Portfoliooptimierung in der elektrischen Energiewirtschaft
Jörn Busch	HGÜ in Europa
Stefan Hanisch	Entwicklung des Haushaltsenergiebedarfs von 1900 bis heute
Yuanming Liu	Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch magnetische Felder beim induktiven Laden von PKW mit großer Leistung
Roman Maul	Analyse der Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität im internationalen Vergleich
Robin Meier	Pilotprojekte in der Supraleitung
Alexander Saul	Herausforderungen beim Anschluss von induktiven Ladestationen mit großer Leistung am Niederspannungsnetz
Malte Stock	rONT – Welche Lösungen bietet der Markt
Daniel Weidemann	Elektromobilität weltweit. Welche Anreizmechanismen werden gesetzt
Björn Oliver Winter	Vom Bilanzkreis über die Regelenergie zum Ausgleichsenergiepreis
Uli Wobeto Reinheimer	Itaipu

Ole Marggraf, M.Sc.

SS 2014 „Die Energieversorgung von morgen“ und „Energiespeicher und E-Mobilität“

Im Sommersemester 2014 wurde mit insgesamt 25 Vorträgen von den Studierenden zu den Themenbereichen „Die Energieversorgung von morgen“ und „Energiespeicher und E-Mobilität“ ein Höchststand bei der Teilnehmerzahl erreicht. Auf Grund der großen Nachfrage durch die Studenten wurden die Seminarvorträge wieder parallel in zwei Räumen im Haus der Wissenschaft ausgerichtet. Die Veranstaltung fand am Dienstag den 15.07.2014 statt.

„Die Energieversorgung von morgen“

Zhe Chen	Regelleistung mit PV-Anlagen – Möglichkeiten zur Teilnahme am Reservemarkt
Ruochen Dang	Messprinzipien zur berührungslosen Temperaturmessung
Timo Hickisch	Nutzen und Herausforderungen eines Energiebuchungssystems für Privat- und gewerbetreibende Leute
Hendrik Kleemiß	Der Stromkrieg und seine Aktualität
Zheng Li	Die Zeit nach dem EEG
Niu Liu	Supraleitende Windgeneratoren
Florian Mittelstädt	Entwicklung der Vakuumschalter in der Energieversorgung
Florian Rewald	Messung von atmosphärischen Entladungen
Viktor Saitow	Netzwiederaufbau – Was passiert nach einem Blackout?
Henning Schillingmann	Ist eine Energieversorgung ohne rotierende Massen möglich?
Yannick Schubert	Potentiale und Herausforderung eines regionalen Marktes für elektrische Energie
Christian Tacke	Supergrid Technologien
Yifan Zhang	Komfortverluste beim Demand Side Management

„Energiespeicher und E-Mobilität“

Nikolaos Argiris	Aufbau von Ladesäulen für Elektrofahrzeuge und dessen Schutz vor Überspannungen
Alban Thibaut Djieya	Anwendungsfelder und Betriebsstrategien verschiedener Batterietechnologien
Nils Gräfer	Netzdienlicher Speicherbetrieb: Vor- und Nachteile
Beiwen Liu	Gefahrenquellen beim Testen von Lithium-Ionen-Batterien
Sebastian Loof	Speicherstudie 2013
Annika Mieke	Aufbau eines Batteriesystems zum Einsatz in der Elektromobilität
Birthe Remmers	Elektromobilität im Rennsport
Robin Schrader	Technologie der DC-Schalter
Alexander Spohr	Überblick von Ladungsausgleichskonzepten für Batteriesysteme
Benjamin Weiß	Anbindung der E-Mobilität an das Energiemanagement eines Haushaltes
Di Yang	Optimale Lade- und Betriebsstrategien von Lithium-Ionen-Batterien
Shuo Zhang	Die historische Entwicklung der Elektrofahrzeuge



Abbildung 1: Teilnehmer des Studienseminars im Sommersemester 2014

Figure 1: Participants of the Student Lectures in summer of 2014

2.2 Studienarbeiten - Student Research Projects

(Bearbeitungszeit 10 Wochen, sortiert entsprechend der zeitlichen Abfolge)

Andreas Kammerlocher	Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Grenzkosten von dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (<i>Dammasch</i>)
David Treumann	Reactive Power Aspects in primary and secondary Distribution Networks (<i>Hemdan/ Unger</i>)
Simon Wagner	Durchführung und Auswertung von Abbranduntersuchungen an Isolierstoffen für den Einsatz in Schaltkammeranordnungen (<i>Köpf</i>)
Elisabeth Schneider	Vergleich von Photovoltaik betriebenen Wärmepumpe mit Solarthermie zur Warmwasserversorgung und Gebäudeheizung (<i>Gronstedt</i>)
André Masannek	Analyse des Marktes für Herkunftsnachweise aus Anlagen mit Erneuerbaren Energien (<i>Munzel</i>)

2.3 Diplomarbeiten - Diploma Theses

(Bearbeitungszeit 6 Monate, sortiert entsprechend der zeitlichen Abfolge)

Christian Wurm	Wirtschaftlichkeitsanalyse eines Batteriespeichers in Kombination mit einer PV-Anlage auf Haushaltsebene (<i>Loges</i>)
Christian Langer	Anforderungen eines Batteriespeichersystems zur Substituierung von konventionellen Erzeugungsanlagen (<i>Laudahn</i>)

Christoph Weule	Plug-In-Hybrid-Strategie im Rahmen des „Baukastenprinzips“ (<i>Westerhoff</i>)
Carola Schierding	Aufbau eines Messplatzes zur Untersuchung der Übertragbarkeit von Hochspannungsprüftechnik auf Niederspannungsgeräte (<i>Hilbert</i>)
Anton Krämer	Entwicklung von Gleichzeitigkeitsfaktoren für konventionelle Haushalte und für Photovoltaikanlagen (<i>Loges</i>)
Andre Thomas	Optimierung einer dezentralen Wasserstoffproduktion für den Automobilsektor (<i>Muuß</i>)
Natalia Goldmann	Theoretische Überarbeitung eines Stoßstromkreises zur technolo- gischen Weiterentwicklung von Funkenstreckenableitern (<i>Kopp</i>)

2.4 Bachelorarbeiten - Bachelor Theses

(Bearbeitungszeit 4 Monate, sortiert entsprechend der zeitlichen Abfolge)

Martin Boas	Dimensionierung eines Photovoltaik-Speichers in der Nieder- spannung (<i>Loges</i>)
Martin Wernicke	Messungen mit dem dynamischen Tropfentest bei Gleichspan- nungsbelastung mit einer DC-Quelle (<i>Hilbert</i>)
Pascal Hennekes	Entwicklung von Markt- und Anreizmechanismen zur Vermei- dung von Abregelungen Erneuerbarer Energien (<i>Loges</i>)
Fabian Schrader	Untersuchung eines Betriebskonzeptes zum kombinierten Einsatz von einer Warmwasser-Wärmepumpe und einem Mini-BHKW in Mehrfamilienhäusern (<i>Koch</i>)
Holger Lödning	Vergleich unterschiedlicher Betriebsstrategien zum kombinierten Einsatz von PV-Anlagen (<i>Koch</i>)
Robin Meier	Kalorimetrie zur Verlustbestimmung an Hochleistungs-IGBT- Modulen (<i>Binder</i>)
Ahmad Suliman	Voruntersuchungen zu Erosion und Teilentladungsverhalten in Mikrokavitäten (<i>Hilbert</i>)
Schaffran	Analyse der Kostenentwicklung für Ladeinfrastruktur bis hin zu einem wirtschaftlichen Betrieb (<i>Mummel</i>)
Stephan Passon	Aufbau und Kalibrierung eines gedämpft-kapazitiven Impuls- spannungsteilers für Messungen bis 1 MV (<i>Hilbert/ Meisner</i>)
Joschka Fürup	Analyse der Bietstrategien konventioneller Kraftwerke auf dem Spotmarkt (<i>Unger</i>)

Elena Rüdener	Systemvergleich und Analyse der Nutzung von Speichern mit anderen Flexibilitätsoptionen (Lastmanagement) (<i>Unger</i>)
Katrin Simon	Vergleich von PV-Speichern im freien und im netzdienlichen Betrieb (<i>Loges</i>)
Julian Hahne	Optimierung eines Kryostaten für Messungen in flüssigem Stickstoff mit dem Hochspannungsbaukasten hinsichtlich der Verringerung von Teilentladungen (<i>Hill</i>)
Hendrik Witte	Steuermöglichkeiten und Optimierungsziele eines Energiemanagements im Smart Home (<i>Diekmann</i>)
Stefanie Schwarz	Die Bedeutung der Schnittstelle zum Smart Grid für ein Energiemanagement im Smart Home (<i>Diekmann</i>)
Sebastian Loof	Auswirkung von Batteriespeichern auf die Netzkapazität in der Niederspannungsebene (<i>Loges</i>)
Ahmed Mejri	Messtechnische Untersuchung von Photovoltaikwechselrichtern (<i>Laudahn</i>)
Christoph Romeis	Entwicklung von Lösungsansätzen zum wirtschaftlichem Einsatz von Gaskraftwerken (<i>Loges</i>)
Jonathan Weisheit	Analyse verschiedener PV-Strom betriebener Wärmepumpenbetriebsweisen vor dem Hintergrund ganzheitlich lastgesteuerter Haushalte (<i>Koch</i>)
Henrik Wienken	Untersuchung und Optimierung des EMV-Verhaltens der Messtechnik eines synthetischen Leistungsprüffelds (<i>Pieniak</i>)
Christian Thienemann	Untersuchung von Isolierstoffen anhand experimenteller Abbrandanalyse in einer Schaltkammeranordnung (<i>Klosinski</i>)
Oleg Schäfer	Entwicklung einer Preisfunktion für Stromtarife (<i>Muuß</i>)
Thomas Schrödter	Simulation einer Wasserstoffmodellregion (<i>Muuß</i>)
Olga Pronobis	Potentiale regionaler Strommärkte (<i>Muuß</i>)
Jörn Busch	Entwicklung einer Ansteuerung für eine rückspeisefähige DC-Last zur Tiefentladung von Lithium-Ionen-Batterien für einen Recyclingprozess (<i>Hauck</i>)
Sascha Wolff	Weiterentwicklung eines Batterieteststandes auf Basis standardisierter Batterieprüfverfahren (<i>Westerhoff</i>)
Firat Kumak	Aufbau und Analyse einer passiven und aktiven Zellsymmetrierung für Li-Ion-Batterien (<i>Westerhoff</i>)
Dirk Johannmeyer	Potentialanalyse der Laststeuerung eines Industriekühlhauses als Vorbereitung einer ISO 50001-Zertifizierung (<i>Westerhoff</i>)
Benjamin Weber	Einflusses von externen Magnetfeldern auf Plasma bei Stoßstrombelastung (<i>Kopp</i>)

Nils Janßen	Modellierung des Haushaltsstromverbrauchs unter Einbeziehung innovativer Komponenten (<i>Loges</i>)
Alina Schuprin	Analyse der Herausforderungen und Potentiale für die Elektromobilität im Jahre 2038 im Rahmen einer MicroCity (<i>Mummel</i>)
Helge Micheel	Entwicklung und Umsetzung eines Konzeptes zum mobilen Datenaustausch zwischen Nutzer und Ladeinfrastruktur (<i>Mummel/Diekmann</i>)
Christian Schaffran	Analyse der Kostenentwicklung für Ladeinfrastruktur bis hin zu einem wirtschaftlichen Betrieb (<i>Mummel</i>)

2.5 Masterarbeiten - Master Theses

(Bearbeitungszeit 6 Monate, sortiert entsprechend der zeitlichen Abfolge)

Henning Kaschel	Vergleich zwischen Current-Interrupt Analyse und Elektrochemischer Impedanzspektroskopie zur Charakterisierung von Lithium-Ionen-Batteriezellen (<i>Binder/ Westerhoff</i>)
Tobias Runge	Physikalische Plasmasimulation basierend auf dem Zwei-Zonen-Modell für Funkenstreckenableiter (<i>Schottel/ Rüther/ Kopp</i>)
Christian Alstadt	Vernetzung von Heim-Energiespeichern zu einer „virtuellen Großbatterie“ (<i>Loges</i>)
Christopher Ziegert	Modellvalidierung und Anpassung eines Wechselrichtermodells in PowerFactory (<i>Laudahn</i>)
Benjamin Kühn	Entwicklung eines Teilentladungs-Prüfkreises für Wechselspannungen im Kilohertzbereich (<i>Hilbert</i>)
Steffen Aust	Verfahren zur Auslegung von PV-Kraftwerken (<i>Laudahn</i>)
Quanxi Wu	Weiterentwicklung eines Greifersystems zur effizienteren Charakterisierung von Batteriezellen und –Modulen (<i>Hauck</i>)
Christoph Alstadt	Analyse der Auswirkungen von Haushaltslasten im Niederspannungsnetz durch Einbindung von AC-Lasten im "Netzintegrationslabor" (<i>Laudahn/ Koch</i>)
Wiebke Herweg	Vergleich von Messverfahren und Methoden für die Charakterisierung und Simulation von Hochleistungs-IGBT-Modulen (<i>Binder</i>)
Kerstin Kurbach	Erstellung eines Modells zur Ermittlung eines Ladefahrplans für Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung verschiedener Prognoseverfahren bei der Erzeugung aus erneuerbaren Energien (<i>Mummel</i>)

Lorenz Soleymani	Entwicklung und Umsetzung eines Konzeptes zur informations- und kommunikationstechnischen (IKT)-Anbindung von Ladeinfrastruktur zum intelligenten Laden von Elektrofahrzeugen (<i>Mummel/ Diekmann</i>)
Timo Kahl	Empfehlungen für den Betrieb von mehrfach genutzten PV-Speichersystemen unter besonderer Berücksichtigung der rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (<i>Soyck</i>)
Lukas Langenhorst	Entwicklung von Betriebsstrategien für elektrische Energiespeicher und deren wirtschaftliche Abschätzung (<i>Unger</i>)
Johannes Leers	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für industrielle Blockheizkraftwerke im virtuellen Kraftwerk zur Teilnahme am Regel- und Kaltreservemarkt (<i>Dammasch</i>)
Florian Schilling	Entwurf und Aufbau eines Batteriemanagementsystems für einen Lithium-Ionen Batteriespeicher für Laborversuche (<i>Marggraf/ Hauck</i>)
Dirk Bösche	Untersuchung und Entwicklung von Hybridschaltgeräten für den Einsatz in Gleichspannungsnetzen der Niederspannungstechnik (<i>Köpf</i>)
Lily Paula Lenuweit	Technisch-wirtschaftliche Analyse zum optimalen Verhältnis von PV-Anlage und PV-Speicher (<i>Loges</i>)
Lennart Schütze	Weiterentwicklung und Prüfung von MMC-Modulen in einem Hochspannungsgleichstromprüfkreis (<i>Binder</i>)
Zhe Chen	Grundlegende Untersuchung der Temperaturabhängigkeit des Teilentladungsverhaltens von Feststoff-Isoliersystemen (<i>Hill</i>)
Sina Larki	Auslegung, Aufbau und Inbetriebnahme eines kompakten Stoßspannungsgenerators mit variablen Anstiegszeiten (<i>Runge</i>)
Ali-Mustafa Soltani	Untersuchung der Übergangswiderstände in Hochstromprüfkreisen (<i>Pieniak</i>)
Ievgenii Panko	Entwicklung einer Blindleistungssteuerung in Powerfactory (<i>Muuß/ Hemdan</i>)
Niels Huntebrinker	Simulation eines regionalen Marktes auf Grenzkostenbasis (<i>Muuß</i>)
Erika Pierri	Herausforderungen beim Aufbau europäischer HGÜ-Netzstrukturen (<i>Binder/ Hemdan</i>)
Elisabeth Schneider	Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Vergleich verschiedener Anwendungsmöglichkeiten von Batteriespeichern (<i>Unger</i>)
Andreas Ulrich	Praktische Untersuchungen eines Funkenstreckenableitermodells (<i>Kopp</i>)

Christian Zuther

Abbrandanalysen durch experimentelle Prüfungen an Isolierstoffen mit Optimierung der Lichtbogenzündung am Prüfaufbau
(*Klosinski*)

3 Berichte aus Forschung und Entwicklung - Abstracts on Research Projects

Die Schwerpunkte bilden die neuen Forschungsplattformen für einen intensiven Austausch und optimale Bündelung der Kompetenzen über die AG-Grenzen hinweg.

Im Schwerpunkt „Komponenten der Energieversorgung“ werden moderne Betriebsmittel und Technologien für eine effiziente Energieversorgung erforscht. Die Komponenten ermöglichen einen sicheren und zuverlässigen Betrieb von innovativen Gleich- und Wechselstromsystemen. Der Schwerpunkt „Elektromobilität“ erforscht Komponenten und Technologien für Elektrofahrzeuge. Dabei liegen die Kompetenzen in den Bereichen des Hochvolt-Bordnetzes, der Batteriesystemtechnik und der Netzintegration über die Ladeinfrastruktur. Als dritter Schwerpunkt werden beim „Aktiven Verteilnetz“ Komponenten, Technologien und Szenarien zur Realisierung eines aktiven Verteilnetzes (Smart Grids) erforscht.

Einführung von Forschungsschwerpunkten im elenia

Daniel Unger, Franziska Funck, Uwe Westerhoff, Ole Binder

Die Forschungslandschaft in Europa unterliegt einer Transformation hin zu mehr Wettbewerb. Die Finanzierung durch Drittmittel steigt, gleichzeitig sinkt dadurch auch der Anteil der Grundfinanzierung stetig ab. Institute wie das elenia bewerben sich erfolgreich um Drittmittel. Sowohl die Beantragungsphase als auch die Projektdurchführung werden verstärkt mit externen Forschungspartnern und Unternehmen durchgeführt, was die Anforderung an das Projektmanagement weiter erhöht.

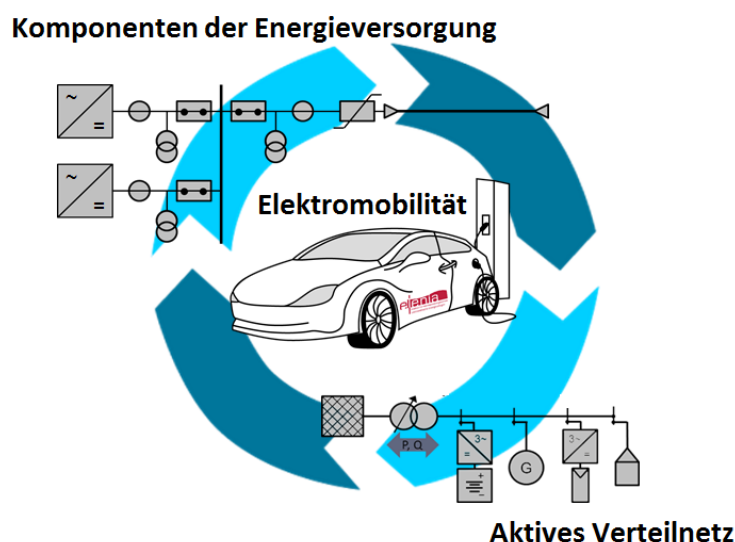


Abbildung 2: Die Struktur der Schwerpunkte im elenia

Figure 2: Structure of the implementation of research focuses

Um diesen Herausforderungen heute und in Zukunft erfolgreich zu begegnen, wurde am elenia ein Projektmanagementoffice (PMO) gegründet (siehe elenia-Jahresbericht 2013, S. 94 f). Neben dieser Institution für Anträge und Projekte wird nun eine Plattform für den fachlichen Austausch und die Schärfung der Kompetenzen geschaffen: die Forschungsschwerpunkte am elenia (siehe Abbildung 2).

Die Einführung und Integration der Schwerpunkte in die Institutsstruktur werden durch ein internes Projekt begleitet. Die strategische Ausrichtung jedes einzelnen Schwerpunkts wird von einem Mentor entscheidend geprägt. Für den Schwerpunkt Elektromobilität wurde dafür Herr Dr. Lienesch von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt gewonnen. Den Schwerpunkt „Komponenten der Energieversorgung“ begleitet Herr Prof. Kurrat und den Schwerpunkt „Aktives Verteilnetz“ Herr Prof. Engel. Jedem Mentor steht ein Schwerpunktleiter aus dem Mitarbeiterkreis zur Seite.

Das Lenkungsgremium aller Schwerpunkte besteht aus den Mentoren der Schwerpunkte und weiteren Vertretern des Institutes. Mit dieser effizienten Organisation können für neue Herausforderungen und Forschungsthemen schnell Lösungen erarbeitet werden. Das elenia ist damit auch weiterhin für erstklassige Forschung gerüstet.

Implementation of research focuses

Daniel Unger, Franziska Funck, Uwe Westerhoff, Ole Binder

The general framework for research in Europe is subject to a significant transition. Universities have to apply for external research projects whereas public funding is decreasing. In order to meet these challenges successfully today and in the future, a Project Management Office (PMO) was established at elenia (see elenia Annual Report 2013, p 94 f). In addition to this institution, for applications and projects a platform for professional knowledge exchange and the focusing of internal competences has been established: three research focuses at elenia (“Advanced Components”, “electro mobility” and “smart Grids” as depicted in Figure 2).

3.1 Forschungsschwerpunkt Aktives Verteilnetz – Research Focus Smart Grids

Effiziente Verbrauchereinbindung

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Franziska Funck

Durch den Einsatz moderner, effizienter Haushaltsgeräte lässt sich der Jahresenergieverbrauch reduzieren. Dabei variieren die Einspareffekte in Abhängigkeit vom Effizienzgrad der alten Haushaltsgeräte, der Anzahl und Größe der Geräte und vom Jahresenergieverbrauch. Sollen Einspareffekte erzielt werden, ist es wichtig, dass Altgeräte auch tatsächlich entsorgt werden und nicht als Zweitgerät weiterverwendet werden. Vergleicht man die Kennzahlen aktuell verfügbarer Haushaltsgeräte, können durch den Austausch der alten Kühl- und Gefriergeräte, des Geschirrspülers und der Waschmaschine durchschnittlich insgesamt ca. 300 kWh/a eingespart werden.

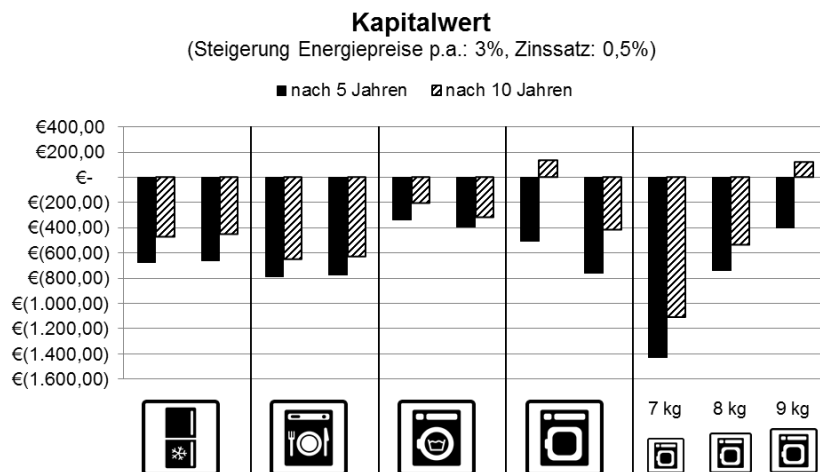


Abbildung 3: Kapitalwerte der Investition verschiedener Haushaltsgeräte

Figure 3: Capital value of the investment of various household appliances

Um die 300 kWh/a zu erreichen müssten durchschnittlich Investitionen von mehr als 2.000 € getätigt werden. Stellt man die zu erwartenden Einnahmen aus den Einsparungen den Investitionen mit der Kapitalwertmethode gegenüber, so ergeben sich nur für zwei Szenarien positive Kapitalwerte, sodass aus wirtschaftlicher Sicht die Investition empfohlen werden kann. Abbildung 3 stellt die Kapitalwerte der untersuchten Geräte nach 5 Jahren und nach 10 Jahren gegenüber und vergleicht gleichzeitig Daten der dena (jeweils linkes Balkenpaar) und Ecotopen (jeweils rechtes Balkenpaar). Der Kapitalwert für die Investition in einen Wäschetrockner unter Berücksichtigung des Einsparpotentials von dena in Höhe von 403,85 kWh/a ist nach 10 Jahren positiv, sodass aus wirtschaftlicher Sicht zu dieser Investition geraten werden kann. Ebenso positiv ist der Kapitalwert für die Investition in einen Wäschetrockner mit 9 kg Fassungsvermögen. In diesem Szenario legen die Quellen einen recht geringen Investitionsbetrag von 849 € und eine hohe Energieeinsparung von 327 kWh/a gegenüber einem am Markt typi-

schen Gerät zu Grunde. Die Kapitalwerte der übrigen Investitionen sind negativ, sodass aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten von diesen Investitionen abzuraten ist.

Die dargelegte Datenlage macht deutlich, dass neben den monetären Gründen auch Aspekte des Umwelt- und Ressourcenschutzes herangezogen werden sollten, um Haushalte zum Kauf von energieeffizienteren Geräten zu motivieren. Für Haushalte, die auf die Verwendung eines Wäschetrockners angewiesen sind, lohnt sich die Investition in ein energieeffizientes Gerät schon allein aus finanzieller Sicht.

Efficient Consumer Involvement

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Franziska Funck

By using more modern, more efficient household appliances the the annual energy consumption can be reduced. The savings vary depending on the degree of efficiency of the old household appliances, the number and size of the equipment and the annual energy consumption. Should savings be achieved, it is important that appliances are actually disposed of and not be used as a secondary device. Comparing the figures of currently available appliances a total of about 300 kWh / a can be saved by replacing old refrigerators and freezers, the dishwasher and the washing machine.

The capital value of the investment of various household appliances as shown in Figure 3 is negative for almost all cases. These data makes clear that in addition to monetary reasons, environmental and resource aspects should be taken into account to motivate households to purchase energy-efficient appliances. For households that rely on the use of a tumble dryer, it is worth investing in an energy-efficient appliance if only from a financial perspective.

Informations- und kommunikationstechnische Lösungen zur Vernetzung von Erzeugung und Verbrauch als wesentlicher Bestandteil des intelligenten Energiesystems der Zukunft

Stephan Diekmann, 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 immer mehr der zunehmend volatilen Erzeugungssituation angepasst werden. Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bilden einen Schlüsselfaktor bei dieser Harmonisierung von Erzeugung und Verbrauch.

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 Haushaltsebene soll zukünftig in sogenannten Smart Homes mittels umfassender datentechnischer Vernetzung Energiemanagement betrieben werden.

In diesen Kontext gliedert sich die Forschungsthematik ein. Unterschiedliche Erzeuger, Speicher und Verbraucher werden im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte hinsichtlich ihrer IKT-Anbindung betrachtet. Der Fokus liegt dabei bisher auf dem Energiemanagement auf Haushaltsebene (Smart Home) unter Berücksichtigung neuer Komponenten wie der Elektromobilität und soll zukünftig auch wohnungsübergreifend auf Mehrfamilienhäuser oder sogar darüber hinaus (Smart Grid) ausgedehnt werden. Der Betrachtungshorizont reicht von Aspekten wie der Eigenverbrauchsmaximierung oder Energiekostenreduktion sowie weiteren Optimierungszielen über Kommunikationskanäle, Protokollvarianten und damit verknüpfte Datenmengen bis hin zu Steuerungs- und Anwendungsszenarien. Es werden einzelne Komponenten sowie deren Verbund betrachtet.

ICT solutions for linking the energy production and consumption as a key component of the intelligent energy system of the future

Stephan Diekmann, 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 view of the Smart Grid it is essential to operate energy management using intelligent interconnection in all network levels. In this way the security of supply is maximized and simultaneously the need for expansion of the power grid is minimized.

Even at the household level energy management is to be operated in so-called Smart Homes using comprehensive data networking.

In this context the research topic is integrated. Different types of generators, storages and loads are considered in the context of several research projects in terms of their ICT connectivity. So far the focus is on energy management at the household level (Smart Home) taking into account new components such as electric mobility. In the future the topic is to be extended across single apartments on apartment buildings or even beyond (Smart Grid). 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 sets up to control and application scenarios. There are individual components and their interconnection considered.

Systemstabilität und Versorgungsqualität mit einer hohen Anzahl von dezentralen Erzeugern und Speichern

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Daniel Unger

Der zunehmende Ausbau der erneuerbaren Energien hat einen großen Einfluss auf die Energiemärkte und die Betriebsführung der Stromnetze. So werden zum Beispiel über den Merit-Order-Effekt die Preise am Spotmarkt zu Zeiten einer hohen EE-Einspeisung gesenkt. Das führt zum Verlust von Deckungsbeiträgen auf Erzeugerseite. Gleichzeitig steigt die Volatilität der Preise, so dass zunehmend negative Preise erwartet werden.

In Zukunft soll die Förderung der erneuerbaren Energien mehr und mehr marktorientiert erfolgen. Damit der Zubau auch in der Zukunft erfolgreich weitergeht, müssen die Ziele Förderung und Marktorientierung in Übereinstimmung gebracht werden.

Der Day-ahead-Spotmarkt an der EPEX hat durch sein hohes gehandeltes Volumen und der Transparenz des Handels einen großen Einfluss auf die Preise für jegliche Form von gehandelter elektrischer Energie. Somit ist es wichtig die weitere Entwicklung der Preise an dieser Börse zu modellieren.

Durch die zeitweise hohe Einspeisung aus dezentralen Anlagen stehen zu diesen Zeiten auch weniger konventionelle Kraftwerke für die Erbringung von Systemdienstleistungen zur Verfügung. Zukünftig müssen somit immer mehr auch dezentrale Einheiten an der Erbringung von Systemdienstleistungen beteiligt werden.

Für die Entwicklung möglicher Energiemärkte und Konzepte für die Betriebsführung wird im Rahmen eines Forschungsprojektes ein Marktmodell entwickelt. Mit Hilfe des Marktmodells wird weitergehend untersucht, inwiefern zu bestimmten Marktsituationen die Systemsicherheit gefährdet wird und wie dezentrale Anlagen das elektrische Versorgungssystem unterstützen können.

Ein Fokus der Untersuchungen liegt auf der Integration von elektrischen Energiespeichern. Die Speicher werden über eine Cloud vernetzt und stehen mehreren Nachfragern zur Verfügung. Die Nachfrager der Speicher werden in einem ersten Schritt einzeln modelliert und deren priorisierte zeitabhängige Nachfrage und die dazugehörige Zahlungsbereitschaft untersucht. Im nächsten Schritt werden die Nachfrager in das Gesamtmodell implementiert und die optimale Lösung mit dem Verhalten der einzeln modellierten Nachfrager verglichen.

System Stability and quality of supply with a high penetration of decentralized generators and BESS

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Daniel Unger

The increasing penetration with decentralized generators has a significant impact on the energy market and the operation control. During time periods with a high injection of renewable energies, less conventional power plants are running and can contribute to ancillary services.

Hence, more and more decentralized generators have to be considered for supporting the system stability.

Furthermore, at these times the prices at the spot market decrease significantly. The profitability of all power plants is affected adversely. As of now, the German government intends to shift the stimulation of renewable energies from a fixed reimbursement for twenty years to a more market-oriented view. It is crucial for the further successful augmentation of renewable energies that both ideas act in concert.

The ongoing investigation shall reveal concepts and recommendations for maintaining the system stability at all times. One core area of the project is the integration of BESS. These batteries are interconnected by means of a Cloud.

In the first phase of the investigation the respective single demand agent for the BESS is designed independently. The objective is to examine the time-dependent demand of the agent and the respective willingness to pay.

In the second phase the single demand agents are integrated in the complete optimization model. The ensuing global optimum is then compared to the single-optimum solution.

Systemdienstleistungs- und Wirkleistungshandel im regionalen Kontext

Fridolin Muuß, M.Sc.

Im Forschungsprojekt Smart Nord im Teilprojekt 3 – Handel von Wirk- und Systemdienstleistungen im Arbeitspaket 1 mit dem Titel: Analyse und Entwicklung von Produkten für eine verstärkte Bereitstellung von Systemdienstleistungen, wird untersucht inwieweit die Erbringung von Systemdienstleistungen aus und der regionale Wirkleistungshandel in einem aktiven Verteilnetz möglich ist.

Innerhalb des Bereichs der Systemdienstleistungen stehen im TP 3.1 die Blindleistung und innerhalb der Wirkleistung regionale Märkte und Verbünde im Vordergrund.

Der Forschungsansatz der Blindleistung basiert dabei auf der Möglichkeit die Blindleistung durch bereits in den Erneuerbaren Energien existierende Wechsel- und Umrichter zu steuern um regionale Potentiale zu nutzen. Dabei steht nicht nur die Umsetzbarkeit dieser Option im Vordergrund, sondern darüber hinaus verschiedene übergeordnete multikriterielle Steuerungen wie die Blindleistungsautarkie und die angebots- oder nachfrageorientierte Blindleistungsbereitstellung eines gesamten Netzgebietes (Flächenkraftwerk). Dadurch

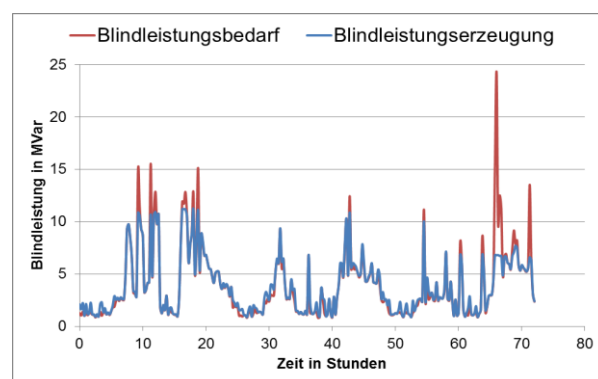


Abbildung 4: Nachfrageorientierte Blindleistungsbereitstellung

Figure 4: Demand based reactive power supply

können zum einen der Bezug von Blindleistung am Trafo verringert oder sogar verhindert, oder eine verlustminimale, konstante Blindleistungsbereitstellung am Trafo für übergeordnete Spannungsebenen verfügbar gemacht werden.

Im Bereich des regionalen Wirkleistungsmarktes wird ein zukünftiges Genossenschaftsmodell als eine Art Einkaufsgemeinschaft innerhalb eines gesamten Niederspannungsnetzes simuliert. Ziel ist es die vorhandenen Erneuerbaren Energien incl. Blockheizkraftwerke sowie Speichersysteme und auch steuerbare Verbraucher wie große Haushaltslasten und Elektroautos so anzusteuern, dass die Autarkiequote des Netzes bei gleichzeitig hohem Komfort der Haushalte möglichst hoch ist. Die Ergebnisse der komplexen Simulation sollen im Rahmen von Smart Nord veröffentlicht werden.

Darüber hinaus wird versucht das Smart Metering via Smartphone-App für den Kunden greifbarer zu machen. Durch ein Planspiel soll es Probanden im folgenden Jahr ermöglicht werden, durch die Prognose ihres elektrischen Energiebezugs einen monetären Vorteil zu erzielen. Dabei stehen die komfortable Bedienung, die Genauigkeit der Prognosen sowie die Akzeptanz im Vordergrund. Im Anschluss könnte die Kommunikation zwischen Smart Meter und Smartphone den nächsten Schritt darstellen.

Ancillary Services and active power trading in regional Kontext

Fridolin Muuß, M.Sc.

In research project SmartNord the part of the elenia it is to simulate several possibilities for consuming and supplying reactive power by decentralized generation units. This is important in view of the fact that large power plant in the transmission network will be disconnected in some cases in the future. The essential reactive power for large synchron machine in the upper voltage levels must further be supplied by the dezentral power units. Therefor are several control methods suitable which are being simulated.

The designated target is consider about the possibilities of multicriteria optimization for controlling a hugh number of decentralized units. In this case a real dynamic virtual reactive power plant can arrange it so that the reactive power transfer into transmission network is a constant value (ind. or kap.) or that the reactive power autarky of the distribution network is reached without violating any limits.

In the section of active power trading a regional market system in a purchasing pool shape will be established for analyzing pros and cons auf regional markets. Furthermore a smartphone app will be developed for business game with purposes of planning the own energy consumption and receiving recommendations for consuming energy addicted to price or regional energy generation.

Auswirkungen von PV-Strom betriebenen Wärmepumpen

Dipl.-Ing. Stefanie Koch

Bisher werden Wärmepumpen häufig als Stand-Alone-Systeme betrieben, die nicht mit Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) kommunizieren können. Das bedeutet, dass die Wärmepumpe nach Bedarf thermische Energie fördert. Der Einschaltzeitpunkt der Wärmepumpe ergibt sich demnach aus einem akutem Wärmebedarf oder dem Erreichen der Speicheruntergrenze. PV-Strom wird nur dann bezogen, wenn sich der Betriebszeitpunkt der Wärmepumpe gerade mit dem Angebot von PV-Strom überschneidet. Die herkömmliche Wärmepumpenbetriebsweise ist in Abbildung 5 schematisch dargestellt.

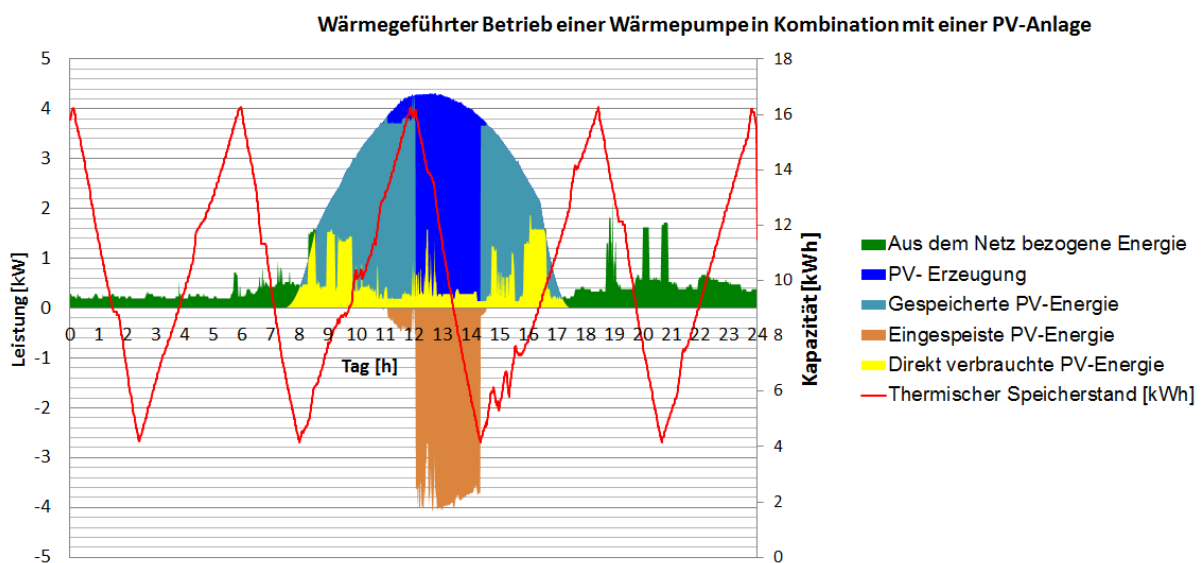


Abbildung 5: Wärmegeführter Betrieb einer Wärmepumpe in Kombination mit einer PV-Anlage

Figure 5: Heat controlled operation of a heat pump in combination with a pv power plants

In ersten Ansätzen etablieren sich zurzeit einige Betriebskonzepte, die Solarstrom effizient nutzen, indem sie in Abhängigkeit der aktuellen PV-Einspeisung betrieben werden (siehe Abbildung 6). Die Wärmepumpe ist so Teil der modernen Gebäudetechnik und kann durch Automatisierungsprozesse den Gebäudebetrieb optimieren. Simulationen zeigen, dass diese Betriebsweise den Eigenverbrauch des erzeugten PV-Stroms und dadurch ein geldwerter Vorteil für den Anlagenbetreiber generiert wird.

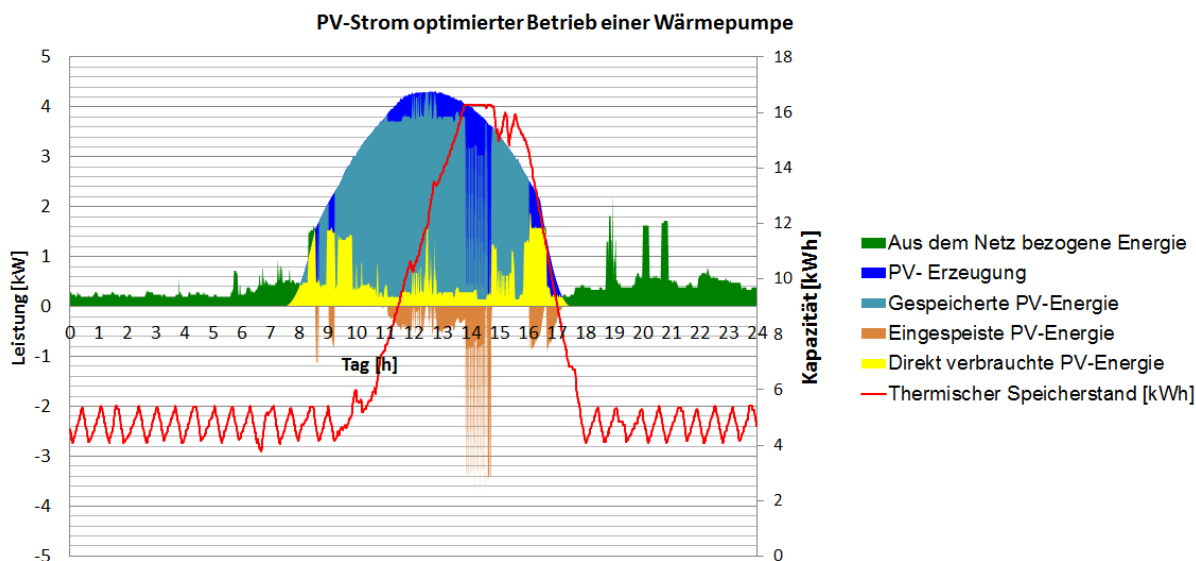


Abbildung 6: PV-Strom optimierter Wärmepumpenbetrieb

Figure 6: Optimal operation of a heat pump system in combination with a pv power plant

Optimal operation of a heat pump system in combination with a pv power plant

Dipl.-Ing. Stefanie Koch

Heat pumps can be used to meet the heating demand of single- and multi-family residential buildings. Up to now, they are usually operated in a heat controlled mode. That means the operation-schedule of heat pumps is subject to the state of charge of the thermal energy storage without preferring PV current (Figure 5). In cutting-edge concepts the heat pump is switched on when surplus photovoltaic energy exists (Figure 6). Simulation results predict, that the latter operation mode increases the own consumption rate of the household significantly.

Einwicklung einer thermischen Lastgangprognose für Bürogebäude und Fernwärmenetze

Dipl.-Math.techn. Frithjof Fehsenfeld

Stark volatile Verbraucher und Erzeuger sind ein wichtiger Baustein des zukünftigen Energiesystems. In diese Kategorie fallen sowohl KWK-Anlagen als auch Wärmepumpen. Ein Problem dieser Anlagen ist der häufig asynchrone Verlauf von thermischen und elektrischen Lasten, der eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Energie erschwert. In Verbindung mit thermischen Speichern und einer intelligenten Steuerung können die Lastgänge entkoppelt werden, sodass Eigenverbrauchswerte gesteigert oder ein netzorientierter Betrieb gefahren werden kann. Für diese Anwendungen werden möglichst gute Prognosen der Lasten benötigt, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Stromlastprognosen sind bereits auf

vielen Ebenen Usus, thermische Lastprognosen werden hingegen nur für wenige Anwendungen erstellt.

Im BMBF geförderten Projekt *Netzlastoptimierung durch vorausschauende Steuerung von BHKW und Wärmepumpen (Nevora)* an der Hochschule Hannover in Kooperation mit dem elenia werden hierfür Vorhersagen für die thermischen Lasten von Fernwärmenetzen und Bürogebäuden erstellt. Dabei werden maschinelle Lern- und Regressionsverfahren genutzt. Neben Wetterdaten wird der Einfluss von Ferien, Feiertagen sowie weiteren benutzungsdefinierenden Variablen betrachtet.

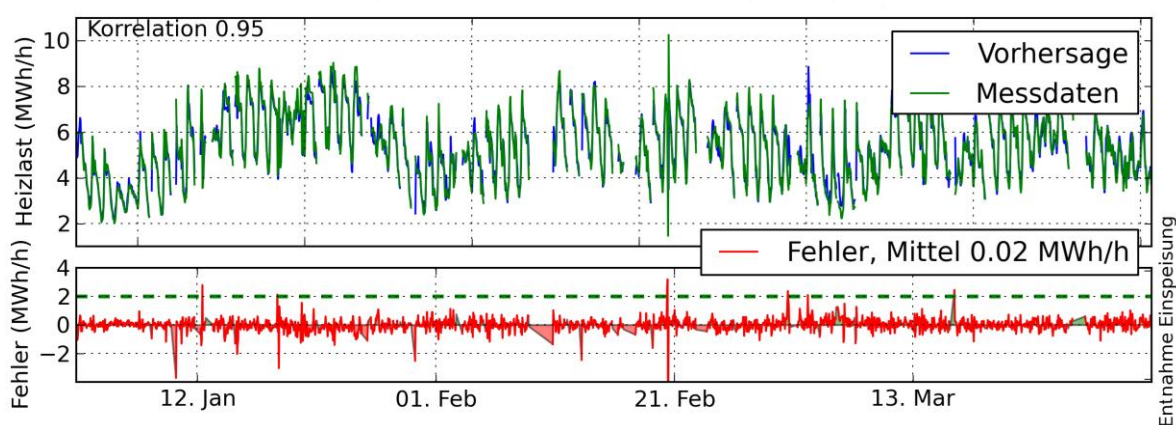


Abbildung 7: Vorhersage der thermischen Last für ein Fernwärmenetz

Figure 7: Heat load prediction for a district heating system

Als wesentlich für die Qualität der Prognose haben sich die Variablen Temperatur und Zeit herausgestellt. Folglich lässt sich eine Umsetzung des Verfahrens bereits mit einem sehr geringen finanziellen Aufwand realisieren.

Im weiteren Projektverlauf wird die thermische Lastgangprognose für eine prädikative BHKW-Steuerung eingesetzt, um einen ökologischen und ökonomischen Nutzen gegenüber einer regulären Steuerung zu bestimmen. Hierbei wird neben dem Betrieb einer einzelnen Erzeugungseinheit auch der Verbundbetrieb aus mehreren BHKW-Anlagen und thermischen Speichern untersucht.

Development of a heat load prediction for office buildings and district heating systems

Dipl.-Math.techn. Frithjof Fehsenfeld

Highly volatile demand and supply management is an important component of future energy systems. Combined heat and power plants (CHP) as well as heat pumps are both of importance in this context. The main obstacle to be addressed is the mostly asynchronous thermal and electric demand which leads to suboptimal use of energy. By combining CHPs with heat storage systems the loads can be decoupled, with the effect that own consumption can be increased or the units can be operated in a grid-oriented way. An accurate prediction is needed

to guarantee energy supply.

As part of the BMBF funded research project „Nevora“ at the University of Applied Sciences and Arts in Hanover in cooperation with elenia, a thermal heat load prediction method for office buildings and district heating systems has been developed. It uses machine learning regression algorithms and applies these to measurements of the thermal load and weather data. In practice, temperature and time have proven to have the highest impact on the heat load and, consequently, on the quality of the prediction. Hence the load prediction can be realized at low costs.

In future project steps the prediction will be used in simulations of improved CHP operation schedules in order to evaluate the ecological and economical. Both single CHP and heat storage systems as well as linked CHPs will be considered during the project.

Beitrag Virtueller Kraftwerke zum Bilanzkreisausgleich und Integration von regenerativen Energien

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Arne Dammasch

Der stetige Ausbau der regenerative Energien, mit teils fluktuierendem elektrischen Erzeugungscharakter, führt auf Seiten der Bilanzkreisverantwortlichen zu einer Zunahme der Prognoseunsicherheiten in Bezug auf den zu meldenden Fahrplan. Verbunden mit erhöhten Prognoseunsicherheiten und den daraus resultierenden Abweichungen steigen zudem die Kosten für den nachträglichen Ausgleich des Bilanzkreises (Day-After-Handel, Ausgleichsenergie).

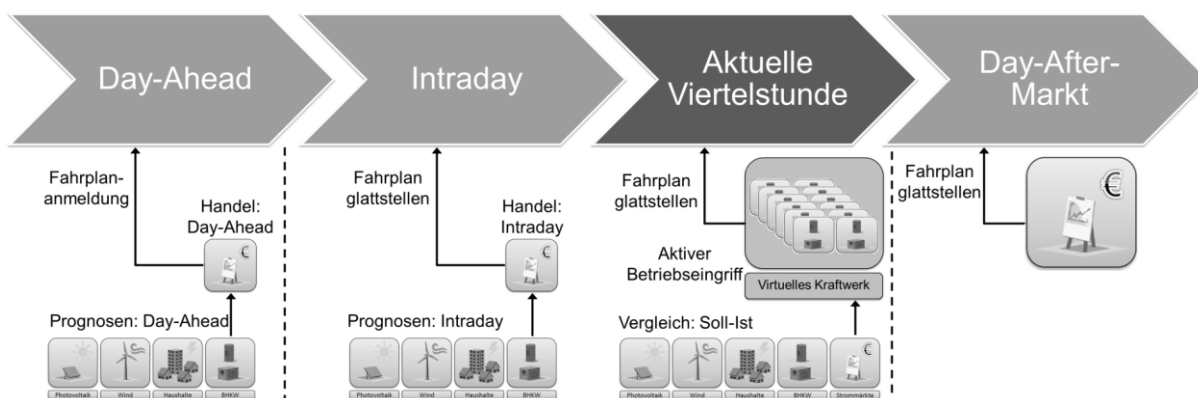


Abbildung 8: Das Virtuelle Kraftwerk ergänzt die Möglichkeiten des BK-Ausgleichs

Figure 8: A virtual power plant is one possibility for reducing balancing group deviations

Die unter diesem Thema angesiedelten Forschungsfragen befassen sich mit dem gezielten Einsatz flexibler Energieerzeugungsanlagen für den unmittelbaren Ausgleich der Bilanzkreisabweichungen. Es wird hierbei untersucht in welchem Maße und in welcher Qualität die Abweichungen kurzfristig durch ein Virtuelles Kraftwerk, bestehend aus dezentralen Blockheiz-

kraftwerken, verringert oder vermieden werden können und wie sich diese Effekte monetär bewerten lassen. Durch diesen Ansatz wird ein System entwickelt, welches die weitere Integration der Erneuerbaren Energien unter Berücksichtigung von ökonomischen sowie volkswirtschaftlichen Aspekten unterstützt.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wird eine computergestützte Simulation eines Bilanzkreises aufgebaut. Dieses Simulationsmodell wird frei skalierbar sein, damit unterschiedliche Bilanzkreise dargestellt werden können. Mittels Prognoseverfahren erfolgt, in Anlehnung an das reale Bilanzkreismanagement, ebenfalls eine Fahrplangenerierung für den Folgetag. Aufgrund der Tatsache, dass das Dargebot von elektrischer Leistung aus regenerativen Energien mit Unsicherheiten bzgl. einer Day-Ahead-Prognose behaftet ist, stellen sich Bilanzkreisabweichungen vom gemeldeten Fahrplan ein. An dieser Stelle ist der Bilanzkreisverantwortliche verpflichtet, das Gleichgewicht innerhalb seines Bilanzkreises wiederherzustellen. Hierzu stehen ihm konventionelle Mechanismen, wie das Ausgleichen an bestehenden Märkten (Intraday und IntradayS) zur Verfügung. Mit diesen Möglichkeiten kann der Bilanzkreisverantwortliche jedoch nicht in der jeweils relevanten Viertelstunde reagieren. Am Intradaymarkt können kurzfristig prognostizierte Bilanzkreisabweichungen nur mit einem Vorlauf von 45 Minuten zum Erfüllungszeitpunkt ausgeglichen werden. Auch dieser geringe zeitliche Prognosehorizont ist noch mit Prognosefehlern behaftet, sodass sich Bilanzkreisabweichungen in der Regel nicht gänzlich vermeiden lassen.

An dieser Stelle greift der Einsatz von regelbaren KWK-Anlagen in das Bilanzkreismanagement ein (siehe Abbildung 8). Bei einer Vielzahl von KWK-Anlagen kann negative Leistung durch das Ausschalten und positive Leistung durch das Anschalten bereitgestellt werden.

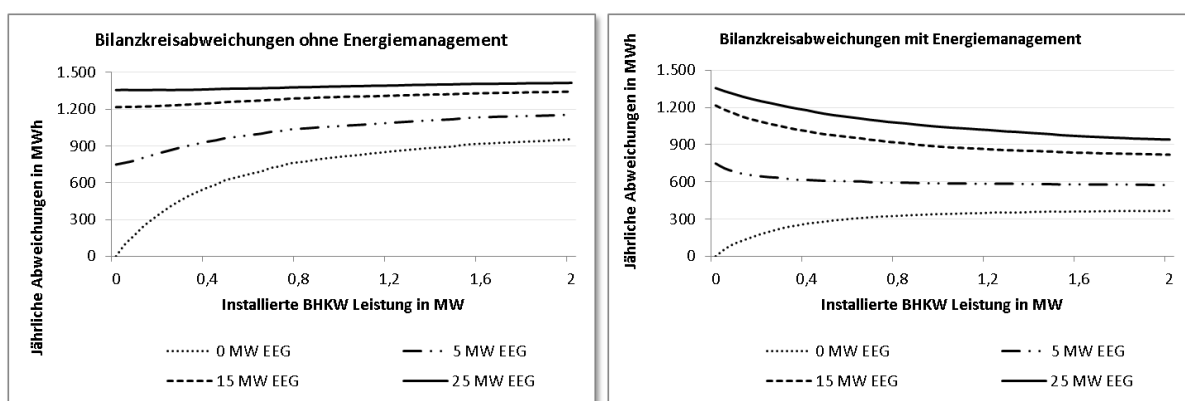


Abbildung 9: Szenarien von Bilanzkreisabweichungen mit und ohne Energiemanagement

Figure 9: Scenarios of balancing group deviations with and without energy management

Die Ergebnisse in Abbildung 9 zeigen, dass sich mittels eines steuerbaren Anlagenverbundes die Abweichungen im Bilanzkreis gezielt reduzieren lassen und somit auch weitaus mehr erneuerbare Energien integriert werden können.

Virtual power plants for regulating the balancing group and integration of renewable energy sources

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Arne Dammasch

The main questions in this research topic dealing with the selective use of flexible power plants for balancing the balancing group deviations. Here, it is investigated to what extent the differences can be reduced or avoided by a virtual power plant and how these effects can be expressed in monetary values. Through this approach, a system is developed to support the further integration of renewable energy sources in the light of economic and macro-economic aspects.

Zukünftige Regelleistungsmärkte im Kontext einer regenerativen Energieerzeugung

Björn Osterkamp, M.Sc.

Das deutsche Energieversorgungssystem unterliegt starken strukturellen Veränderungen. Insbesondere der zunehmende Ausbau der erneuerbaren Energien, darunter die Photovoltaik (PV), wird einen entscheidenden Beitrag leisten. Es werden in naher Zukunft die Stunden mit überschüssiger Energie zunehmen, in denen erneuerbare Energieträger aufgrund eines bisher der konventionellen Mindestenergie reservierten Sockels von bis zu 25 Gigawatt abregelt werden müssen.

Die konventionelle Mindestenergie ist bisher u.a. für die Systemsicherheit im Netz über die Bereitstellung von Netzdienstleistungen wie die Frequenzhaltung, die Spannungshaltung, die Netz- und Systemführung und den Netzwiederaufbau zuständig.



Abbildung 10: Systemdienstleistungs-Optionen für einen PV-Kraftwerkspool

Figure 10: Possible ancillary services with a solar power plant

Um in den nächsten Jahren die Ziele der Energiewende bezüglich des Anteils erneuerbarer Energien erreichen zu können, müssen diese die notwendigen Systemdienstleistungen von den konventionellen Kraftwerken übernehmen, um den Sockel der konventionellen Mindestenergie reduzieren zu können. Die Systemdienstleistungen – wie die Frequenz- und

Spannungshaltung – können für die erneuerbaren Energien und somit zum Beispiel für PV-Anlagen eine zusätzliche Erlösquelle neben der Einspeisevergütung/Direktvermarktung darstellen und im gleichen Zuge die Systemsicherheit des Versorgungssystems aufrechterhalten oder sogar verbessern.

Zunächst gilt es den zukünftigen Bedarf an Stabilitätsmaßnahmen und die Anforderungen des Netzes bei einer regenerativ und dezentral geprägten Energieerzeugung zu identifizieren. Mit dem Forschungsprojekt PV-Regel wird die mögliche Erbringung dieser Stabilitätsmaßnahmen vor allem aus technischer Sicht untersucht. Neben den technischen sind auch die wirtschaftlichen Aspekte zu beleuchten. Denn nur ein effizientes Marktumfeld kann die Erbringung von Systemdienstleistung mit fluktuierenden erneuerbaren Energien fördern.



Abbildung 11: Konzeptübersicht

Figure 11: Overview

Future balancing power markets in the context of a renewable energy dominated power generation

Björn Osterkamp, M.Sc.

The German government initiated with their energy turnaround a comprehensive process of change leading to a more decentralized and environment-friendly energy system. Due to that, the future sources of energy will be the sun or wind and not like today coal or nuclear power.

Ancillary services are, besides the transmission of active power, crucial for the stability and security of the power system. Today, these services are provided by so called must-run-units (normally conventional power plant) and up to 25 GW of these units have to be permanently in operation to fulfill the ancillary services.

In the future there will be hours in which the renewable generation has to be limited due to the ancillary services. To achieve the goals of the energy turnaround it is important to provide these services with decentralized power generation like wind or solar power. Besides the technical aspects it is essential to build up an energy-market-platform with renewable-friendly market conditions.

Regelleistungserbringung mit Photovoltaikanlagen

Julia Seidel, M.Sc.

Im Laufe der letzten fünfzehn Jahre hat sich die Stromerzeugungsstruktur in Deutschland stark verändert. Die Errichtung erneuerbarer Erzeugungsanlagen wurde vorangetrieben und

die Kernkraftwerke werden bis 2022 nach und nach abgeschaltet. So wurde die ursprünglich reine Top-Down-Struktur mit einer Versorgung aus der Hoch- und Höchstspannungsebene um eine Bottom-Up-Struktur mit zahlreichen dezentralen Erzeugungsanlagen in der Mittel- und Niederspannungsebene erweitert. Zur Gewährleistung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Stromversorgung dienen Systemdienstleistungen, welche unter die Verantwortung der Netzbetreiber fallen und bislang hauptsächlich von konventionellen Kraftwerken erbracht werden. Darunter fallen die Spannungshaltung, Frequenzhaltung, System- und Betriebsführung sowie der Versorgungswiederaufbau. Da zukünftig die Betriebszeiten der konventionellen Kraftwerke weiter sinken, werden in absehbarer Zeit nicht mehr ausreichend Kapazitäten zur Bereitstellung der Systemdienstleistungen zur Verfügung stehen.

Ein möglicher Lösungsansatz besteht darin, eine Mindesterzeugung aus konventionellen Energieträgern vorzuhalten. Diese sogenannten Must-Run-Units bezeichnen Kraftwerke, die in einem bestimmten Zeitraum betrieben werden müssen, um einen sicheren und stabilen Netzbetrieb zu gewährleisten. Eine weitere Möglichkeit ist die zukünftige Nutzung erneuerbarer Erzeugungsanlagen für die Bereitstellung von Systemdienstleistungen. Bei der ersten Variante muss überschüssige regenerativ erzeugte Leistung entweder gespeichert, ins Ausland übertragen oder abgeregelt werden. Werden hingegen erneuerbare Energien zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen verwendet, können die Must-Run-Units reduziert und mehr erneuerbare Erzeugungsanlagen in die Stromerzeugung integriert werden.

Im Bereich der Frequenzhaltung erfolgt heute insbesondere die Bereitstellung von Momentanreserve und Regelleistung durch konventionelle Kraftwerke. Aus o.g. Gründen ist es sinnvoll, zukünftig erneuerbare Erzeugungsanlagen mit einzubeziehen. Am elenia liegt in diesem Zusammenhang der Fokus auf Photovoltaikanlagen. Es wird untersucht, wie eine Bereitstellung von Regelleistung durch PV-Anlagen erfolgen kann und welche Informations- und Kommunikationstechnik dazu notwendig ist. Es werden hierbei nicht nur die technischen Möglichkeiten geprüft, sondern auch die Marktbedingungen betrachtet. Der Regelleistungsmarkt ist zurzeit nur auf konventionelle Kraftwerke ausgerichtet, für erneuerbare Erzeugungsanlagen ist der Eintritt in den Markt nur begrenzt möglich (z. B. Biomasse). In den kommenden Jahren soll erforscht werden, wie die Bereitstellung von Regelleistung und/oder Momentanreserve durch Photovoltaikanlagen erfolgen kann. Des Weiteren sollen auch die regulatorischen Bedingungen umgestaltet werden, um die Möglichkeit der Bereitstellung auch für erneuerbare Erzeugungsanlagen zu eröffnen.

Activation of Control Reserve with PV Systems

Julia Seidel, M.Sc.

During the past fifteen years the energy supply system in Germany has changed fundamentally. Electricity is more and more produced by renewable technologies and all nuclear power plants will be shut down until 2022. Thus, the top-down supply has changed into a bottom-up

supply. Ancillary services are used to ensure the grid's safety and reliability and have been provided by conventional power plants up to today. These services include voltage and frequency control as well as network control and system restart processes. As the operating times of conventional power plants will be further reduced, there will not be enough capacities left for ancillary services.

One possible solution is providing a minimum supply from fossil fuels (must-run units). Another possibility is to use renewable power plants for the provision of ancillary services. Using the first alternative means that surplus power from renewable sources has to be stored, transferred abroad, or reduced. By using renewable technologies the number of must-run units can be decreased and more renewable power plants can be integrated into the grid system. At the moment, frequency control, especially spinning reserve and control reserve, is provided by conventional power plants. At the elenia, the integration of PV systems into frequency control is studied. Not only the technical aspects, but also the ICT as well as economic aspects, i.e. market conditions, will be analyzed.

Dezentrale PV-Batteriesysteme im Verbundkraftwerk zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen für das elektrische Energiesystem

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Raphael Hollinger, M.Sc., M.Eng.

In Zukunft werden bei Gebäuden mit PV-Anlagen zunehmend Stromspeicher installiert, um die volatile Solarstromerzeugung mit den jeweiligen Lastprofilen in Deckung zu bringen und so den lokalen Autarkiegrad zu erhöhen. Solarstromspeicher mit rein lokalen Betriebsführungsvorgaben nutzen jedoch ihr technisches Potential nicht voll aus. Daher ist es sinnvoll, freie Batteriekapazitäten einzusetzen, um Systemdienstleistungen für das Stromnetz zu erbringen. Die intelligente Vernetzung dieser verteilten Systeme untereinander, aber auch mit anderen Technologien (siehe Abbildung 12), kann dabei den Mehrwert für das Energiesystem noch erhöhen und eröffnet ersten den Zugang zu manchen Märkten (z. B. durch die Mindestleistung bei Regelleistung).

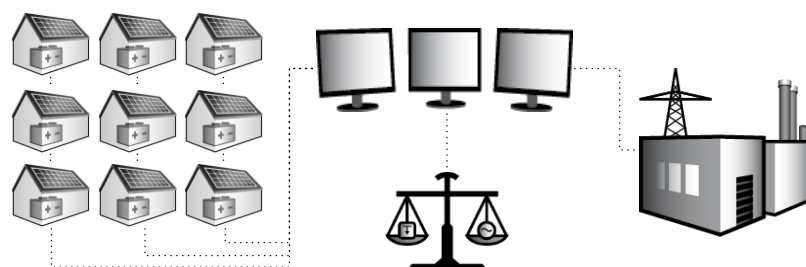


Abbildung 12: Vernetzte PV-Batteriesysteme in Kombination mit thermischen Kraftwerken zur Bereitstellung von Regelleistung

Figure 12: Solar battery systems in combination with thermal power plants providing power reserve

Ein besonderer Fokus liegt, bei dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben, auf der Nutzung modellprädiktiver Regelungsstrategien und der (nach Möglichkeit symbiotischen) Erbringung mehrerer Serviceleistungen. Abbildung 13 stellt beispielhaft die kombinierte Erbringung von Primärregelleistung und der lokalen Autarkieerhöhung dar. Dabei wurde die Nutzung der Batterie zur Autarkieerhöhung in Abhängigkeit des Batteriefüllstandes beschränkt, bei kritischen Speicherfüllständen Korrekturladungen durchgeführt und auf Basis des aktuellen Leistungsniveaus kontinuierlich Primärregelleistung bereitgestellt.

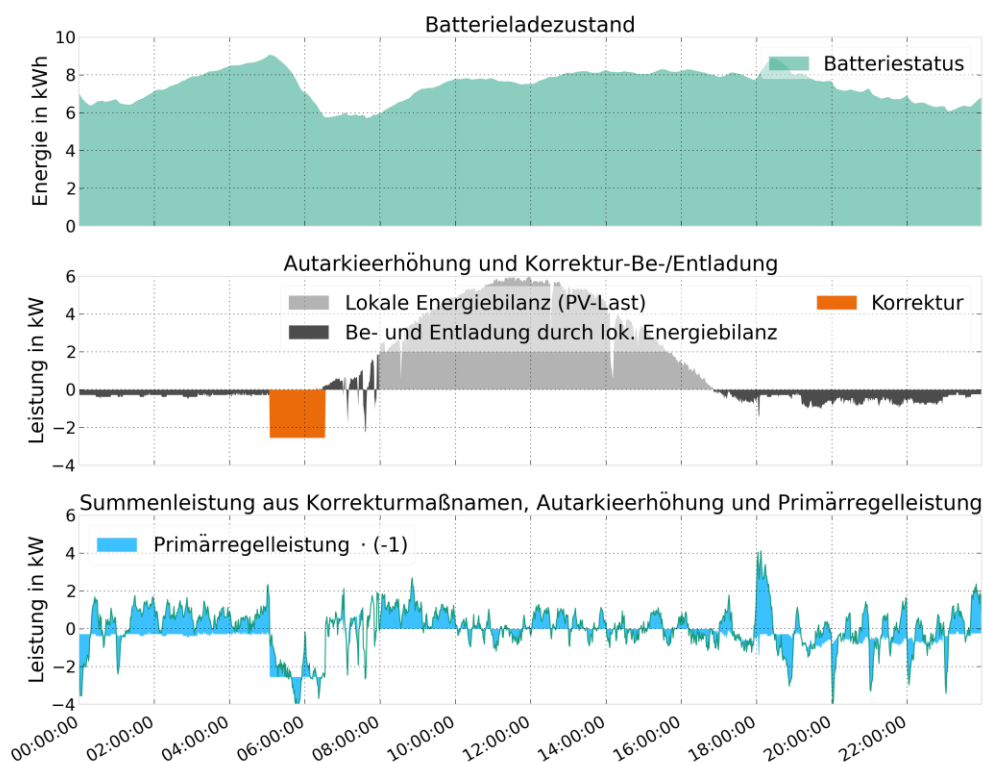


Abbildung 13: Beispielhafter Tag einer Jahressimulation der kombinierten Autarkieerhöhung mit Primärregelleistungsbereitstellung eines Solar Batteriesystems in einem Einfamilienhaus
 Figure 13: Exemplary day of a yearly simulation of the combined provision of the local service of autarky increase and the system service primary reserve power by a solar battery system in a single family building

Distributed Solar Battery Systems Providing Ancillary Services

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Raphael Hollinger, M.Sc., M.Eng.

For a successful transition from a system based on conventional power plants to a system based on distributed and renewable power sources, the latter must, in addition to the production of energy, be able to provide ancillary system services (e.g. reserve power and reactive power supply), in order to:

Be independent from conventional energy production (must-run capacity) in times of sufficient production of renewable energy.

Develop additional sources of revenue, other than active power dispatch, for decentralized and renewable energy generators.

Stationary storage systems play an increasingly important role in the electric power system, to compensate for daily and seasonal fluctuations in energy generation. Particularly, decentralized storage systems have been installed in buildings with PV systems, which store generated electricity for future own consumption, and reduce network load by minimizing feed-in into the public grid.

Batteries with only local management purposes (e.g. increase the autarky level of a local energy system) make only a limited use of their technical potential, since they exhibit a high flexibility for charging and discharging processes, and “flexibility” will be a valuable resource in the power grid of the future. Therefore, the use of this spare capacity, in terms of power and energy, could prove to be useful for providing ancillary system services. In the frame of this research project, the economic and technical feasibility of a fleet of PV-battery systems interconnected in a virtual power plant is develop and analysed. The combination of primary control power provision and increasing local self-sufficiency level as services, offered by decentralized PV-battery systems, has already been identified as an economically and technically attractive option.

Herausforderungen der Netzintegration – Laden von Elektrobussen mit großer Leistung

Frank Soyck, M.Eng.

Batteriebetriebene elektrische Linienbusse benötigen eine Möglichkeit im Betrieb schnell nachzuladen. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Elektromobilität mittels induktiver Ladung“ (emil) wird die induktive Ladung von Elektrobussen im Linienverkehr mit einer Leistung von 200 kW untersucht. Für dieses Verbundprojekt „emil“ wurde der Braunschweiger Verkehrs-GmbH am 10. Oktober 2014 der EBUS Award, der Umweltpreis für Busse im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), in der Kategorie „Betrieblicher Einsatz von Batteriebusen“ verliehen [1]. Das elenia untersucht im Projekt „emil“ unter anderem den technisch und wirtschaftlich optimalen Netzanschluss für die induktive Ladetechnik.

Für das Projekt „emil“ kamen verschiedene Alternativen für den Netzanschluss der Ladestationen in Betracht. Dazu wurden Messungen, Netzberechnungen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt. Ein Schwerpunkt lag auf der Prüfung der Realisierbarkeit der Leistungsentnahme von bis zu 260 kVA unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Dafür wurden die in Abbildung 1 dargestellten Varianten der Netzanbindung untersucht:

- a) direkte Anbindung an das Niederspannungsnetz
- b) Anbindung mit separater Leitung an das Niederspannungsnetz, ggf. Verstärkung des vorhandenen Ortsnetztransformators

- c) Anschluss an das Mittelspannungsnetz und Erstellung einer Kundenstation
 - i. ausschließlich für die Ladestation
 - ii. gemeinsame Nutzung mit anderen Verbrauchern
- d) Anbindung an ein 600 V DC-Unterwerk
 - i. vorhandenes Straßenbahnunterwerk
 - ii. Erstellung eines neuen DC-Unterwerks ausschließlich für die Ladestation
- e) Anbindung an eine vorhandene 600 V DC-Fahrleitung

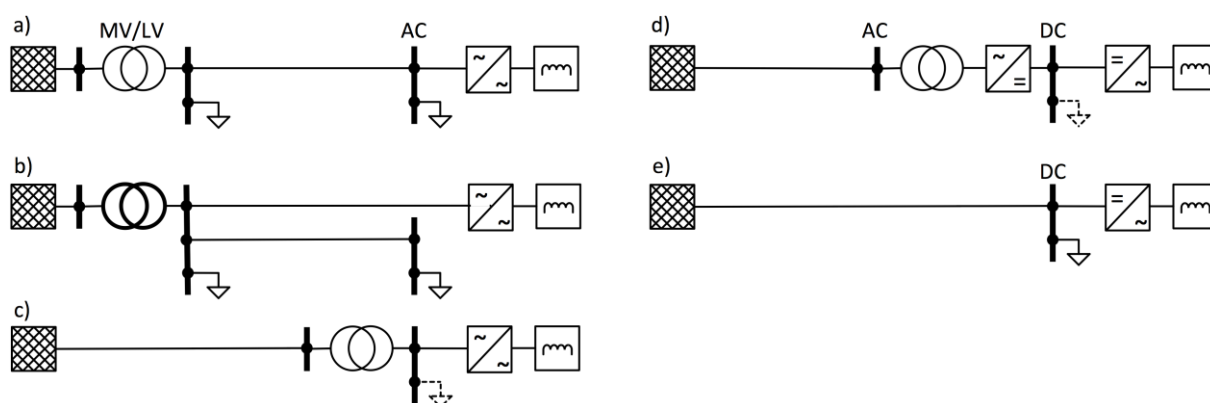
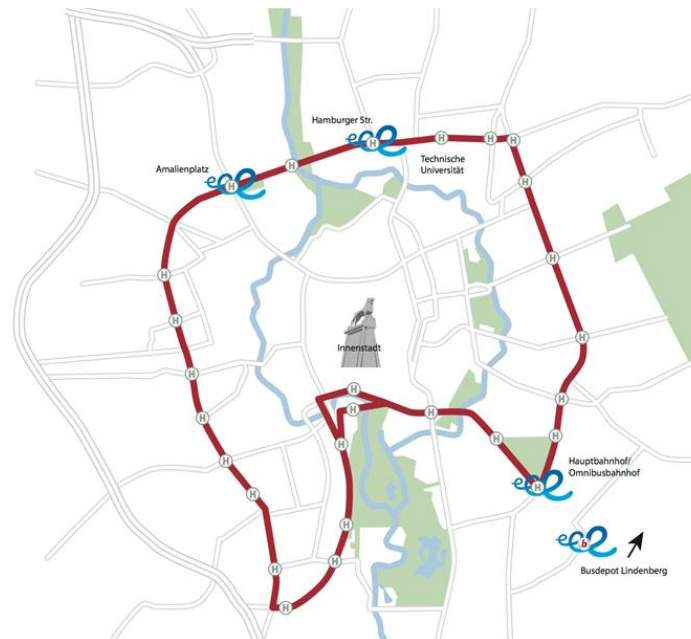


Abbildung 14: Varianten der Netzanbindung

Figure 14: Grid connection configurations

Unter Berücksichtigung der je Ladestandort spezifischen Gegebenheiten wurden für das Projekt „emil“ bisher die Varianten c) - e) ausgewählt und folgende primärseitigen Netzanbindungen realisiert (siehe Abbildung 14):

- ① Busdepot Lindenberg (Variante c) ii.):
400 V AC mit Kundenstation und gemeinsame Nutzung mit anderen Verbrauchern des Busdepots
- ② Hauptbahnhof (Variante d) i.):
600 V DC aus dem vorhandenen Unterwerk
- ③ Hamburger Straße (Variante e):
600 V DC aus der Straßenbahn-Fahrleitung



Grafik: Verkehrs-GmbH

Abbildung 15: Übersicht der induktiven Ladestationen

Figure 15: Overview of inductive charging stations

Die vierte Ladestation wird im Niederspannungsnetz angebunden, wobei durch eine aktive Blindleistungsbereitstellung der Spannungsabfall durch den Ladevorgang deutlich verringert werden soll.

Seit Ende März 2014 ist der erste induktiv geladene Solo-Bus (12m) im Linieneinsatz. Ende des Jahres gehen weitere vier Gelenkbusse in Einsatz, so dass die Linie M19 dann überwiegend elektrisch betrieben wird.

[1] Braunschweiger Verkehrs-GmbH: Presseinformation, EBUS Award 2014: Deutscher Umweltpreis für ÖPNV-Busse verliehen, Braunschweiger Verkehrs-GmbH gewinnt mit ihrem Elektrobusprojekt „emil“ den EBUS Award 2014, Braunschweig, 2014

Challenges of grid integration - charging electric buses with high power

Frank Soyck, M.Eng.

Battery-powered electric buses in scheduled public transportation require a way to recharge quickly during operation. The inductive charging of electric buses with a power of 200 kW in regular service is investigated as part of the joint research project “emil”. This article provides an overview of the grid connection of the charging stations in the project “emil” and the associated challenges.

Auswirkungen von PV-Speichern auf die Netzkapazität

Hauke Loges, M.Sc.

In den letzten Jahren haben sich die regulatorischen Rahmenbedingungen für den Betrieb von PV-Anlagen grundlegend geändert. Es fand ein Wandel einer PV-Volleinspeisung zu einer Eigenverbrauchsmaximierung statt. Mit Batteriespeichern lässt sich der Eigenverbrauch signifikant steigern. Diese gewinnen folglich zunehmend an Bedeutung.

Die herkömmliche (oder auch freie) Speicherbetriebsweise sieht eine Ladung der Batterie vor, sobald mehr Energie durch die PV-Anlage erzeugt wird als im Haushalt verbraucht wird. Bei hoher solarer Einstrahlung führt dies dazu, dass die Batterie bereits am Vormittag ihre maximale Kapazität erreicht hat. Dieses hat zur Folge, dass die Mittagsspitze der PV-Anlage in das Netz eingespeist wird. In der Niederspannungsebene kann dies zu Spannungsproblemen führen und einen teuren Netzausbau zur Folge haben. Die herkömmliche Speicherbetriebsweise ist in Abbildung 16 schematisch dargestellt.

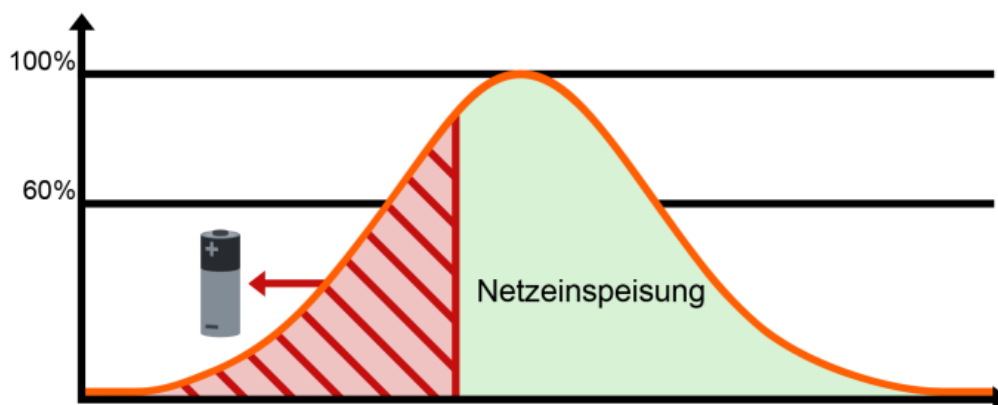


Abbildung 16: Konventionelle Speicherbetriebsweise

Figure 16: Conventional storage mode

Zur Vermeidung der Einspeisung der Mittagsspitze und zur gleichzeitigen Förderung der Durchdringung von PV-Speichern wurde das KfW-Marktanreizprogramm (Vgl. Förderprogramm 275 der KfW-Bank) ins Leben gerufen. Der Anlagenbetreiber erhält hier 1/3 der Anschaffungskosten als Tilgungszuschuss, muss sich aber über eine Laufzeit von 20 Jahren verpflichten, maximal 60% der installierten PV-Anlagenleistung in das Netz einzuspeisen. Abbildung 17 stellt die Abregelung bei 60 % der Anlagenleistung dar.

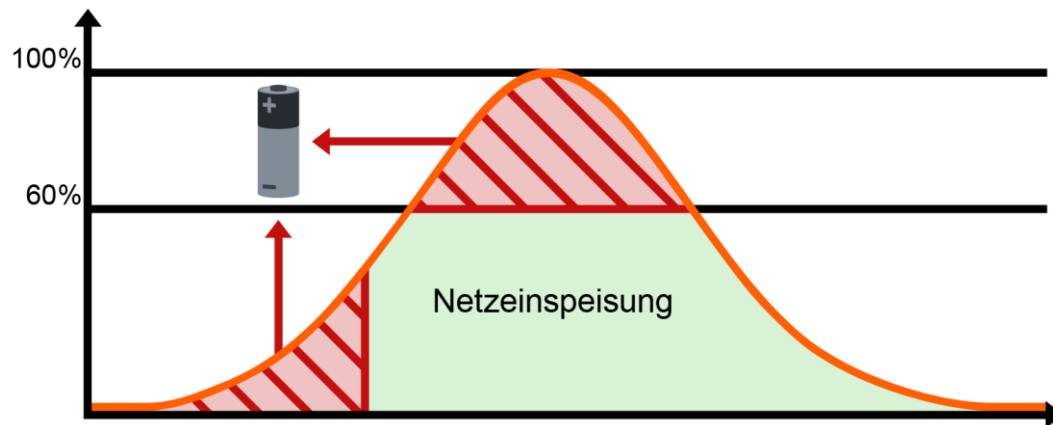


Abbildung 17: Netzdienliche Speicherbetriebsweise mit Batteriemangement

Figure 17: Grid serving storage mode

Oberhalb der 60 % Grenze liegen in der Regel (anlagenabhängig) deutlich unter 5 % der Jahresarbeit. Im schlimmsten Fall (= keine Energie kann im Haushalt genutzt oder gespeichert werden) geht diese Energie als sogenannte Abregelungsverluste verloren. Diese Energiemenge entspricht in etwa 20 – 50 € Vergütung nach EEG pro Jahr (bei Anlagen < 10 kWp). Im Falle einer wirtschaftlichen Betrachtung stehen diese monetären Verluste dem Tilgungszuschuss der KfW-Bank gegenüber. Zur Vermeidung dieser Abregelungsverlusten lässt sich ein Batteriemangement einsetzen, welches das Laden der Batterie steuert. Damit eine möglichst genaue (automatische) Batterieeinsatzplanung durchgeführt werden kann, sind sowohl Last- als auch Erzeugungsprognosen notwendig.

Effects of PV batteries on grid capacity

Hauke Loges, M.Sc.

In recent years, the regulatory frameworks for the operation of PV systems have changed fundamentally. PV full feed-in was replaced by the maximization of inhouse consumption. A battery storage can lead to an increase in inhouse consumption.

The conventional (or free) storage mode charges the battery as soon as more energy is generated by the PV system than is consumed in the household.

On days with a high solar irradiation, the battery will already reach its maximum capacity in the morning. As a consequence, the midday peak of the PV system is fed into the grid. In the low voltage level this can lead to voltage problems. The conventional storage mode is shown schematically in Figure 16. A special sponsorship was developed in order to avoid feeding in the midday peak of the PV system and to promote the penetration of PV batteries. In this case the operator receives a certain grant, but his feed-in is limited to 60% of the maximum power. Energy above this limit must be saved by the battery or is lost.

Innovatives Energiemanagement bei Haushaltskunden – Ein Beitrag zur Netzstabilität?

Michael Wiest, M.Sc.

Der Einsatz innovativer Technologien in Privathaushalten führt zwangsläufig zu veränderten Leistungsflüssen am Hausanschlusspunkt und bringt somit neue Anforderung bzw. Chancen für die Netzplanung mit sich. Für die Bestimmung der aktuellen Netzleistungsfähigkeit und für geplante Netzausbaumaßnahmen sind verwertbare Leistungsprofile von essenzieller Bedeutung.

Die Grundlage der Untersuchung stellen Messdaten von 100 zufällig ausgewählten Kunden dar. Durch diese Lastprofile ist sichergestellt, dass die Datengrundlage der Realität im Haushaltskundensektor entspricht und eine ausreichende Diversität vorhanden ist. Um die Vielfalt möglicher Lastprofile zu erweitern, werden zusätzlich Lastprofile synthetisch erzeugt. Dabei wird der Bottom-Up-Ansatz gewählt, bei dem einzelne Verbraucher im durchschnittlichen Haushalt untersucht werden. Die Verbraucher sind in acht Geräteklassen unterteilt und ergeben in Summe die Lastprofile.



Abbildung 18: Schematische Erzeugung von Leistungsprofilen

Figure 18: Schematic generation of load profiles

Den Lastprofilen werden die Profile von PV-Anlagen in Kombination mit Batteriespeichersystemen, Wärmepumpen oder Heizstäben zur Warmwasserbereitung überlagert (Abbildung 18). Bei Batteriespeichersystemen wird dabei unterschieden, ob ein Speichermanagementsystem zum Einsatz kommt, das ausschließlich auf die Maximierung des Eigenverbrauches optimiert ist oder ob es auch netzdienliche Aspekte berücksichtigt. Neben Batteriespeichern kann auch der Einsatz elektrischer Heizsysteme dafür genutzt werden, den Eigenverbrauchsanteil in einem Haushalt zu steigern. Besonders gut sind Wärmepumpen dafür geeignet. Diese können wärmegeführt oder stromwärmegeführt betrieben werden. Zur Warmwasserbereitung eignen sich zudem Heizstäbe, welche nur stromgeführt betrieben werden.

Mit den generierten Leistungsprofilen werden die Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Verteilnetze untersucht. Dies erfolgt durch Lastflussauswertungen in Zeitreihen mit den entwickelten Leistungsprofilen, die eine reale Belastungssituation widerspiegeln. Zudem wird durch die Untersuchung der Energiemengen eine Aussage darüber möglich, welche Energiemanagementstrategie für Kunden eine wirtschaftliche Lösung darstellt. Lastflussberechnungen

nungen mit den Profilen als Grundlage erlauben vorausschauende Planungsentscheidungen im Bereich der Niederspannungsverteilstnetze.

Innovative energy management – a contribution to grid stability?

Michael Wiest, M.Sc.

The use of modern technologies in households leads to changes in load flow and therefore new challenges for grid planning. Applicable load profiles are of high importance for grid planning measures.

Basis for the investigation is a set of measurement data of 100 households. This represents already the high diversity in consumption behavior of different costumers and household sizes. To extend this basis, synthetic load profiles are generated using a bottom-up approach. Here, the electric load of the ordinary electrical equipment in households is clustered and the resulting profiles for each cluster are aggregated to load profiles.

On top of the load profiles, profiles for pv-systems with or without storage systems and electrical heating systems are added, Figure 18. Battery systems are either operated in maximum self-consumption mode or in grid convenient mode. Next to battery systems, heating systemers can operate in a mode that raises the degree of self-consumption. Heat pumps are best suited therefore.

The contribution of the technologies to the distribution grid is investigated by the generated load profiles. Load-flow calculations help analyzing the resulting grid load. On top, the analysis of energy consumption gives a hint on what energy management strategy is economically best for consumers. Load flow calculations using the generated profiles allow predictive planning decisions for distributions grids.

Untersuchungen zur statischen Spannungshaltung unter Berücksichtigung von innovativen Last- und Erzeugungsannahmen in Niederspannungsverteilstnetzen

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marcus Bunk

Die bisherige Niederspannungsnetzplanung findet größtenteils auf Basis von Belastungsannahmen statt, die auf Messkampagnen aus dem Jahr 1982 zurückzuführen sind. Aus diesen Standardlastprofilen des VDEW/BDEW werden seitens des Netzbetreibers Planungsrichtlinien und statische Lastannahmen abgeleitet, die Eingang in eine softwaregestützte Lastflussrechnung zur Dimensionierung von Niederspannungsverteilstnetzen finden. Als Vorteil dieses Verfahrens konnte in der Vergangenheit eine hohe Praxistauglichkeit und Umsetzbarkeit herangeführt werden. Die Robustheit für aktuelle und zukünftige Herausforderungen ist jedoch nur noch mit Einschränkungen gegeben. So sind weiterführende Betrachtungen, insbesondere zur Analyse der statischen Spannungshaltung, ohne Berücksichtigung eines zeitlichen Bezugs nicht möglich. Darüber hinaus gewinnt auch die genaue Kenntnis der Last- und Erzeugungssi-

tuation in den Netzen, unter dem Einfluss von innovativen Technologien wie Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen, E-KFZ und Energiespeichern, stark an Bedeutung.



Abbildung 19: Der „Nur-Strom-Haushalt“ mit Elektromobilität

Figure 19: The monoenergetic (electricity) domestic home with electro mobility

Um den geschilderten Herausforderungen zu begegnen, werden im Rahmen dieser Forschungsarbeit Zeitreihen mit einer Auflösung von einer Minute für konventionelle Haushalte, Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen generiert und an einem Referenzhaushalt, dem „Nur-Strom-Haushalt“, gespiegelt (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20). Der Referenzhaushalt wurde zu diesem Zweck mit drei Leistungs- und Energierekorden ausgestattet, die über den Zeitraum eines Jahres das Summenprofil des Haushaltes, den Betrieb der Wärmepumpe sowie das Erzeugungsverhalten der Photovoltaikanlage erfassen. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Messungen finden unmittelbar Eingang in die Profilgeneratoren und bilden die Basis für eine Vielzahl synthetischer Zeitreihen zur Verwendung in einer weiterentwickelten, softwaregestützten Lastflussrechnung. Mit Hilfe dieser angepassten Netzbe-rechnungssoftware ist es nunmehr möglich, beliebige Zeitreihen zufallsverteilt realen Netzstrukturen zuzuordnen und die Betriebsmittelauslastungen sowie Knotenspannungen zu erfassen. Aufbauend hierauf kann eine präzise Aussage hinsichtlich der auftretenden Grenzwertverletzungen über den gewählten Zeitraum und unter Berücksichtigung der zeitlichen Auflösung getroffen werden. Werden Grenzwertverletzungen der Spannungen detektiert, so kann die Wirksamkeit einzelner und kombinierter Maßnahmen zur statischen Spannungshaltung in weiteren Schritten untersucht werden. Als geeignete Maßnahmen werden hierbei die Blindleistungsbereitstellung durch PV-Wechselrichter, der Einsatz eines regelbaren Ortsnetztrans-formators oder der klassische Netzausbau angesehen.

Ergänzend zu den geschilderten Maßnahmen zur statischen Spannungshaltung findet im Rahmen dieser Forschungsarbeit eine Analyse der Netzaufnahmefähigkeit von Photovoltaikanlagen in den Niederspannungsverteilnetzen statt. Hierbei wird der Ansatz untersucht, durch eine gezielte, vom Netzbetreiber gesteuerte Leistungsabregelung der Photovoltaikanlagen die Netzkapazität zu erhöhen.

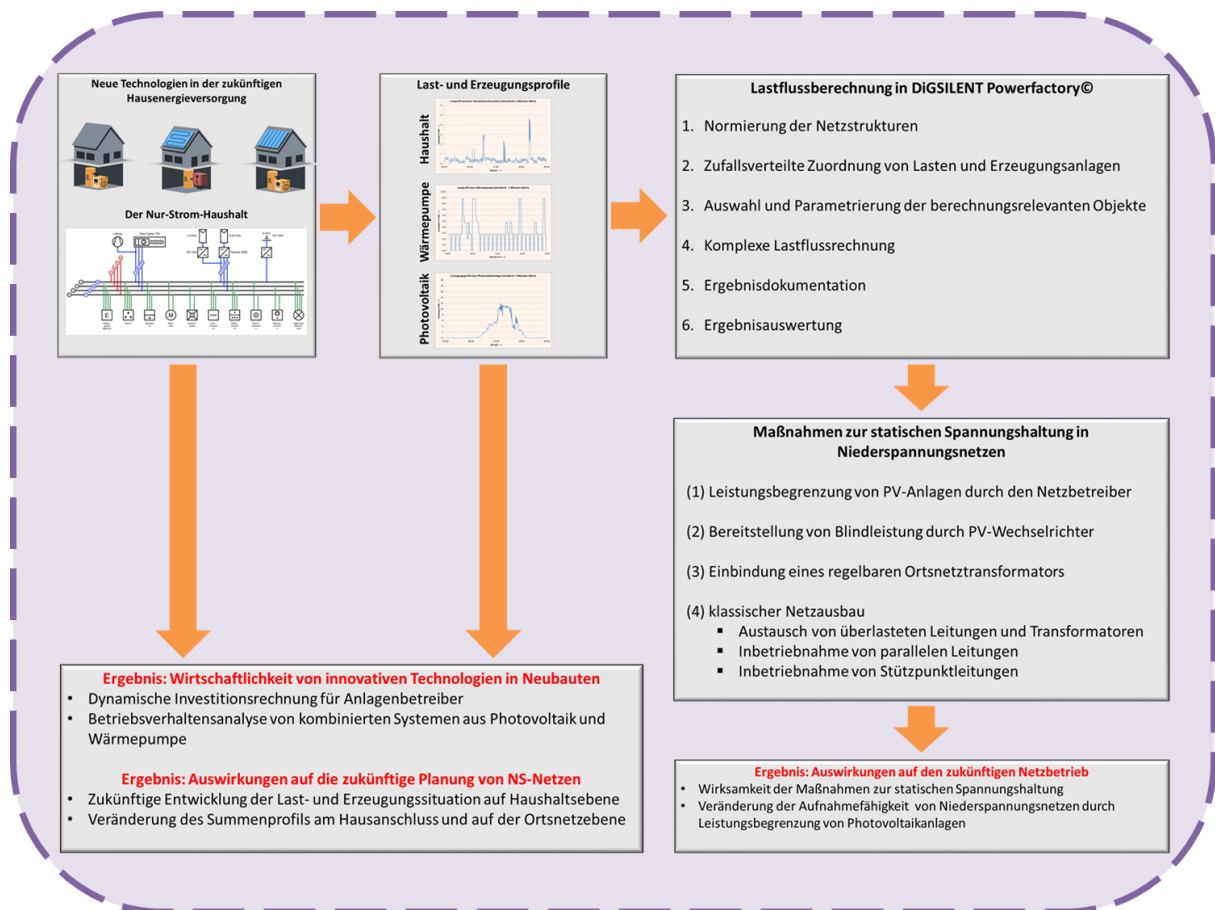


Abbildung 20: Struktur der Forschungsarbeit

Figure 20: Structure of the research

Studies on static voltage stability under consideration of innovative load and generation assumptions in low voltage distribution networks

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marcus Bunk

Up to today, the design of low-voltage distribution has been conducted on the basis of load assumptions. For the identification of limit violations caused by new technologies (e.g. heat pumps and photovoltaic systems) time scales are needed. Therefore, time-dependent load and generation profiles of these components were developed in the past few months (Figure 20). These load and generation profiles are compared with measurements from a reference household, which is equipped with such systems.

Furthermore, voltage stabilization measures are modelled for low voltage distribution networks. Here, the influence of a variable local power transformer, a reactive power supply or a grid expansion is tested for its effectiveness. Finally, a complex load flow calculation is carried out to analyze the above measures. In addition, the effectiveness of a power limit of photovoltaic systems is examined in order to increase the number of distributed generation systems.

Wirksamkeit und Robustheit von Konzepten zur statischen Spannungshaltung in Niederspannungsnetzen mit starker dezentraler Einspeisung

Ole Marggraf, M.Sc.

Durch einen regional zum Teil sehr starken Ausbau der dezentralen Erzeugungsanlagen in den Verteilnetzen werden vielfach die erlaubten Spannungsgrenzwerte verletzt. In den meisten Fällen sind hier Spannungsanhebungen, verursacht durch photovoltaische Einspeisung, der Auslöser. Neben dem konventionellen Netzausbau, in der Regel durch Netzverstärkung, gibt es heute eine Reihe anderer, alternativer Möglichkeiten zur Beeinflussung der Netzspannung auf der Niederspannungsebene.

Dabei lassen sich Verfahren, die aktiv auf eine Veränderung der Netzspannung reagieren, von denen, die von anderen Größen als der Spannung abhängig sind, unterscheiden. Zu letzterem gehört die derzeit für Photovoltaikwechselrichter vorgeschriebene $\cos\varphi(P)$ Regelung. Die spannungsstützende Blindleistungsaufnahme wird dabei in Abhängigkeit der Wirkleistungsabgabe über eine feste Kennlinie geregelt.



Abbildung 21: Versuchsaufbau im Netzintegrationslabor zur Stabilität der Q(U) Regelung

Figure 21: Test setup in the grid integration laboratory for stability tests of Q(V) control

Im Gegensatz hierzu stehen Verfahren wie der regelbare Ortsnetztransformator (rONT), eine spannungsabhängige Blindleistungsregelung für dezentrale Erzeugungsanlagen (Q(U)) und Strangregler. Diese Konzepte verwenden als Eingangsmessgröße die Netzspannung und beeinflussen diese entweder direkt über das Windungsverhältnis (z.B. der rONT) oder indirekt über die Blindleistung (Q(U)).

Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit, Robustheit und Effektivität solcher Konzepte gegenüber dem konventionellen Netzausbau ist Untersuchungsgegenstand einer aktuellen Studie des elenia in Kooperation mit der FGH, der TU München und der RWTH im Auftrage des Forum Netztechnik/ Netzbetrieb (FNN) dezentrale Erzeuger im VDE. Das elenia ist dabei besonders in den Feldern der Wirtschaftlichkeitsbewertung und der Laboruntersuchung zur Stabilität der Konzepte aktiv. Abbildung 21 zeigt den Versuchsaufbau im Netzintegrationslabor des elenia, mit Netznachbildungen, dezentralen Erzeugern und elektronischen Lasten.

Die Ergebnisse der Studie fließen als technische und wirtschaftliche Grundlage in die Weiterentwicklung der Netzanschlussregeln für dezentrale Erzeugungsanlagen auf der Niederspannungsebene ein.

Effectiveness and robustness of concepts for voltage stability in low voltage grids with high penetration of decentralized generation

Ole Marggraf, M.Sc.

The complexity of distribution grids with regard to decentralized generation and system features has been growing more and more in the recent past. Examples are photovoltaic inverters, local distribution transformers with on load tap changers (OLTC) and other elements with effects on the system voltage. In the past, voltage control was function of the high voltage grid. But today, with OLTC, voltage booster and photovoltaic converter with Q(V) control, there are many concepts for voltage control in the low voltage grids. The fast change in low voltage grids leads to some unanswered questions concerning effectiveness and robustness of actual concepts for voltage control.

In a current study the elenia investigates therefore the economic efficiency, the robustness and the effectiveness of present concepts for voltage stability in low voltage grids, under the constraint of high penetration of decentralized generation.

In this study, the elenia cooperates with the FGH, the TU München and the RWTH. The investigation part of the elenia is the economic efficiency and the laboratory test of different concepts of voltage control. The study is supported by the Forum Netztechnik/ Netzbetrieb (FNN) in the VDE. The study's results form the technical and economic basis for the further development of the low voltage grid codes.

Parametrierung von PV-Wechselrichtern

Stefan Laudahn, M.Sc.

In den letzten Jahren wurde der Funktionsumfang für PV-Wechselrichter stetig erhöht. Dies resultierte zum einen aus Anforderungen des lokalen Niederspannungsnetzes wie z. B. der Inselnetzerkennung oder auch aus Notwendigkeiten der großen Anzahl dezentraler Erzeugungseinheiten am Verbundnetz. So gibt es in heutigen Wechselrichtern mehrere Funktionen die parametrierbar sind. Da als Ausgangsgrößen letztlich aber nur die beiden Größen Wirk- und Blindleistung und als Eingangsgrößen die Frequenz- und Spannung zur Verfügung stehen, kann eine gegenseitige Beeinflussung von unterschiedlichen Funktionen nicht ausgeschlossen werden. Vereinzelt werden Befürchtungen geäußert, dass sich durch Wechselwirkungen die Schutzfunktionen gegenseitig unterlaufen.

Einige wesentliche Netzfunktionen von Wechselrichtern sind:

- Statische Spannungshaltung durch Blindleistung (z.B. $Q(U)$, $\cos \varphi(P)$)
- Inselnetzerkennung
- (Eingeschränkte) dynamische Netzstützung
- Frequenzabhängige Wirkleistungsreduktion ($P(f)$)

Es gibt derzeit – vor allem international – eine Vielzahl von Normen und Richtlinien, die das Verhalten von Wechselrichtern festlegen und sich von Land zu Land unterscheiden. In Deutschland sind – da PV-Anlagen in der Regel ins Verteilnetz einspeisen – die Richtlinien mit der höchsten Relevanz die sogenannte BDEW Mittelspannungsrichtlinie für die Mittelspannungsebene und die VDE-AR-N 4105 für die Niederspannungsebene.

Um Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Netzfunktionen auszuschließen, können durch geeignete Parametrierungen die Netzfunktionen teilweise zeitlich entkoppelt werden. In Abbildung 22 ist der Zusammenhang zwischen Einflussfaktoren der Netzfunktionen und ihrer zeitlichen Wirkung aufgetragen.

Eine genaue Betrachtung der genauen Funktion und der Schutzziele von Netzfunktionen ist essentiell für eine zielgerichtete Parametrierung. Konflikte der Schutzziele wie bei der Inselnetzerkennung und der dynamischen Netzstützung sollten möglichst vermieden und eine gegenseitige Beeinflussung der Netzfunktionen ausgeschlossen werden.

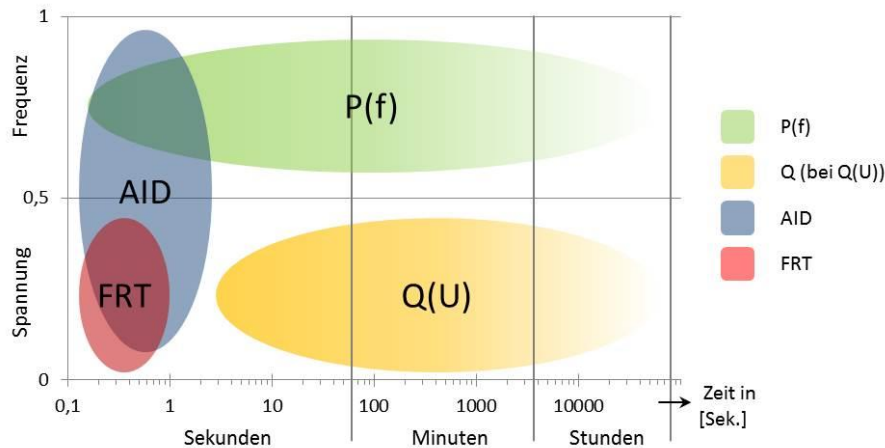


Abbildung 22: Einflussgrößen und zeitlicher Wirkungsbereich von Netzfunktionen

Figure 22: Parameters and temporal scope of ancillary services

Parameterization of PV inverters

Stefan Laudahn, M.Sc.

Due to requirements of the local distribution grid the range of functions for PV inverter has steadily increased during the recent years. Today, inverters have various functions to be parameterized. Since only the two output-variable active power and reactive power can be changed and only the voltage and frequency are available as input variables for the network functions for disposal, mutual interference are possible in principle.

Some essential network functions of inverters are:

- Static voltage support based on reactive power (e.g. $Q(U)$, $\cos \varphi(P)$)
- Islanding Detection
- (Restricted) dynamic grid support or Fault-Ride-Through
- frequency-dependent active power reduction ($P(f)$)

There are currently - especially internationally - a variety of standards and guidelines that define the behavior of inverters and differ from country to country. In Germany - as PV systems normally connected to the distribution grid- the guidelines with the highest relevance is the so-called BDEW Medium Voltage Directive for medium-voltage and the VDE-AR-N 4105 for the low-voltage level.

To eliminate interactions between various network functions, network functions can be partially decoupled in time by suitable parameterization. Figure 22 shows the relationship between influencing factors of network functions and also the time-domain of the functions.

A close look at the detailed function and the protection goals of network functions is essential for targeted parameterization.

Schwarzstartfähigkeit wechselrichtergeführter Inselnetze

Maria Nuschke, M.Eng.

Vor dem Hintergrund der sich wandelnden Energiebereitstellung stellen sich einige Fragen, deren Antworten noch nicht abschließend formuliert werden konnten. Wie wird sich die Netzinfrastruktur verändern? Wie stellen wir in Zukunft Regelenergie bereit? Wie werden Systemdienstleistungen organisiert, welche Kraftwerke erbringen sie? Ich beschäftige mich mit der Frage, wie Teilnetze oder gar das Verbundnetz wieder aufgebaut werden, wenn es einen Netzausfall gibt. Insbesondere werden wechselrichtergeführte Inselnetze untersucht.

Ich habe mich dieser Fragestellung zunächst mit einer Zwischenfrage genähert: Kann die Struktur des aufzubauenden Inselnetzes einen stabilen Betrieb gewährleisten? Dazu habe ich den Modellierungsansatz eines elektrischen Netzes gewählt, welcher für die Wechselrichtermodellierung nach ein Inselnetz mit beliebiger Struktur und veränderlichen Netzelementen als Strecke für Wechselrichter mit Statiken zur Spannungs- und Frequenzregelung aufbaut. Der Netzmodellierung wird hier die Graphentheorie zu Grunde gelegt, um mittels Inzidenz- und Admittanzmatrizen die Leistungsgleichungen zwischen zwei Netzknoten zu lösen. Weiter wird zusammen mit dem Zustandsraummodell von beliebig vielen Wechselrichtern ein Gesamtzustandsraummodell aufgestellt, welches aus den Wirk- und Blindleistungen an den Lasten unter Berücksichtigung der als konstant angenommenen Netzelemente und der in den Wechselrichtern implementierten Statiken die Potentiale und Phasenwinkel an den Lastknoten bestimmt. Dieses Modell eignet sich zum einen für Zeitsimulationen und zum anderen zur Stabilitätsanalyse auf Basis der Systemmatrix des Gesamtsystems. Der aufgezeigte Ansatz zur Betrachtung frequenzabhängiger Netzelemente wurde ausgeführt, um nicht nur die Wirkung des Netzes auf die Wechselrichter sondern auch umgekehrt die Wechselwirkung der Wechselrichter auf das Netz zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Zeitsimulation zeigen, dass beide Modelle auf den gleichen stationären Punkt zu laufen.

Im nächsten Schritt soll das Modell so erweitert werden, dass Schaltvorgänge nachgebildet werden können. Dazu werden sowohl ein Modell mit der Konfiguration vor dem Schaltvorgang als auch ein Modell nach dem Schalten erstellt und die Umschaltung in der Simulation durchgeführt, indem die Startwerte der Simulation nach dem Schaltvorgang auf die Zustandsgrößen vor dem Schaltvorgang gesetzt werden. Vor dem Schaltvorgang nicht vorhandene Zustände werden mit Null initialisiert. Mit diesem schaltbaren Modell ist es dann möglich, die Stabilität vor und nach dem Schaltvorgang anhand der Systemmatrizen der Gesamtmodelle zu untersuchen und Zeitsimulationen durchzuführen um anhand zu definierender Kennzahlen den Übergang in den neuen Arbeitspunkt zu bewerten.

Blackstart capability of inverter based islanding grids

Maria Nuschke, M.Eng.

There are some upcoming questions with the change of our energy deployment whose answers have not been formulated in conclusion. I deal with one of these questions: How can we rebuild electrical subnets or even the interconnected grid after a blackout? In particular Inverter based islanding grid are examined.

For this purpose one needs to know whether the structure ensures stable operation. Therefore I chose the modeling approach of an electrical network, which builds an islanding network with arbitrary structure and variable network elements as a control section for inverters with droop control for voltage and frequency. The network model is based on graph theory to solve the power equations between two network nodes by means of incidence and admittance matrices. The state space model with arbitrarily many inverters forms together with the network model an overall state space model which computes from active and reactive power flows from the loads in consideration of the implemented inverter droops and the grid elements assumed to be constant as result the potentials and phase angles of every load node. This model is suitable for time simulations and stability analysis based on the system matrix of the overall system. The approach of dynamic network elements was carried out to account not only the effect of the network on the inverter, but also, conversely, the interaction of the inverter to the grid. Results of the time simulation show that both models run out to the same stationary point. In the next step, the model should be extended for switching operations. This requires a model with the network configuration before and after the switching procedure. The initial conditions of the state space model after the switching procedure will be set to the steady states before the switching. Nonexistent states before switching will be initialized to zero for the model after the procedure.

3.2 Forschungsschwerpunkt Komponenten der Energieversorgung – Research Focus Advanced Components

Charakterisierung des Schaltverhaltens von IGBT-Modulen am Beispiel HGÜ-Stromrichter

Dipl.-Ing. Ole Binder

Die Anforderungen im Bereich Planung und Betrieb sicherer Energieversorgungssysteme sind gestiegen. Hierdurch ist der zunehmende Einsatz von Leistungselektronik zur gezielten Steuerung von Lastflüssen erforderlich. Als Anwendungsbeispiele seien Stromrichter im Verbund mit erneuerbaren Erzeugern, die Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) oder FACTS genannt. Seit 2010 kooperiert das elenia mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) auf dem Gebiet rückführbarer Messverfahren an Spannungszwischenkreis-Stromrichtern. Eine neu errichtete Prüfanlage (siehe Abbildung 23) wird zur Untersuchung des Schaltverhaltens von Leistungshalbleitern genutzt.

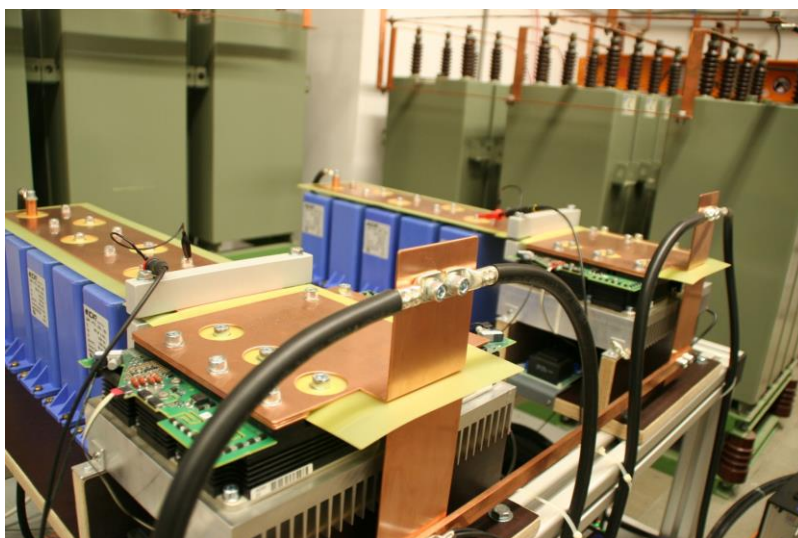


Abbildung 23: Modulare Multilevelkonverter-Module in der elenia-Prüfanlage. Elementare Komponenten sind Hochleistungs-IGBT-Module und Hochspannungskondensatoren.

Figure 23: Modular multilevel converter modules at elenia test field. Elementary components are high power IGBT modules and high voltage capacitors.

Im Fokus der Untersuchungen stehen das Schalt- und Verlustverhalten von Hochleistungs-IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors). IGBT-Module stellen in Stromrichtern und somit auch bei einer HGÜ ein bedeutendes Verlustelement dar und stellen durch ihre schnellen Schaltvorgänge besondere Anforderungen an eine präzise Messtechnik. Beispielsweise kann ein Zeitversatz in der Messung von Kollektorstrom und Kollektor-Emitter-Spannung einen signifikanten Fehler bei der Verlustbestimmung verursachen. Methoden zur Visualisierung und Kompensation derartiger Fehlerquellen wurden erarbeitet und veröffentlicht. Im Rahmen

des EU geförderten Forschungsprojekts *EMRP ENG07 Metrology for High-Voltage Direct Current* konnte die erste Stufe eines Referenzmesssystems präsentiert werden, das für die Optimierung des Wechselrichterbetriebs und das Vermeiden von IGBT-Verlusten eingesetzt werden kann.

Characterisation of IGBT switching behavior in the field of HVDC converters

Dipl.-Ing. Ole Binder

elenia and Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) cooperate in the field of traceable measurements on voltage source converters. A newly-built test bench (see Figure 23) is used to study the switching behavior of power semiconductors. In the focus of research at elenia are high power IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors) modules that make high demands on the measurement system due to the IGBT fast switching capability. For switching process, a time delay between electrical measured current and voltage signals can lead to a significant miscalculated power loss value. A digital transient recorder system with measuring heads connected via optical fibres is used to achieve galvanic isolation in the high volt DC test field. Solutions for time delay compensation at measurement system components were developed and published. In the framework of the research project *EMRP ENG07 Metrology for High-Voltage Direct Current* - funded by EU - the first stage of effective reference measurement system was presented. Its use facilitates optimized IGBT converter operation and the prediction of IGBT loss.

Anforderungen an Gleichstromsysteme für einen energieeffizienten Campus

Dipl.-Wirtsch.-Ing. MBA Benjamin Munzel

Am Beispiel des innerstädtischen Campus der TU Braunschweig wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „Energieeffizienter Campus: blueMAP TU Braunschweig“ beispielhaft Planungs- und Optimierungsmethoden zur Verbesserung der Energieeffizienz von Stadtquartieren entwickelt. Das Projekt startete im April 2012 und endete im September 2014. Der Start eines Folgeprojekts wird für April 2015 erwartet. Das interdisziplinär aufgestellte Team bestehend aus Bauingenieuren, Architekten, Psychologen, Städtebauplanern und Elektrotechnikern hat einen energetischen Masterplan entwickelt. Mit verschiedenen Maßnahmen kann der Primärenergieverbrauch des Campus bis 2020 um 40 % gesenkt werden. Die Vision 2050 sieht eine vollständig regenerative Energieversorgung vor.

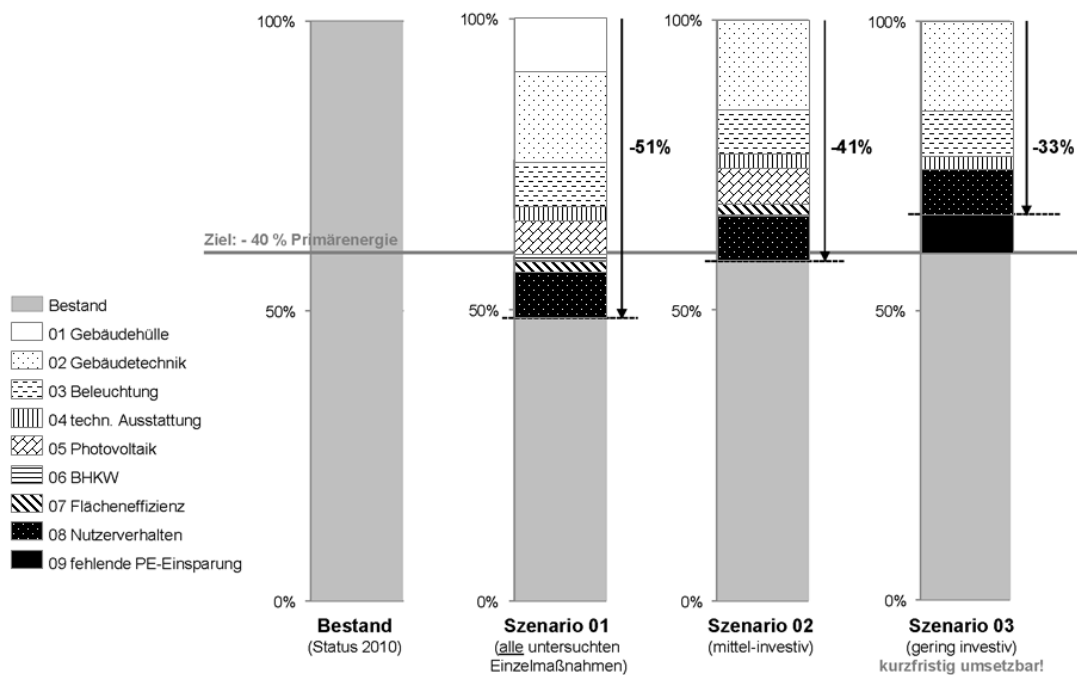


Abbildung 24: Maßnahmen zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs auf dem Campus
 Figure 24: Measures to reduce primary energy consumption on campus

Neben den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung und Solarenergie auf dem Campus hat das elenia gemeinsam mit dem Institut für Transportation Design der Hochschule für Bildende Künste das Potenzial für Elektromobilität auf dem Campus untersucht. Darüber hinaus wurde als Forschungsfeld die Versorgung von Gebäuden mit Gleichstrom (DC-Microgrids) identifiziert, um die Energieeffizienz zu verbessern. Im Rahmen einer Fallstudie wurde für ein Bürogebäude auf dem Campus ein Energieversorgungsmodell mit dezentralen Energieanlagen simuliert und ein DC-Netz fiktiv aufgebaut. Im Ergebnis kann die Gleichstromversorgung gegenüber der herkömmlichen Versorgung mit AC den Stromverbrauch um 16 % senken. Am elenia wird aktuell ein Büroraum mit drei Arbeitsplätzen auf eine Gleichstromversorgung mit zentralem Netzteil umgestellt. Die drei Notebooks und Bildschirme werden mit 19 V DC versorgt. Die einzelnen verlustreichen Netzteile können entfallen. Die Effizienzsteigerung durch die DC-Versorgung gegenüber der AC-Versorgung wird nun ermittelt.

Requirements for DC Grids on an Energy-Efficient Campus

Dipl.-Wirtsch.-Ing. MBA Benjamin Munzel

In the process of transferring the German energy system towards energy efficiency and renewable sources, rehabilitation is a key subject. From April 2012 until September 2014 the research project “Energy-efficient Campus: blueMAP TU Braunschweig” was carried out. Using the example of the university’s inner-city campus the project developed methods that

improve urban energy efficiency. Therefore an interdisciplinary team of researchers developed a master plan to reduce the energy consumption on campus by 40% until 2020. From 2050 on a completely regenerative energy supply of the campus should be implemented.

elenia's work package in the research project's context focused the integration of decentralized electricity and heat generators (photovoltaic, cogeneration units) as well as energy storage and electric vehicles. Furthermore, the direct current based electricity supply of buildings (DC microgrids) was identified as field for research. A case study revealed that a DC grid can reduce an office building's electricity consumption by 16 %. One elenia office space hosting three workplaces is currently switched to a DC supply. Three laptops and screens are directly supplied with 19 V DC making the respective, inefficient power supply units dispensable. The increase in efficiency is measured henceforward.

Schalten kleiner Gleichströme mit Schützen der Niederspannungstechnik

Dipl.-Ing. Hendrik Köpf

Technische Entwicklungen der letzten Zeit führten zu einem massiven Bedarf an Schaltgeräten für Gleichspannungsanwendungen im Bereich der Niederspannung bis 1500 V. Einsatzgebiete sind beispielsweise mobile Bordnetze von Elektrofahrzeugen. An Schaltgeräte für diese Einsatzgebiete werden besondere Anforderungen gestellt.

Systemspannungen von einigen 100 V und Nennströme von einigen 100 A werden in solchen Bordnetzen eingesetzt. Die Energieversorgung wird mit Hilfe hochleistungsfähiger Lithium-Ionen-Akkumulatoren erreicht. Im Fall eines elektrischen Kurzschlusses sind die Batterien dazu in der Lage Kurzschlussströme bis 9 kA zu erzeugen. Höhere bereitzustellende Leistungen werden zu Batteriesystemen mit kleineren Innenwiderständen und höheren Spannungen führen. Die technischen Anforderungen an Schaltgeräte für diese Systemkonfigurationen sind nicht klar definiert. Aus diesem Grund wurden die technischen Randparameter von Bordnetzen in vollelektrifizierten Fahrzeugen untersucht und kommerzielle Schaltgeräte geprüft.

Basierend auf den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass derzeit verfügbare Schaltgeräte für den Einsatz in automobilen Bordnetzen optimiert werden müssen. Abbildung 25 zeigt das Oszillogramm einer Prüfung der Stromtragfähigkeit im Fall eines Prüfstromes von prospektiv 4000 A.

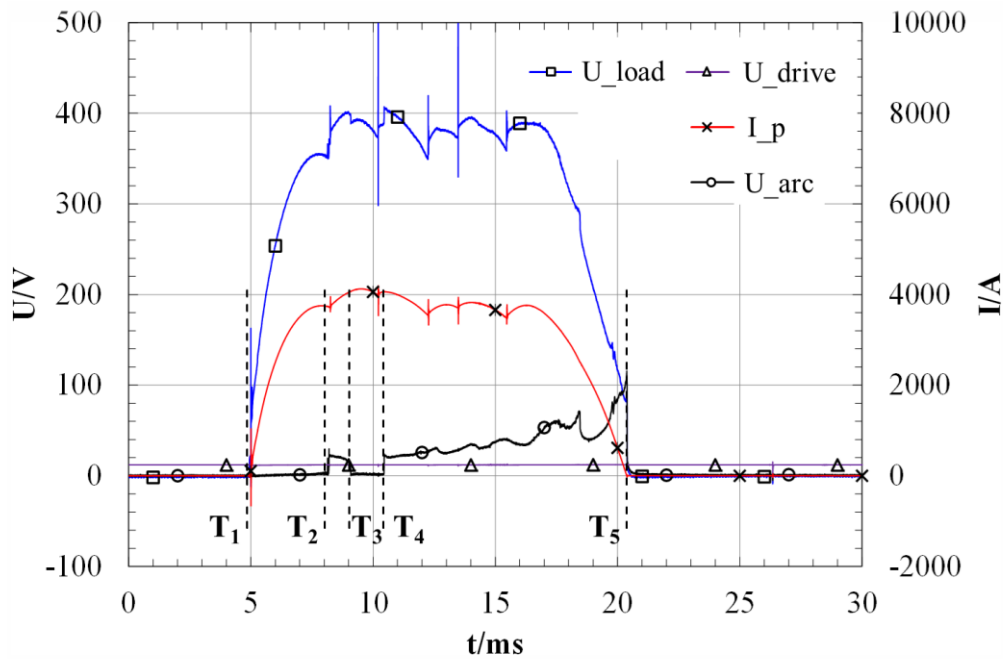


Abbildung 25: Oszillogramm eines Tests der Stromtragfähigkeit

Figure 25: Oscillogram of a test of the current carrying capacity of a switchgear

Im Zeitpunkt T_1 beginnt die Prüfung und der Prüfling wird mit einem Prüfstrom von 4 kA beaufschlagt. Im Augenblick T_2 werden die Kontakte des Prüflings aufgrund von elektrodynamischen Stromkräften geöffnet. Die daraufhin auftretenden Abhebelichtbögen brennen trotz kurzzeitiger Unterbrechung, zwischen T_3 und T_4 , bis zum Ende des Prüfzyklus im Augenblick T_5 unkontrolliert in der Schaltkammer.

Im Zuge der durchgeführten Untersuchungen konnten technische Randbedingungen definiert werden, mit Hilfe derer Schaltgerät Konfigurationen der Niederspannungstechnik untersucht werden. Abbildung 26 zeigt einen Ausschnitt einer Lichtbogenwanderung in einer Schaltkammer mit Doppelkontaktdanordnung.

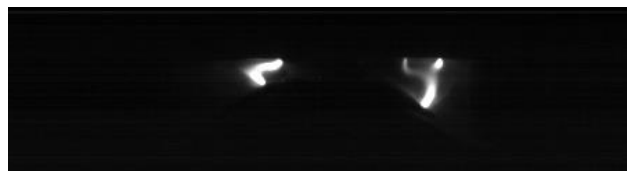


Abbildung 26: Lichtbogenwanderung in einer Modellschaltkammerkonfiguration

Figure 26: Arc wandering inside an investigative switching chamber configuration

Switching of small dc currents with low voltage contactors

Dipl.-Ing. Hendrik Köpf

The requirements for switchgear and protective devices for low-voltage direct current grids are technically sophisticated. A particular case is the automotive system of an electric vehicle. There are special demands considering volume, weight and power losses of the switchgear in the on-state. To ensure personal protection, it is necessary to control the system parameters in every operating condition. Therefore exemplary commercial switchgear has been researched for the application in an automotive powertrain.

To ensure personal protection it is necessary to control the system parameters in every operating condition. Applied switchgear and protective devices have to be able to break nominal currents and fault currents, establish galvanic separation and limit short circuit currents. The high power losses during such breaking processes need to be controlled. Switching devices have also been investigated considering their maximum current carrying capability. An Oscillogram of such a test is shown in Figure 25.

As a consequence of these investigations technical boundary conditions for switchgear for the application in an hv dc automotive powertrain could be defined. Now switchgear configuration are investigated based on these results.

Figure 26 shows the arc movement inside a double contact switching chamber configuration during a break process.

Experimentelle Untersuchung von innovativen Isolierstoffen in Schaltgeräten für den Einsatz in HV-Bordnetzen

Christoph Klosinski, M.Sc.

Gleichstromtechnik erfährt in den letzten Jahren ein erhöhtes Interesse aus der Wirtschaft und Politik. Besonders in den Einsatzbereichen Photovoltaik, DC-Microgrid, Rechenzentren oder besonders Elektrofahrzeugen in Form von mobilen DC-Bordnetzen herrscht massiver Bedarf an Schaltgeräten im Bereich der Niederspannung bis 1500 V. Innerhalb mobiler DC-Bordnetze werden Systemspannungen von mehreren 100 V und Nennströme von einigen 100 A eingesetzt. Die zur Energieversorgung eingesetzten Lithium-Ionen-Akkumulatoren sind in der Lage Kurzschlussströme von einigen kA zu erzeugen. Aus diesem Grund werden Schaltgeräte in HV-Bordnetzen eingesetzt.

Im Hinblick einer optimalen Raumnutzung sind die Anforderungen an die Schaltgeräte in Elektrofahrzeugen jedoch sehr hoch. Ein wesentlicher Punkt ist hierbei die Auslegung der Schaltkammer.

Geringe Schaltkammervolumina, geringes Gewicht und eine hohe Anforderung an die elektrische Isolation werden seitens der Fahrzeughersteller gefordert. Bedingt durch die hohen Anforderungen werden neu entwickelte bzw. weiterentwickelte Materialien in kompakten Schaltgeräten eingesetzt. Diese neuartigen Materialien sind auf ihre Tauglichkeit, bezüglich der Oberflächenwiderstände, des Volumenabbrandes und der Oberflächenscans im Hinblick auf aktuelle sowie zukünftige Anwendungen zu untersuchen sowie zu beurteilen.

In Abbildung 27 ist ein CAD-Modell einer Anpassung von Herrn Dr. von Döhlen entwickelten Prüfaufbaus dargestellt.

Um gleichbleibende Prüfbedingungen sicherzustellen, muss die Position des Prüflings in Bezug auf den Prüfaufbau, bestehend aus den Laufschiene, den Abbrandelektroden und den Schaltkammerwänden, stets unverändert bleiben. Der Prüfling wird deshalb mit Hilfe von Einspannungen fixiert. Der Schaltlichtbogen entsteht durch das Zünden eines dünnen Drahtes, welcher zwischen den Abbrandelektroden eingespannt ist. Nach der Zündung wandert der Lichtbogen in Richtung des Prüflings. Dort angekommen, brennt der Schaltlichtbogen bis zur Zwangsabschaltung der Prüfeinrichtung am Prüfling. Durch die Wechselwirkung des Lichtbogens mit dem Isoliermaterial wird die Oberfläche des Prüflings verändert (Abbildung 28). Nach den Prüfungen wird das Abbrandvolumen, welches von der Prüflingsoberfläche entfernt wurde, durch Oberflächen- und Gewichtsanalysen bestimmt. Zusätzlich wird im Laufe der Prüfungen der Oberflächenwiderstand des Prüflings ermittelt.

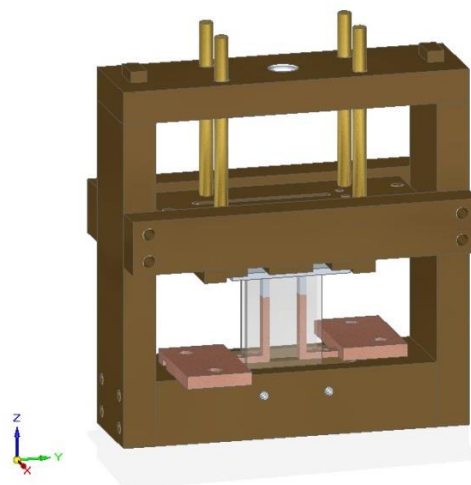


Abbildung 27: Prüfaufbau zur Untersuchung von Isolierstoffen

Figure 27: Testing arrangement for the investigation of insulating materials

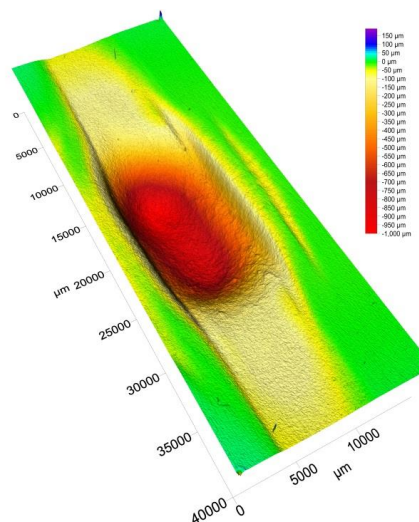


Abbildung 28: Oberflächenscan eines Prüflings

Figure 28: Surface scan of test sample

Experimental investigation of insulating materials in HV-powertrain switchgear

Christoph Klosinski, M.Sc.

Direct current technology becomes more and more important for political and economical reasons. Especially in electrical vehicles the hv dc powertrain requires low-voltage switchgear and protective devices. Within the dc power train electrical failures can cause high short circuit currents of several kA. Hence, the electrical requirements for low-voltage switchgear are very high. One important component for switchgear is the switching chamber. Limited chamber volume, weight and high requirements for electric insulation are requested by the manufacturers of electrical vehicles. Therefore newly developed or enhanced insulating materials are used in switchgear. These materials have to be examined for their suitability for current and future applications. Figure 27 shows a configuration for experimental research. The configuration contains the test object and a mounting for the device under test (DUT). Inside the model a switching arc is ignited using a thin wire. The picture in Figure 28 shows the surface of a tested insulation test device after several burning events by switching arcs. Burn-off volume and surface resistance are additionally determined for the investigations to prove the applicability.

Theoretische Untersuchungen zum Verhalten von Funkenstreckenableitern bei Stoßstrombelastung am Netz

Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp

Eine Funkenstrecke dient zum Schutz elektrischer und elektronischer Geräte vor Überspannungen. Für Untersuchungen an Funkenstreckenableitern ist eine hinreichende Nachbildung der realen Umgebung notwendig. In einer Prüfung nach der IEC 61643-11 wird hierfür ein Stoßstromimpuls parallel zu einem Netztransformator auf eine Funkenstrecke geschaltet. Von besonderer Bedeutung ist bei dieser Untersuchung der Phasenwinkel der Netzspannung zu dem Zeitpunkt an dem der Stoßstrom auf die Strecke heraufgeschaltet wird.

In theoretischen Untersuchungen wurden die verschiedenen Winkel untersucht, bei denen auch in der Praxis erhöhte Anforderungen auftreten. Es wurde ein elementares Ersatzschaltbild entwickelt welches eine getrennte Analyse der verschiedenen Ströme und Spannungen zulässt.

Bei einem Phasenwinkel von 90° tritt eine vergleichbar schnelle Löschung des Plasmas im Ableiter auf. Bei einem auftretenden Stoßstrom wird die Funkenstrecke leitenden und es kommt bei diesem Winkel zu einem linear ansteigenden Strom aus dem Transformator. Weiterhin wird ein Teil eines angenommenen idealen rechteckigen Stoßstromes in der Induktivität des Transformators gespeichert, diese treibt nach dem Ereignis einen negativen Strom.

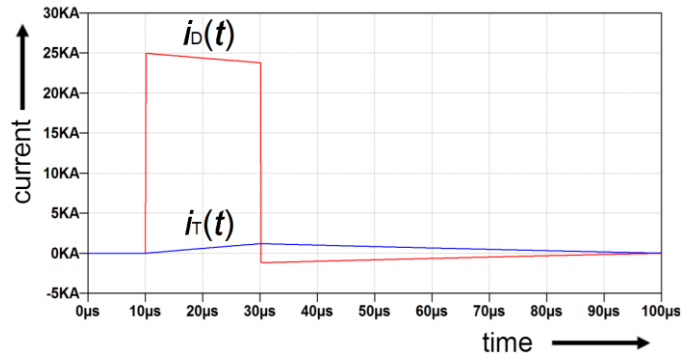


Abbildung 29: Strom im Ableitermodell ($i_D(t)$) und im Transformatormodell ($i_T(t)$); $\varphi_s = 90^\circ$

Figure 29: Current in the arrester model ($i_D(t)$) and in the transformer model ($i_T(t)$); $\varphi_s = 90^\circ$

Bei einer Überlagerung (Abbildung 29) kommt es dadurch zu einem schnellen Stromnulldurchgang welches die Löschung des Ableiters begünstigt.

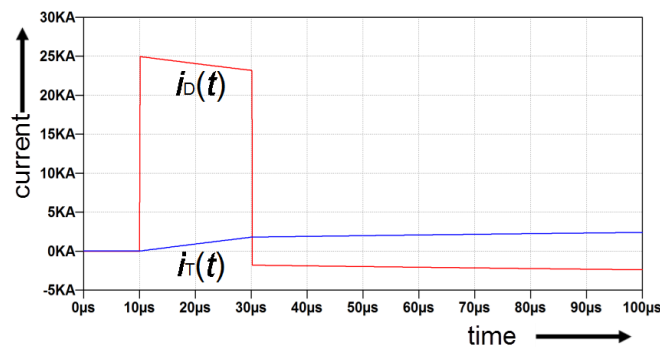


Abbildung 30: Strom im Ableitermodell ($i_D(t)$) und im Transformatormodell ($i_T(t)$); $\varphi_s = 270^\circ$

Figure 30: Current in the arrester model ($i_D(t)$) and in the transformer model ($i_T(t)$); $\varphi_s = 270^\circ$

Bei einem Phasenwinkel von 270° ist eine Löschung des Ableiters schwieriger. Durch einen nun linear abfallenden Strom aus dem Transformator überlagern sich die beiden Kurven zu einem schnell ansteigenden negativen Strom im Ableiter. Dies führt zu schwierigeren Bedingungen im Ableiter verglichen mit der Simulation bei einem Winkel mit 90° . Diese Simulationen werden in den kommenden Monaten praktisch im über-

arbeiteten Blitzstromlabor untersucht. Das Labor besitzt für diese Untersuchungen drei 130 kVA Transformatoren und einen Stoßstromgenerator ($8/20 \mu s$, 25 kA) welche über ein digitale Ablaufsteuerung die notwendigen Versuchsparameter ansteuern kann.

Theoretical investigations on the behaviour of spark gap technology based arresters connected with the power distribution network during surge current

Dipl.-Ing. Tobias Hartmut Kopp

A surge protection device based on spark gap technology is used for the protecting of electric and electronic devices due to overvoltage. Therefore it is necessary to emulate the real environment of a spark gap. In a defined test environment described in the IEC 61643-11 a surge impulse will be injected parallel to a transformer into the device under test. For this kind of

application it is important to inject the impulse current at a defined phase angle φ_s of the line voltage. The phase angle is an important parameter of the investigations with spark gap technology based arresters.

In a theoretical approach different phase angles were investigated in which the arrester is under difficult conditions. A basic equivalent circuit was developed to show separately the interactions of different currents and voltages. At a phase angle of 90° an in comparison a fast extinction of the plasma is possible. With an occurring surge the arrester gets conductive and due to the phase angle a linear rising current is injected into the circuit. Furthermore a part of the assumed test impulse current (square wave signal) is stored in the inductance of the transformer. This will drive after the occurring impulse current a negative current. In a superposition (Figure 29) this behavior will lead to a fast current zero crossing, which can be interpreted under special conditions as a successful extinction of the electric arc.

At a phase angle of 270° plasma extinction in the arrester is under more difficult conditions. The linear decreasing current from the transformer and the stored magnetic energy as a result of the test impulse current, leads combined to a fast increasing negative current. A zero crossing is not forced. In comparison with a phase angle of 90° the angle 270° is the more challenging angle.

These simulations will be investigated practical in the improved lightning protection laboratory. In this laboratory three 130 kVA transformers and a surge current generator ($8/20 \mu\text{s}$, 25 kA) is installed which can be controlled by a digital sequencer.

Simulationen zum Plasmaverhalten bei Stoßstrombelastung

Tobias Runge, M.Sc.

Die atmosphärischen Bedingungen und der weitere Netzausbau machen es nötig Geräte und Anlagen in der Industrietechnik sowie auch des Eigenheims vor den Auswirkungen von Fehlerfällen im Netz zu schützen. Fehler können der direkte Blitzeinschlag in das Umfeld der zu schützenden Anlage aber auch der indirekte Blitzeinschlag in entfernte Netze sein. Weitere Fehlerfälle mit resultierenden Stoßströmen können Schaltheandlungen im Netz sein.

Zum Schutz der Anlagen werden sogenannte Blitzstromableiter basierend auf der Funkenstreckentechnologie in die Netzstruktur integriert. Diese schützen die Anlage zum einen vor hohen Stoßstrombelastungen und zum anderen vor Blitzstrombelastungen.

In der Funkenstrecke wird bei anliegender Stoßspannung ein Plasma zwischen zwei Elektroden gezündet. Aufgrund des niederohmigen Plasmas wird der Stoßstrom zur Erde abgeleitet und das nachgeschaltete elektrische Gerät geschützt. Durch den geringen Widerstand breitet sich ein hoher Netzfolgestrom aus. Durch diesen Strom von bis zu mehreren kiloAmpere wird die Sicherung ausgelöst. Damit die Sicherung des Systems nicht auslöst, ist es erforderlich

diesen Netzfolgestrom zu begrenzen. Eine Methode zur Begrenzung des Netzfolgestromes ist das Plasma zwischen gasenden Wänden einzuengen und somit zu kühlen.

Zum besseren Verständnis der Vorgänge im Plasma und um die Eigenschaften des Plasmas zu berechnen, werden am elenia Simulationen entwickelt. Das hierfür verwendete Schema ist in der Abbildung 31 zu sehen. Hierbei werden die Eigenschaften des Plasmas iterativ aus den Werten des vorherigen Zeitschrittes berechnet.

Mit Hilfe des aus den Energiesenk- und Quelltermen entstehendem Temperaturgradienten und des von den Masseflüssen abhängigen Massegradienten kann die Temperatur und Masse für den nächsten Zeitschritt berechnet werden. Diese beiden Größen geben Aufschluss über den Druck. Aus dem Druck und der Temperatur können weitere Eigenschaften, wie zum Beispiel die elektrische Leitfähigkeit ermittelt werden. Mit Hilfe der el. Leitfähigkeit und der Verwendung eines Ersatzschaltbildes (ESB) des Stoßstromgenerators kann der Strom durch das Plasma und die abfallende Spannung berechnet und mit Messergebnissen verglichen werden.

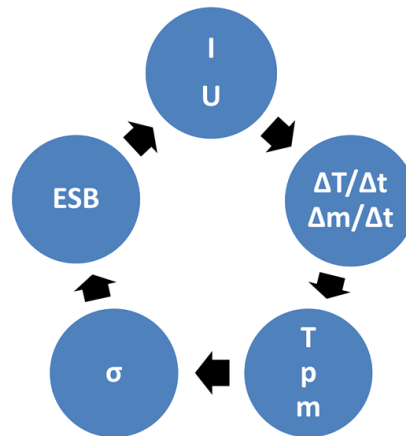


Abbildung 31: Berechnungsschema

Figure 31: Calculation procedure

Simulations of the plasma behaviour at short time currents

Tobias Runge, M.Sc.

Because of the atmospheric conditions and the expansion of the grid it is necessary to protect the electrical facilities in the industry and at home from faults in the grid. Possible faults are currents resulting from switching or lightning impacts.

Surge protection devices (SPD) are used to protect the facilities. The SPD's are based on spark gap technology, in which an arc is ignited. Because of the low impedance of the arc the current can be divert and the facilities are protected.

To get a better basic concept, a simulation of the plasma behavior and properties will be developed at the elenia. The calculation procedure is shown in Figure 31. The attributes of the plasma are calculated iteratively, as the temperature gradient, which is calculated through the energy loss and energy gain.

These results can be compared to the experimental measurements.

Aufbau eines Vakuum-Versuchsschalters für große Kontakthübe

Benjamin Kühn, M.Sc.

Schalthandlungen sind zum einen aus Gründen der Sicherheit (Fehlerunterbrechung) und zum anderen aus rein praktischen Gründen (Zuschalten von Betriebsmitteln) in allen Netzspannungsebenen notwendig. In höheren Spannungsbereichen ist ein Schalten mit dem Löschmedium Luft aufgrund der geringen Isolationswirkung unwirtschaftlich. Um die hohen Spannungen dennoch beherrschen zu können, werden gekapselte Schaltkammern mit Isoliergasen verwendet. Ein gängiges Isoliergas ist Schwefelhexafluorid (SF₆). Durch eine hohe Spannungsfestigkeit und eine gute Kühlwirkung bei Schaltlichtbögen lassen sich mit SF₆-Schaltern auch große Ströme in Hochspannungsnetzen schalten. Ein wesentlicher Nachteil an diesem Gas ist seine umweltschädigende Wirkung, weshalb nach Alternativen gesucht wird. In Spannungsebenen bis 40 kV zeigt das Vakuum als Isoliermedium ebenfalls gute Eigenschaften. Ein nahezu verschleißfreier Betrieb der Vakuumschaltkammern hat in Kombination mit ihrer Umweltverträglichkeit dazu geführt, dass SF₆-Schalter mittlerweile nur noch in Netzspannungsebenen oberhalb von 40 kV eingesetzt werden. Die Entwicklung von kommerziell einsetzbaren Vakuumschaltern im Hochspannungsnetz ist bisher nicht gelungen. Der Grund hierfür ist die aus der höheren Spannung resultierende Erhöhung des Schalthubs. Zum einen sinkt die Zunahme der Durchschlagsfestigkeit von Vakuum bei höheren Schalthüben (Abbildung 32). Zum anderen besteht ein unzureichendes Wissen über die physikalischen Vorgänge bei großen Schalthüben. In elenia werden diese Fragestellungen im Rahmen einer neuen Promotionsstelle untersucht.

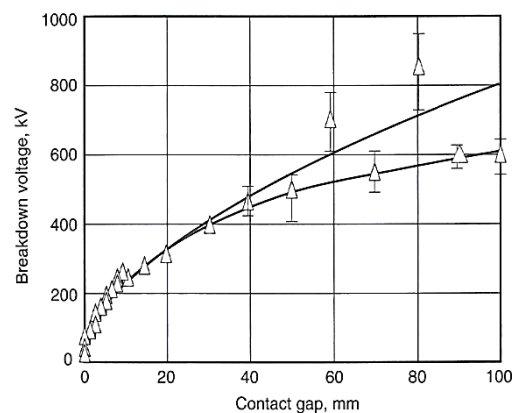


Abbildung 32: Durchschlagsfestigkeit von Vakuum bei unterschiedlichen Schalthüben
 Figure 32: Breakdown voltage of vacuum at different contact travels

Hierzu ist ein geeigneter Versuchsschalter zu konstruieren. Neben zahlreichen Mess- und Beobachtungszugängen muss dieser Schalter den eingestellten Schalthub innerhalb von 10 ms erreichen. Darüber hinaus muss der Schalter innerhalb von wenigen ms auf Steuersignale reagieren und darf nur geringe Toleranzen bezüglich seines Schaltweges aufweisen.

Nach dem Entwicklungsprozess wird der Versuchsschalter von der institutseigenen Feinmechanik-Werkstatt gefertigt und aufgebaut.

Construction of a vacuum-test-interrupter for large contact travels

Benjamin Kühn, M.Sc.

Switching operations are conducted in the electrical grid at several different voltages every day. On one hand they are necessary for security operations (error interruption) and on the other for purely practical operations (switching of electrical systems). In higher voltage ranges (> 40 kV) it is not economical to switch in air, due to the low isolation capability of air. To be able to handle switching processes in higher voltages ranges, encapsulated interrupters in combination with insulating gases are used. A common insulating gas is sulfur hexafluoride (SF₆). Good insulation properties combined with a special cooling effect for switching arcs make SF₆-interrupters usable for large currents at high-voltages. A major disadvantage of this gas is its negative environmental impact, thus alternatives are sought. In voltage levels up to 40 kV vacuum-insulation shows good properties. Vacuum interrupters operate almost wear-free and are environmentally-friendly. Because of this fact, SF₆-switches operate today only in voltage ranges above 40 kV (high voltage network). The development of commercially usable vacuum interrupters in the high voltage network has not succeeded yet. The main reason for this is due to the longer distance of the contact. On one hand the insulation capability of vacuum does not increase linearly with increasing contact distance (Figure 32). On the other there is a lack of knowledge about the physical processes during high contact travels. In a new research field those properties are investigated.

For further investigation a suitable test vacuum interrupter has to be constructed. This interrupter must work quickly (switching in 10 ms) and accurately. This test vacuum interrupter will be manufactured by the institute's own precision engineering workshop.

Kalibrierung einer Thermografiekamera zur Messung der Temperatur von Schaltkontaktoberflächen im Ultrahochvakuum

Tobias Pieniak, M.Sc.

Vakuumschaltkammern besitzen eine hohe Schaltspielzahl und Zuverlässigkeit. Sie werden zunehmend verwendet um die weltweite große Anzahl der Schaltanlagen mit dem Treibhausgas SF₆ zu ersetzen. Um die Effizienz von Vakuumschaltern zu steigern besteht jedoch weiterhin ein hoher Forschungsbedarf. Das Ziel dieser Forschungsarbeit ist, die Temperatur der geschmolzenen Fußpunkte des kontrahierten Metaldampfbogens auf der Oberfläche von Schaltkontakten zu analysieren. Diese Temperatur wird mit einer Thermografiekamera während eines Ausschaltvorgangs gemessen. Die Kenntnis dieser ermöglicht komplexere und genauere Simulationsmodelle von Vakuumschaltern und liefert Aussagen über die Wiederverfestigung der Schaltstrecke.

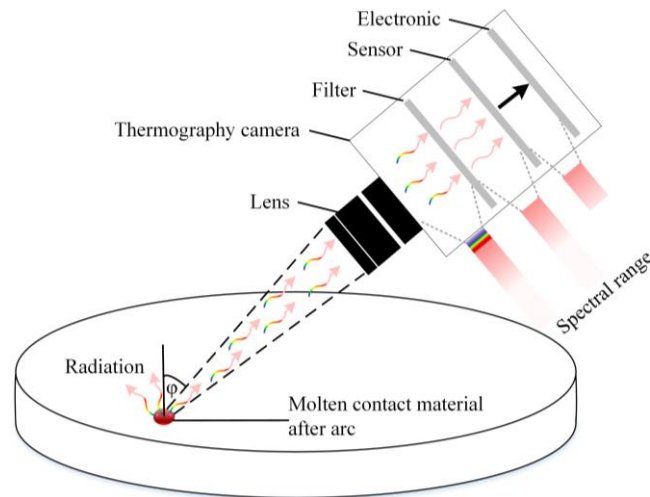


Abbildung 33: Temperaturmessung der geschmolzenen Bogenfußpunkte mit einer Thermografiekamera
 Figure 33: Schematic figure of the measuring principle

Die Untersuchung mit der Thermografiekamera erfolgt unter einen Betrachtungswinkel ϕ zur Oberfläche des betrachteten Vakuumschaltkontaktes (siehe Abbildung 33). Die Kamera registriert und integriert dabei die eintreffende Strahlung in einem schmalen Wellenlängenbereich (Prinzip: Bandstrahlpyrometer). Die eintreffende Strahldichte ist proportional zur Temperatur. Verschiedene Materialien strahlen bei gleicher Temperatur mit unterschiedlicher Strahldichte ab. Dieses Verhalten wird mit dem Emissionskoeffizient ϵ beschrieben (siehe Abbildung 34).

Zur Kalibrierung der Thermografiekamera muss der Emissionskoeffizient ϵ des Kontaktmaterials bestimmt werden. Für diese Herausforderung wurde ein zusätzlicher Messaufbau entwickelt (siehe Abbildung 35). Die wesentlichen Komponenten und deren Anforderungen sind ein Vakuumrezipient (Vakuumbedingungen zur Vermeidung von Oxidation), ein Graphittiegel (Behälter für das geschmolzene Material), eine Induktionsspule (als Heizquelle für die Schmelze) und eine mechanische Vorrichtung zur Einstellung des Betrachtungswinkels. Mit der gemessenen Strahldichte des geschmolzenen

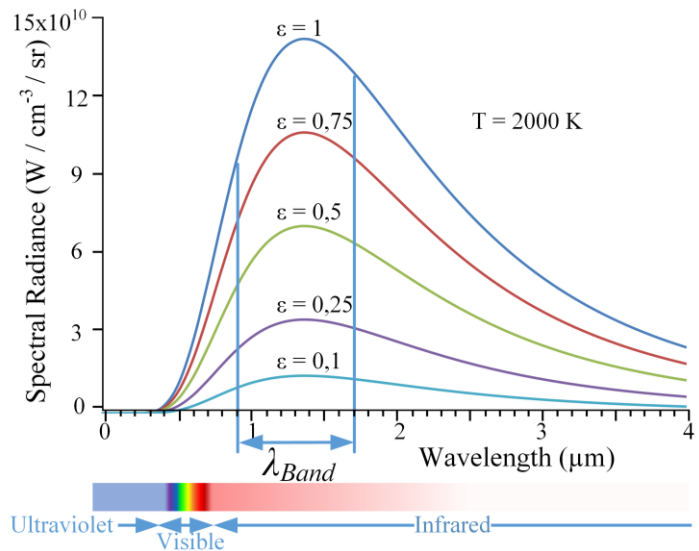


Abbildung 34: Spektrale Strahldichte als Funktion der Wellenlänge mit unterschiedlichen Emissionskoeffizienten bei $T = 2000 K$

Figure 34: Spectral radiance as a function of wavelength

Materials und der gemessenen Strahldichte eines Referenzstrahlers (zusätzliche Bohrung im Graphittiegel) bei gleich verteilter Temperatur im Tiegel, wird der Emissionskoeffizient ε des Materials bestimmt. Nach dieser Kalibrierung der Thermografiekamera, kann diese für Messungen an den Spiralkontakten eingesetzt und die Temperatur der geschmolzenen Fußpunkte des Metalldampfbogens gemessen werden.

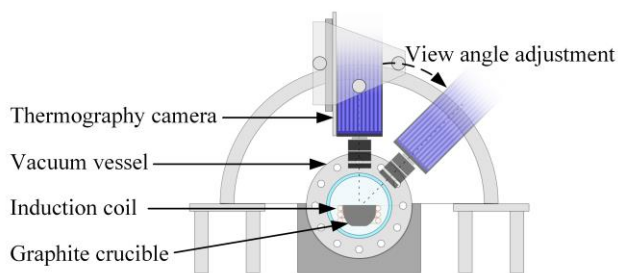


Abbildung 35: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zur Kalibrierung der Thermografiekamera

Figure 35: Experimental setup to calibrate the thermography camera

Calibration of a thermography-camera to measure the temperature of molten surface of TMF-contacts in ultra-high vacuum

Tobias Pieniak, M.Sc.

Due to the importance of vacuum interrupters in today's power supply industry it is necessary to go on investigating this switching devices. The main focus of this research project is to measure the temperature of the contact surface of TMF-contacts with a thermography-camera. Figure 33 shows the measuring principle. Under a viewing-angle φ it's possible to examine the switching procedure of the (molten) contact-surface after arc.

Figure 34 shows the behavior of the radiance of different bodies having different emission coefficients ε with the same temperature. To be able to measure temperatures accurately with a thermography-camera, it is necessary to determinate the emission coefficient of the investigated material and thus to calibrate the camera.

Figure 35 shows the experimental setup with the main components. The vacuum recipient serves to maintain the vacuum condition to avoid oxidation. The induction coil induces enough heat into a probe to ensure a stable liquid phase. A graphite crucible is used as a vessel for the melt and temperature as reference (via bores). The experimental setup is pivot-mounted so that the angle dependence of the radiate characteristics can be investigated.

After calibration, the camera can be used for temperature measurement of the molten contact material after arc.

Aufbau einer Teilentladungs-Prüfeinrichtung für hohe Temperaturen

Dipl.-Ing. Nicholas Hill

Die elektrische Langzeitfestigkeit, besonders von Feststoffen, kann durch gashaltige Einschlüsse, sogenannte Hohlräume, stark verringert werden. Daher ist es wichtig zu bestimmen

ob und in welchem Maße Einschlüsse vorliegen und ob die Betriebsspannung zu einer Spannung (Zündspannung) innerhalb der Hohlräume führt, die ausreicht um eine Entladung im Hohlraum zu zünden. Eine solche Entladung wird als Teilentladung bezeichnet. Die im Hohlraum bei einer Entladung umgesetzte Ladung ist nicht direkt messbar ohne Kenntnis des Ortes der Fehlstelle, daher wird die scheinbare Ladung gemessen und zur Charakterisierung des Zustandes des Isolierstoffes verwendet.

Die Zündspannung im Hohlraum ist unter anderem von dessen Form, Ort, dem Isolierstoff und dem eingeschlossenen Medium abhängig. Aus diesen Größen ergibt sich eine elektrische Feldverteilung die zu einer hohen Konzentration der elektrischen Feldlinien im Hohlraum führen kann. Dadurch wird der Hohlraum elektrisch stärker belastet und besitzt zusätzlich meist eine geringere elektrische Festigkeit. Die Materialeigenschaften der Isolierstoffe ändern sich in verschiedener Stärke mit der Temperatur, wobei sich bei Änderung der relativen Permittivität auch die elektrische Feldverteilung ändert. Je nach Art der Abhängigkeit der relativen Permittivität von der Temperatur kann dies zu einer Verstärkung oder Schwächung der elektrischen Feldstärke im Hohlraum führen und damit zu einer Veränderung der Zündspannung.



Abbildung 36: Wärmeofen mit Durchführung
Figure 36: Temperature-oven with bushing

Da oftmals bei Prüfungen auf Teilentladungen in einem Isolierstoffe nicht alle Temperaturen, die im Betrieb vorkommen können, geprüft werden ist es sinnvoll zu untersuchen, wie sich die Einsatz- und Aussetzspannung in Abhängigkeit von der Temperatur verändern.

Um eine Teilentladungs-Messung bei unterschiedlichen Temperaturen durchführen zu können muss, je nach Prüfling, eine Hochspannung am Prüfling ange-

legt werden können, während dieser sich bei der gewünschten Temperatur befindet. Daher wurde ein Wärmeofen angepasst, siehe Abbildung 36, bei dem unterschiedliche Temperaturen eingestellt werden können, sodass im gesamten Messzeitraum Spannung angelegt werden kann, ohne dass Teilentladungen entstehen. Dafür war es notwendig eine Durchführung auszuliegen, die teilentladungsfrei (keine Ladungen $> 1 \text{ pC}$) bis zu einer gewissen Spannung ist. Gleichzeitig soll die Temperatur im Ofen möglichst konstant gehalten werden, was erfordert, dass die Durchführung nur einen geringen Wärmetransport aus dem Inneren des Wärmeofens nach außen aufweist. Die Charakterisierung des Wärmeofens hat gezeigt, dass dieser mindestens bis zu einer Effektivwertspannung von 10 kV teilentladungsfrei bei einer Innentemperatur von 150°C betrieben werden kann.

Construction of an partial discharges testing setup for high temperatures

Dipl.-Ing. Nicholas Hill

The electrical withstand capability, especially of solid insulators, can be strongly degraded by gas-filled cavities. Therefore it is important to determine if and to which degree cavities are present and if the applied voltage leads to a voltage (Inception voltage) over the cavities which is high enough to allow for a discharge in the cavity. Such a discharge is called partial discharge. The transferred charge in such cavities cannot be directly measured without knowledge of the location of the defects. Therefore the apparent charge is measured and used for characterization of the state of the insulation material.

The inception voltage of a cavity is, among other things, dependent of shape and location of the cavity, as well as of the insulation material and the encapsulated material. Through these quantities the electrical field distribution is defined and can lead to a high concentration of electrical field lines in the cavity. Thus the cavity is electrically under higher stress and usually features the lower electrical withstand capability. The material properties have different dependencies concerning temperature and with relative permittivity the electrical field distribution changes. This can lead to an in- or decrease of the electrical field strength in the cavity according to the dependency of the relative permittivity to the temperature. This also leads to a change of the inception voltage.

In order to be able to conduct partial discharge measurements at different temperatures a high voltage, depending on the device under test, has to be applied while the device is at a given temperature. Thus a heating furnace was adapted, see the picture above, which allows for different temperature settings, while high voltage is applied, without occurrence of partial discharges. The characterization of the heating furnace showed, that a rms-voltage of up to 10 kV can be applied at a device in the furnace at 150 °C without occurrence of partial discharges.

Anpassung eines Kryostaten hinsichtlich Teilentladungsfreiheit

Dipl.-Ing. Nicholas Hill

Seitdem Hochtemperatursupraleiter (HTSL) in einer steigenden Anzahl von Pilotprojekten Anwendung finden, steigt das Interesse an wirtschaftlichen und kostengünstigen elektrischen Tieftemperatur-Isolationen. Um Supraleiter verwenden zu können müssen diese gekühlt werden, wobei es sich anbietet, das Kühlmedium ebenfalls als Isoliermedium zu verwenden. Dafür kann flüssiger Stickstoff (LN2) verwendet werden, da dessen Siedetemperatur bei Normaldruck mit etwa 77 K unterhalb der Sprungtemperatur von HTSL (ca. 90 K) liegt. Um die Isolationsfähigkeiten von LN2 charakterisieren zu können, werden Durchschlagversuche in LN2-gefüllten Kryostaten an Modellanordnungen durchgeführt.



Abbildung 37: Kryostat mit Durchführung
Figure 37: Cryostat with bushing

An diesen Modellanordnungen werden verschiedene elektrische Untersuchungen, wie z.B. Messungen von Strömen im μA -Bereich durchgeführt. Dabei können durch Teilentladungen Störungen entstehen, die die gewünschten Signale überlagern. Daher ist ein möglichst geringer Störpegel eines Prüfaufbaus nötig.

Daher wurde der Aufbau, bestehend aus Prüfspannungserzeugung, Kryostaten mit Rogowski-Profil-Elektroden und Messaufbau, hinsichtlich der Reduzierung von Teilentladungen optimiert. Es konnten Teilentladungsquellen anhand typischer Muster klassifiziert und identifiziert werden. Aufbauend auf den Erkenntnissen wurden Möglichkeiten zur Verringerung der Teilentladungen entwickelt und bewertet, sowie erste Maßnahmen zur Optimierung des Aufbaus getroffen. Eine metallische Schirmung zur Reduzierung der elektrischen Feldstärken am Kryostat-Deckel wird simulatorisch und konstruktiv ausgelegt und gefertigt werden.

Adjustments of a cryostat to prevent partial discharges

Dipl.-Ing. Nicholas Hill

Since high temperature superconductors (HTSL) are used in an increasing number of pilot projects, the interest in economically and cost-efficient electrical low temperature insulation is rising. To be able to have a working superconductor, it has to be cooled, thereby it is advisable to use the coolant as insulation as well. For insulation liquid nitrogen (LN₂) can be used because its boiling point is 77 K and thus lower than the critical temperature of the HTSL (90 K). To be able to characterize the electrical insulation capabilities of LN₂, breakdown withstand tests are conducted in a liquid-nitrogen-filled cryostat with model arrangements.

Different electrical measurements are done with these model arrangements, for example measurements of currents in the range of μA . Disturbances, such as partial discharges, which can mask the wanted signals. Thus a low disturbance level is required.

Hence a test setup, consisting of the voltage generation circuit, cryostat with rogowski-shaped-electrodes and measuring circuit, was optimized in order to reduce occurrence of partial discharges. Partial discharge origins were identified by their characteristic patterns. Applying these results possible solutions to reduce partial discharges were developed ranked and first measures for optimization were done. A metallic shielding to minimize the local electric field strength at the cryostat upper shell will be designed, by constructive and simulative means, and manufactured.

Einsatzmöglichkeiten für Hochtemperatur-Supraleiter-Kabel in ländlichen Verteilnetzen

Dr.-Ing. Nasser Hemdan

Die Integration der erneuerbaren Energien in das Versorgungsnetz stellt eine der wichtigsten Schlüsselthemen der Energiewende in der deutschen Energiebranche dar. Verschiedene neue Technologien wie HVDC-Netze, Hochtemperatur-Supraleiter-(HTS)-Kabel oder Wasserstoffproduktion können hier wichtige Impulse liefern. Aufbauend auf den bisherigen Erfahrungen mit HTS-Komponenten wurde am Institut eine Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von HTS-Kabeln durchgeführt.

Die veröffentlichte Studie stellt eine Untersuchung basierend auf Zeitreihen von einem realen MS-Netz mit integrierten Hochtemperatur-Supraleitern (HTS) dar. Die Studie berücksichtigt die Auswirkungen der Schwankungen der erneuerbaren Energiequellen und Lastprofile auf den Betrieb von HTS-Kabeln in Verteilernetzen. Dabei erfolgt der Vergleich zur aktuellen Kabel- und Freileitungstechnik. Die Analysen berücksichtigen die Erzeugung- und Lastsituation für verschiedene Zeithorizonte, wie heute, 2030 und 2050. Die Ergebnisse umfassen die Spannungsverteilung an allen Knoten des Netzes, die HTS-Kabel- und MS-Kabel-Auslastung sowie die Gesamtenergieverluste aufgeteilt auf HTS- und herkömmliche Kabel. Die Er-

gebnisse zeigen, dass die Zeitreihenanalyse einen guten Überblick über die Auswirkungen der Integration der HTS-Kabel in die Verteilnetze bietet. Von besonderer Bedeutung ist die Berücksichtigung der zeitlich schwankenden Ressourcen wie Windenergie und Photovoltaik. Eine Auswertung der Verluste kann daher fundiert nur auf Basis von Häufigkeitsverteilungen erfolgen (siehe Abbildung 38). HTS-Kabel haben eine hohe Übertragungskapazität, einen ausgezeichnet geringen Längsspannungsfall, geringe Übertragungsverluste, aber kontinuierliche Kühlverluste. Die Spannungshaltung in Verteilnetzen verbessert sich unmittelbar mit dem Einsatz von HTS-Kabeln. Der Vorteil der geringen Übertragungsverluste wird allerdings erst bei hohem Anteil dezentraler Erzeugung (Szenario 2050) deutlich. Die Häufigkeitsverteilung der Verlustanteile der HTS-Kabel liegt dann deutlich unter denen der konventionellen Kabel und Freileitungen.

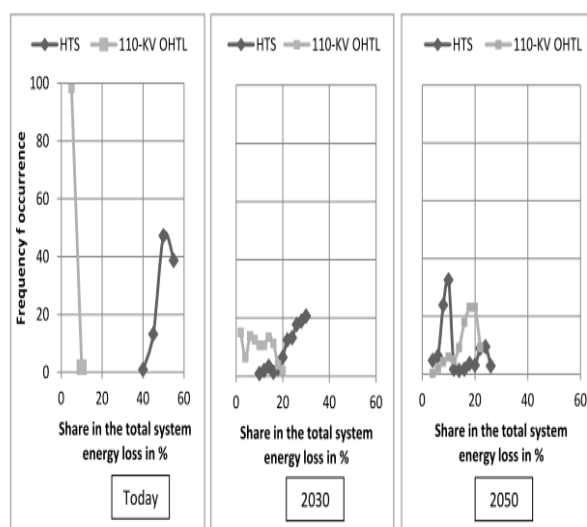


Abbildung 38: HTS und OHTL Anteil an der Gesamtenergieverluste des Systems in% für verschiedene Zeithorizonte.

Figure 38: HTS and OHTL share in the total system energy loss in % for different time horizons.

Integration Availability of HTS Cables into Rural Distribution Networks

Dr.-Ing. Nasser Hemdan

The integration of renewable energy into the supply grid represents one of the main key issues in the energy transition in the German energy sector. Different new technologies such as superconductivity, cryogenic, and hydrogen production will play an important role in this phase. The current work presents investigations based on time series of a real MV distribution network with integration of High Temperature Superconductivity (HTS) cables in the case of existence of intermittent renewable resources such as photovoltaic and wind energy. The study tries to explore the implications of the fluctuations of the renewable energy resources and load profiles on the feasibility of HTS integration into the distribution grids. Two different scenarios have been tested. The analyses of the different scenarios were performed in different time horizons such as today, 2030, and 2050. The results include the voltage distribution of all nodes in the network, the HTS cables and MV cables loading, total energy loss, and the share of HTS and conventional cables in the total energy loss. The results show that time series analysis provides a clearer overview about the implications of the integration of HTS cables into distribution grids. As a large percentage of the decentralized generation will be based on fluctuating resources such as wind and solar energy, the share of HTS in the total energy loss will be higher than those of the conventional lines in the presented scenarios (see Figure 38).

3.3 Forschungsschwerpunkt Elektromobilität – Research Focus Electro Mobility

LithoRecII – Recycling von Lithium-Ionen Batterien aus Elektrofahrzeugen

Dipl.-Ing. Daniel Hauck

Das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit geförderte Projekt LithoRecII hat den Aufbau einer Pilotanlage zum Lithium-Ionen-Batterierecycling aus Elektrofahrzeugen zum Ziel. Durch ein hydrometallurgisches Verfahren sollen Sekundär-batterien in Batteriequalität hergestellt werden um die Rohstoffunabhängigkeit Deutschlands unter anderem von Lithium und Kobalt sicherzustellen und den Materialkreislauf zu schließen.

Das Projekt umfasst mehrere Prozessschritte die jeweils von verschiedenen Instituten und Industriepartner untersucht werden. Entlang aller Prozessschritte werden zudem eine ökologische und ökonomische Bewertung durchgeführt (Abbildung 39). Das elenia beschäftigt sich mit dem Prozessschritt der Batterieentladung. Die im Projekt rückläufigen Lithium-Ionen-Batteriesysteme aus BEV (battery electric vehicles), HEV (hybrid electric vehicles) oder PHEV (plug-in-hybrid electric vehicles) weisen Kapazitäten von bis zu 25 kWh und Spannungen über 400 V auf. Ziel ist die in den Batterien vorhandene Restenergie möglichst schnell, praktikabel, sicher und kostengünstig zu entladen damit die Funkenbildungs- und Brandgefahr im anschließenden Lagerungs- und Zerkleinerungsprozess minimiert wird.

Zu diesem Zweck werden verschiedene Vorrichtungen zur Tiefentladung³ aufgebaut und erprobt.

Die untersuchten Entladeverfahren beinhalten einfache und kostengünstige Widerstandsschaltungen (Entladung mit konst. R), MOSFET-Schaltungen (Entladung mit konst. I), Flüssigkeitsentladungen (keine Kontaktierung notwendig) sowie die Energierückgewinnung durch Netzzurückspeisung (Abbildung 40). Untersucht wird bei der Tiefentladung

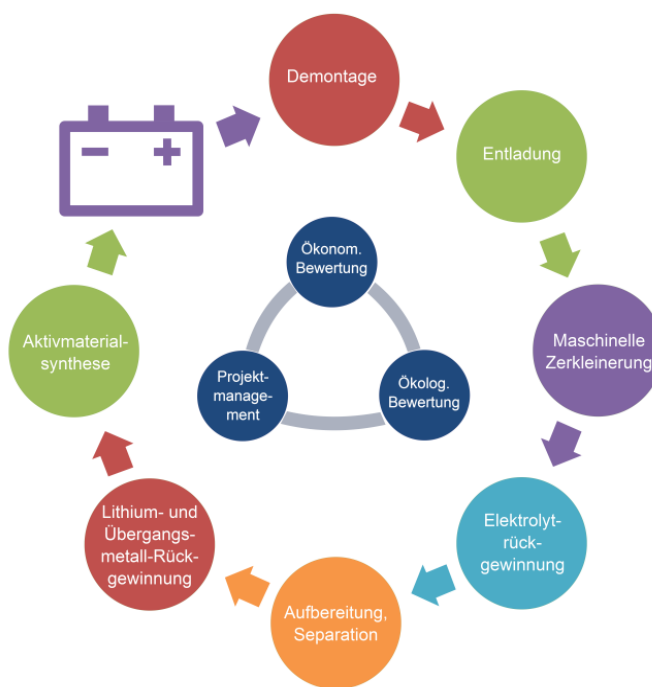


Abbildung 39: Prozessschritte in LithoRecII

Figure 39: LithoRecII process steps

³Tiefentladung bezeichnet die Entladung einer Batterie unterhalb der zulässigen Entladeschlussspannung (z.B. Li-Ion-NMC-Zelle: $U_{\min} = 2,5 \text{ V}$) mit irreversiblen Kapazitätsverlust

zum einen das Batterieverhalten anhand von Entladezeiten, -kennlinien, strömen, -spannungen, -kapazitäten, -temperaturen, Innenwiderständen, Spannungsrelaxation und Kurzschlussfähigkeit. Zum anderen werden die Verfahren anhand ihrer Eigenschaften in Bezug auf z.B. Entladezeiten, Flexibilität der Entladung, Sicherheit, Preis, Fertigungsaufwand und Komplexität verglichen und bewertet.

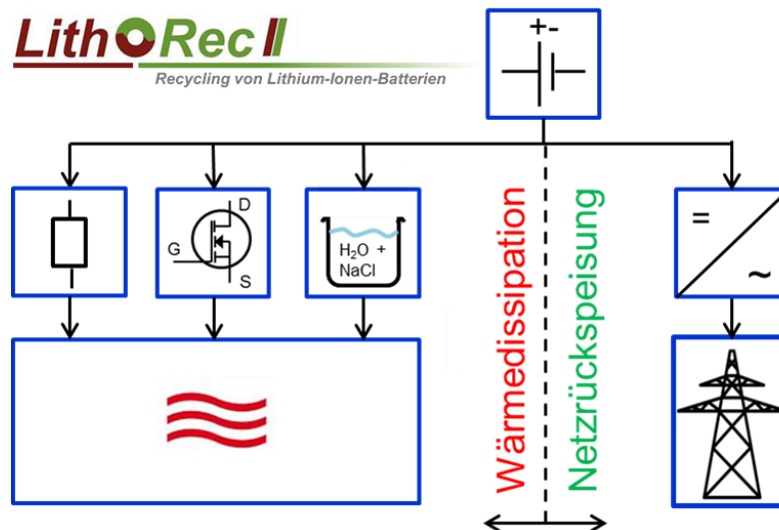


Abbildung 40: Untersuchte Verfahren zur Tiefentladung von Lithium-Ionen Batterien

Figure 40: Investigated techniques to over discharge lithium-ion batteries

LithoRec II – Recycling of lithium-ion batteries of electric vehicles

Dipl.-Ing. Daniel Hauck

Funded by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety the project LithoRecII has the construction of a pilot plant for lithium-ion battery recycling of electric vehicles as its goal. The different process steps (Figure 39) are investigated by different institutes and industry partners.

Our task in elenia is to investigate different discharge strategies (Figure 40), such as the discharge by resistors, MOSFET's or liquids, which have been suitable for battery systems, modules and cells, in order to make the subsequent milling process safe and optimal. In addition to the investigations of alternative discharging mechanisms, also the energy recovery using inverters or DC regenerative loads will be tested. Furthermore, we aim to come out with a proposal for an proposing of optimal discharge mechanisms in order to achieve a high lithium recovery ratio for the different battery cells.

Mess- und Modellierungsverfahren zur Charakterisierung von Lithium-Ionen-Batterien

Uwe Westerhoff, M.Sc.

Der Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien in Mobilitätskonzepten zur Erreichung der gesetzten Klimaschutzziele der Bundesregierung hat sich am Markt etabliert. So werden diverse Zellchemien und Bauformen zum Aufbau eines Batteriemoduls bzw. -systems eingesetzt. Jeder Batterietyp weist unterschiedliche Charakteristiken auf, welche vor der ersten Inbetriebnahme durch Batteriediagnoseverfahren ermittelt und in Datenbanken gespeichert werden, um damit als Datengrundlage für ein Batteriemanagementsystem bereitzustehen. Die Herstellerangaben zu einem Batterietyp zeigen nur wenige Charakteristiken auf, weshalb die Batteriesystementwickler zumeist darauf angewiesen sind den Batterietypen selbst zu charakterisieren.

Neben der Messung der Kapazität und des Innenwiderstandes als Funktion der Temperatur kann die Charakteristik einer Batteriezelle durch Impedanzspektren abgebildet werden (Abbildung 41). Diese sind in ihrem Verhalten stark abhängig von den Umgebungsbedingungen, dem Alterungszustand und dem Ladezustand. Sie werden bevorzugt zur Modellbildung mit Ersatzschaltbildern von Batterien herangezogen. Dabei bestimmen der Messbereich und die Abtastrate der gemessenen Impedanzspektren, sowie die Anzahl der betrachteten Ladezustände, die Güte des Batteriemodells. Um die Güte eines Simulationsmodells hinsichtlich seines Komplexitätsgrades zu bestimmen, wird die Dauer der Simulation-, herangezogen. Diese wird nicht nur durch Präzisionsmessungen von Impedanzspektren, sondern auch durch die Wahl der Ersatzschaltbildelemente und deren Anordnung und Anzahl bestimmt (Abbildung 42).

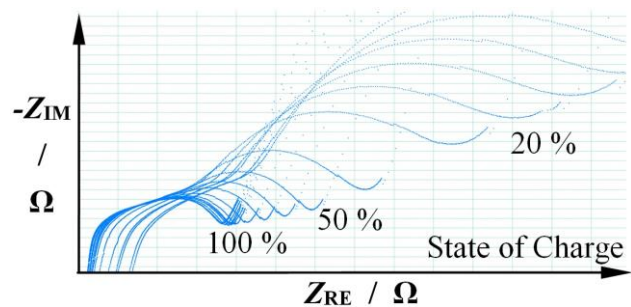


Abbildung 41: Impedanzspektren bei unterschiedlichen Ladezuständen

Figure 41: Impedance spectra at different states of charge

Zur Nachbildung einer Batterie werden folgende Elemente herangezogen: Widerstände, Induktivitäten, Kapazitäten und Konstant-Phasen-Elemente. Im Rahmen des Graduiertenkolleg

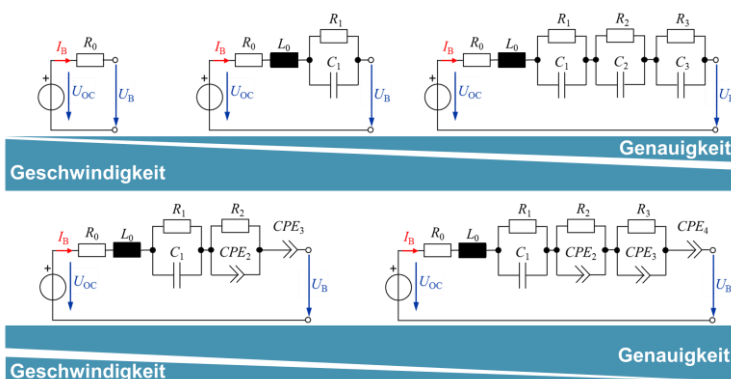


Abbildung 42: Ersatzschaltbilder für Li-Ionen-Batterien

Figure 42: Equivalent circuits for lithium-ion-batteries

GEENI (Graduiertenkolleg Energiespeicher und Elektromobilität Niedersachsen) werden am elenia Impedanzspektren zur Charakterisierung von Batteriezellen gemessen, um damit 1D- bis 3D-Batteriemodelle zu parametrieren und

validieren. Diese Modelle werden in der Arbeitsgruppe Modellierung erstellt, welches aus einem kleineren Konsortium der insgesamt 30 Doktoranden besteht. Die Batteriezellen für die messtechnischen Untersuchungen werden in der neu entstandenen BLB (Battery LabFactory Braunschweig) selbst hergestellt. Mit der BLB wurde eine in Norddeutschland einzigartige (Forschungs-) Produktionslinie zur Fertigung von Li-Ion-Batterien aufgebaut. Sie besteht aus einem Institutsverbund der TU Braunschweig aus dem Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Physikalischen Chemie. Zur Rückführbarkeit der Diagnoseprozesse wurde die PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) in das Konsortium mit aufgenommen.

Measurement and modelling techniques for the characterization of lithium-ion-batteries

Uwe Westerhoff, M.Sc.

Various battery type has different characteristics, which are determined before the initial operation by battery diagnosis method and stored in databases, in order to stand by as a data source for a battery management system. The manufacturer's data to a type of battery point to only a few characteristics. In addition to the measurement of the capacitance and the internal resistance as a function of temperature, the characteristics of a battery cell can be represented by the impedance spectra (Figure 41). These are strongly dependent on the environmental conditions, the state of health and the state of charge. They are preferably used for modeling with equivalent circuits of batteries. The measurement range and the sampling rate of the measured impedance spectra and the number of observed states of charge define the quality of the battery model. The quality of a simulation model is determined by the duration of the simulation. This is not by precision measurements of impedance spectra, but by the choice of the equivalent circuit elements and their arrangement and number determined (Figure 42). To simulate a battery following elements are used: resistors, inductors, capacitors and constant-phase elements. In context of the Graduate School GEENI (Graduate School of energy storage and electric mobility Niedersachsen) the elenia measured impedance spectra for the characterization of battery cells in order to parameterize 1D to 3D battery models. These models are created in the working group modeling, which consists of a small consortium of 30 doctoral students. The required battery cells are produced itself in the newly formed BLB (Battery LabFactory Braunschweig). The BLB is a unique (research) production line for the manufacture of lithium-ion batteries in northern Germany. It consists of a network of institutes of the TU Braunschweig from mechanical engineering, electrical engineering, physical chemistry and the PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt).

Modellbasierte Auswahlstrategien für Batterietechnologien im Stromversorgungsnetz

Kerstin Kurbach, M.Sc.

Mit dem Beschluss des Erneuerbare-Energien-Gesetzes wurde das Ziel festgesetzt, bis zum Jahr 2050 80 Prozent des Stromes durch erneuerbare Energien bereitzustellen. Dieser Wandel in der Stromerzeugung bringt eine Vielzahl an Herausforderungen mit sich, für deren Lösung Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten erforderlich sind. Da erneuerbare Energiequellen wie Wind und Sonne keine Vorräte bilden, ist die Stromerzeugung aus diesen Quellen abhängig vom momentanen Leistungsangebot. Dieses schwankt naturbedingt und stimmt daher nur begrenzt mit dem wechselnden Bedarf der Nachfrageseite überein. Zum Ausgleich dieser Ungleichgewichte ist ein zunehmender Bedarf an Regelleistung erforderlich. Die Bereitstellung dieser als Teil der Systemdienstleistungen erfolgt durch konventionelle Kraftwerke. Da deren Anschlussleistung mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien stetig zurückgebaut wird, müssen zukünftig andere Einheiten diese Aufgaben übernehmen. Um darüber hinaus den Regelleistungsbedarf zu begrenzen, gewinnen Flexibilisierungsoptionen an Bedeutung. Bei diesen handelt es sich unter anderem um Netzausbau, Lastmanagement, flexiblen Betrieb der verbleibenden konventionellen Kraftwerke und Energiespeicher. Im Rahmen der Energiespeicherung bilden die Batteriespeicher eine mögliche Option, die aufgrund ihres Potentials als Kurzzeitspeicher näher untersucht werden.

Im Fokus der Untersuchungen liegt die Betrachtung unterschiedlicher Batterietechnologien im Hinblick auf ihre Eignung zur stationären Energiespeicherung. Berücksichtigt werden dazu neben wirtschaftlichen Parametern auch Faktoren, die die technischen Eigenschaften der jeweiligen Batterietechnologien beschreiben. Das Ziel ist es anhand der Rahmenbedingungen für den jeweiligen Anwendungsfall, Empfehlungen für den Aufbau und die Auslegung von Batteriespeichersystemen geben zu können. Abbildung 43 zeigt die Rahmenbedingungen, die bei der Entwicklung von stationären Batteriespeichersystemen beachtet werden müssen, sowie die Ziele, die sich aus den Untersuchungen ergeben sollen.

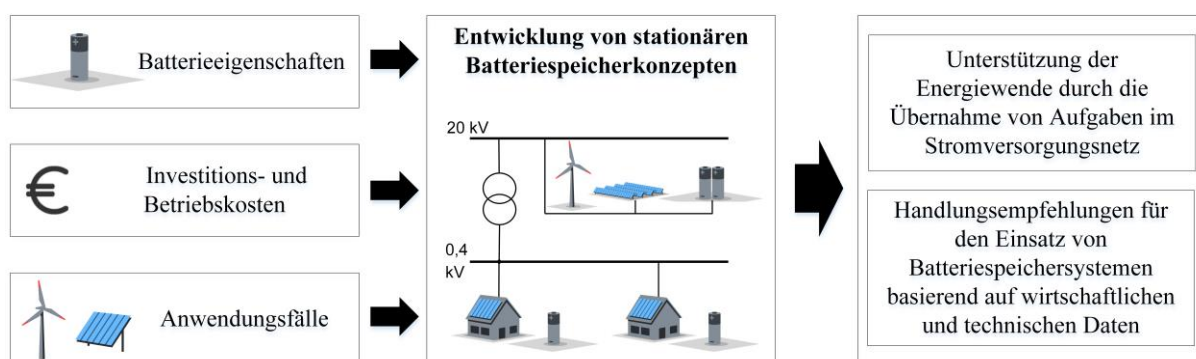


Abbildung 43: Entwicklung von stationären Batteriespeichersystemen unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen

Figure 43: Development of stationary battery storage systems taking into account technical and economic factors

Model-based selection strategy for battery technologies used in the electricity grid

Kerstin Kurbach, M.Sc.

Due to the expansion of the renewable energies and therefore the increase of proportion of fluctuating feed-in power generation faces fundamental changes. The load demand no longer agrees with the electricity generation and more often operating reserve must be claimed. In order to limit the need for operating reserve, options to manage the power system more flexible must be implemented. These options include grid expansion, demand side management, flexible operation of existing conventional power stations and energy storages. The battery storage systems are examined in detail because of its potential as short-term storages.

Investigation focuses on different battery technologies with a view to the suitability of use as stationary energy storages. Therefore economic and technical factors of the respective technologies are analyzed. The overall goal is to be able to make recommendations for the technical design of battery storage systems in dependence on the application (Figure 43).

Der Nutzwert von Elektrofahrzeugen für die Energieversorgung

Dipl.-Physiker Mathias Kammerlocher

Die intelligente Einbindung von Elektrofahrzeugen in das Stromnetz eröffnet neue Perspektiven für die Automobilindustrie. So können optimierte Ladezeiten zur Vermeidung von Lastspitzen oder der Integration fluktuierender erneuerbarer Energien ins Stromnetz beitragen. Der Einsatz als Pufferspeicher im Rahmen eines Smart Grid bietet die Möglichkeit zur Bereitstellung von Regelleistung (Projekt INEES). Um dieses Potential auszuschöpfen sind optimierte Ladestrategien nötig, welche Prognoseungenauigkeiten und Batteriealterungskosten berücksichtigen.

Es werden intelligente Strategien zur Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Energiewirtschaft untersucht. Es wird dazu ein Matlab/Simulink-Modell aufgebaut, welches aufgrund von Prognosen über das Nutzerverhalten von Elektrofahrzeugkunden im Voraus optimale Ladestrategien für die Einbindung der Batterie in den Strommarkt berechnet und in Echtzeit dynamisch auf sich ändernde Parameter reagiert. Dadurch lassen sich verschiedene Szenarien wie PV-optimiertes Laden, die Beschaffung am Spotmarkt bis hin zu kurzfristigen Regelleistungsabrufen abbilden und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vergleichen.

The benefit of electric vehicles for the energy sector

Dipl.-Physiker Mathias Kammerlocher

A major challenge for future electric car fleets is the integration into the electric distribution grid. However, the batteries offer a high storage potential. Since electric vehicles are typically parked most of the time, the capacity and energy of EVs can be used to provide Services on the energy market. For instance, coordinated charging of a large number of EVs can balance short term variations of demand and supply in the electricity grid. In our work, we analyze different charging strategy of electric vehicles for grid integration.

Induktive Ladung mit hoher Leistung in schwachen Netzausläufern

Dipl.-Ing. Jonas Wussow

Seit Ende März 2014 fährt der erste batteriebetriebene Elektrobus, der induktiv geladen wird, auf der Ringlinie M19 in Braunschweig. Neben der Ladestation auf dem Betriebshof Lindenberg sind derzeit auf der Strecke zwei Ladestationen am Hauptbahnhof und eine an der Haltestelle Hamburger Straße installiert. Eine weitere Ladestation auf der Strecke befindet sich derzeit in Planung. Die Versorgung der vorhandenen Ladestationen erfolgt über das DC-Netz der Straßenbahn oder über eine in der Nähe liegenden Kundenstation.

Eine mögliche weitere Strecke für die Nutzung von diesen Elektrobussen ist die Linie 433, da bei dieser Strecke die Ladeinfrastruktur an der Hamburger Straße zur Zwischenladung genutzt werden kann. Der Verlauf ist teilweise in Abbildung 44 dargestellt. Die Endhaltestellen dieser Linie liegen in vorstädtischen Gebieten. Die möglichen Ladestationen befinden sich somit in schwachen Netzausläufer. Diese Netzausläufer sind zum einen durch große Entfernungen zur jeweiligen Ortsnetzstation und den daraus resultierenden hohen Leitungslängen, zum anderen durch geringe Bemessungsleistungen der Ortsnetztransformatoren charakterisiert.

Die induktive Ladung mit hohen Leistungen stellt diese Netzausläufer vor Probleme. In

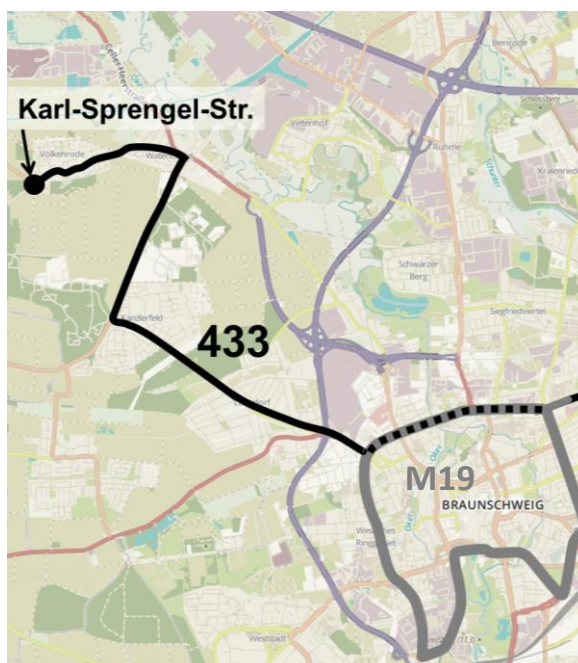


Abbildung 44: Verlauf der Linie M19 und Linie 433 (Ausschnitt)

Figure 44: Route of bus line M19 and bus line 433 (extract)

Folge einer Ladung mit einer Leistung von 200 kW kommt es während des Ladevorgangs zu Spannungssprüngen im Ortsnetz.

Ziel ist es, die Spannungssprünge und somit den negativen Einfluss des Ladevorgangs auf das Netz zu minimieren.

Ein Lösungsansatz ist ein ohmsch-kapazitives Verhalten des Wechselrichters der Ladestation (Active Front End). Durch die Bereitstellung von Blindleistung kann während des Ladevorgangs der Spannungseinbruch reduziert werden.

Abbildung 45 zeigt den Einfluss der Blindleistung auf die Spannung über einen Zeitraum mit drei Ladevorgängen bei einer möglichen Ladestation im Bereich der Bushaltestelle *Karl-Sprengel-Straße* im Ortsteil Völkenrode.

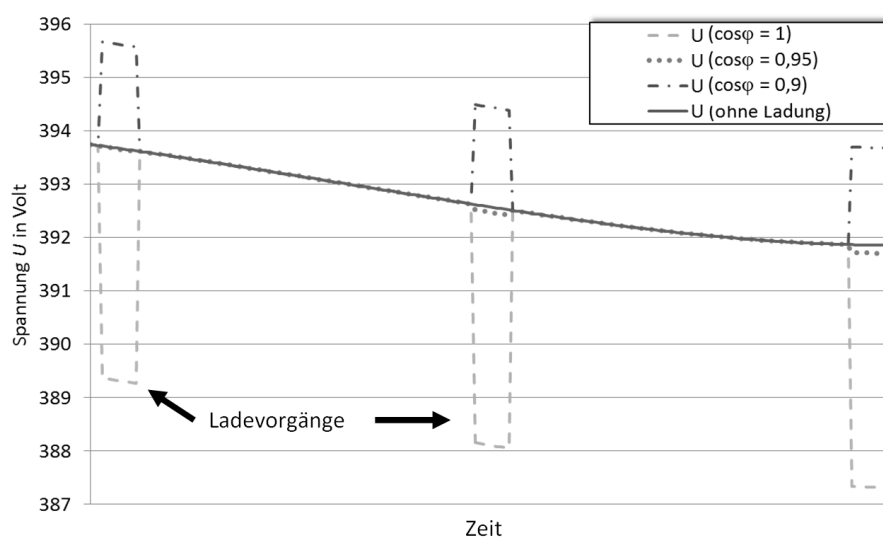


Abbildung 45: Spannungsverläufe auf der Niederspannungsseite des Ortsnetztransformators bei unterschiedlichen Blindleistungen

Figure 45: Voltage curves on the local power transformer's LV-side at different reactive power

High-power inductive charging in weak grid branches

Dipl.-Ing. Jonas Wussow

The bus line 433 is one possible further route for using inductive charged battery-powered electric buses in Braunschweig. The final station *Karl-Sprengel-Straße* is in suburban area (Figure 44). It follows that the possible charging station is in a weak grid branch. Weak grid branches are characterized by large distance to the local grid station and by low local power transformer's rated power.

Inductive charging with 200 kW is problematic for such grid branches. During the charge process there are voltage steps in the local grid. The aim is to minimize the voltage steps and negative influence of high-power inductive charging on the grid.

An approach is using reactive power which is provided by charging station's converter (active front end). The provision of reactive power influences the voltage and during the charge process the voltage step can be reduced (Figure 45).

Potential von Streckendaten zur Optimierung von Plug-In-Hybrid-Betriebsstrategien

Dipl.-Ing. Jan Bellin

Die flächendeckende Durchdringung des Personen-Individualverkehrs mit elektrischer Antriebstechnik stellt einen wichtigen Eckpfeiler der Elektromobilität dar. Immerhin 78% des auf den Transportsektor zurückzuführenden CO₂-Ausstoßes stammen aus dem Straßenverkehr. Aus diesem Grund wird das Konzept „Plug-In-Hybrid“, als Brückentechnologie zwischen elektrischem und verbrennungsmotorischem Antrieb, in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Aufgrund des im Vergleich zu Vollhybriden leistungsfähigeren elektrischen Motors und Energiespeichers ergeben sich neue Herausforderungen bei der Antriebssteuerung. Insbesondere der Einfluss der Betriebsstrategie – die das Zusammenspiel des elektrischen und verbrennungsmotorischen Antriebs steuert – auf den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs ist enorm. Abbildung 46 zeigt dies über einen Vergleich von Norm-CO₂-Ausstoß unterschiedlich stark elektrifizierter Fahrzeuge und dem exemplarischen Einfluss der Betriebsstrategie darauf (tatsächlicher Einfluss stark abhängig von Fahrzeugkonzept und zitierter Quelle).

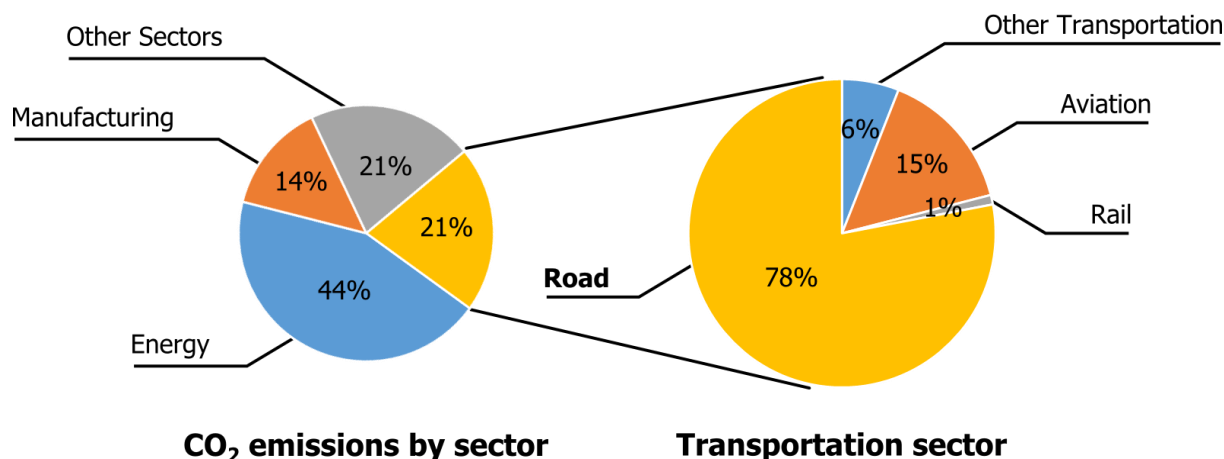


Abbildung 46: CO₂-Ausstoß pro Erzeuger (2008)

Figure 46: CO₂-emissions per sector

Besonderes Optimierungspotential ergibt sich dann, wenn die Betriebsstrategie Eigenschaften der vorausliegenden Fahrstrecke (Streckentypen, Ladestopps, Topologie etc.) berücksichtigt. Seit Anfang 2012 wird in Zusammenarbeit mit der Volkswagen AG Algorithmik zur Einbindung von Daten des Fahrzeug-Navigationsgerätes in die Betriebsstrategie zur Nutzung in Serienprojekten entwickelt.

In den ersten zwei Jahren wurden zunächst grundlegende Untersuchungen zu Optimierungspotentialen bei Plug-In-Hybriden unter Nutzung von Streckendaten sowie konzeptionelle Arbeiten und Simulationen durchgeführt.

Außerdem wurde die vorläufige Algorithmenik auf einem Prototypen-Motorsteuergerät umgesetzt und im Hardware-in-the-Loop-Aufbau auf ihre grundsätzliche Funktionalität hin getestet. Im letzten Jahr fand die praktische Umsetzung statt.

Im Rahmen der praktischen Umsetzung wurden die während der Simulationsstudie erarbeiteten Hypothesen im Fahrversuch validiert und eine Serienapplikation für die Motorsteuergeräte-Software erarbeitet. Außerdem entstand eine Methode zur On-Line-Bewertung der Betriebsstrategie-Performance, die auch im Vorentwicklungskontext zur Generierung von Fahrer-Hinweisen zur effizienten Bedienung des

Fahrzeugs, z.B. zur Empfehlung von auf der Strecke liegenden Ladesäulen, genutzt werden kann. Im kommenden Jahr schließt das Projekt mit der Serienabsicherung ab.

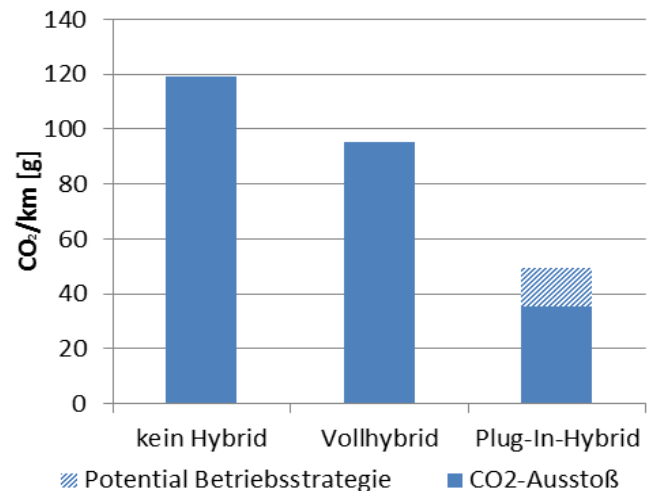


Abbildung 47: Norm-CO₂-Ausstoß unterschiedlich stark elektrifizierter Fahrzeuge

Figure 47: CO₂-emissions of vehicles incorporating different degrees of electrification

Systemic approach to optimizing a Plug-In-Hybrid operating strategy using route data

Dipl.-Ing. Jan Bellin

Plug-In-Hybrid vehicles (PHEV) are a bridge technology towards electrification of individual road transport, which – as shown in Figure 46– has a substantial part in Germany’s overall CO₂ emissions. Optimizing PHEV drivetrain control (its operating strategy) shows great potential for reducing the vehicle’s CO₂-emissions as illustrated in Figure 47. If information on the route ahead is used, this potential is greater than when only the current drive state is regarded. Since 2012, an algorithm for using route information in the operating strategy of series production PHEV was developed in collaboration with the Volkswagen AG.

In the first two years, conceptual work and evaluation of potential when using route data in PHEV operating strategies was done and simulations were conducted. Furthermore preliminary software was realized on a prototype engine control unit and tested in a hardware-in-the-loop setup.

During 2014, the work was transferred into a real world vehicle application. The hypotheses from simulation and conceptual studies were validated in test drives and a series production parameterization was generated. Additionally a method for on-line evaluation of operating

strategy performance was developed that can – for example – be used to generate information for the driver, supporting him or her in efficiently configuring the vehicle. In the upcoming year, testing and system validation will be conducted to secure compliance to series production requirements.

Informations- und Anwendungssystem für das intelligente Laden von Elektrofahrzeugflotten

Jan Mummel, M.Sc.

Die gezielte Einbindung einer großen Anzahl von Elektrofahrzeugen in das bestehende Energieversorgungsnetz benötigt Konzepte zur Vermeidung möglicher Netzurückwirkungen sowie zur gezielten Nutzung erneuerbarer Energien. Für eine flächendeckende Elektrifizierung, speziell bei größeren Fahrzeugflotten und deren Betreibern, werden daher innovative technische und wirtschaftliche Konzepte benötigt.

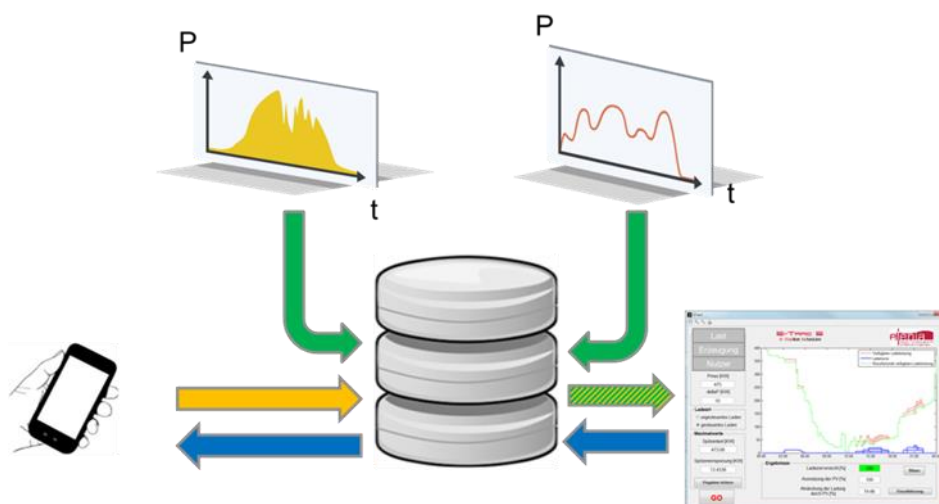


Abbildung 48: Entwicklung individueller Ladefahrpläne unter Berücksichtigung der Restriktionen von Nutzer, Fahrzeug, Netz und Erzeugung.

Figure 48: Development of individual charging timetables considering the restrictions of vehicle, grid and generation.

Das elenia entwickelt in diesem Zusammenhang im Rahmen des Forschungsprojektes Fleets Go Green ein „Ladeinfrastruktur, Informations- und Anwendungssystem“ (elias) um alle aktuellen sowie zukünftigen Elektrofahrzeuge gezielt in die bestehenden Verteilnetze zu integrieren. Hierbei wird der Nutzer interaktiv in den Ladevorgang eingebunden, um somit den Ladeverlauf nach dessen Rahmenbedingungen zu gestalten. Die angebotene Ladeleistung ist dabei mit der aktuell verfügbaren Erzeugungskapazität gekoppelt. In der ersten Version des Ladesystems wird hierbei nur die lokale Erzeugung berücksichtigt, um mögliche Lastspitzen zu vermeiden. Weiterhin werden eventuelle Lastrestriktionen seitens des Netzes oder eines

Industrieunternehmens berücksichtigt. Abbildung 48 stellt den Prozess zur Ermittlung eines Ladeplanangebotes dar.

Development of an intelligent charging infrastructure information and application system

Jan Mummel, M.Sc.

Directed integration of a large number of electric vehicles into the existing power grid requires new concepts for the prevention of possible network disturbance and the usage of renewable energy. To achieve a comprehensive fleet electrification new technical and economic policies have to be created. Especially for larger fleets and their operators innovative concepts are required.

In this context, elenia developed a charging infrastructure system to integrate electric vehicles into existing grids. In this system, the user is interactively involved, thus creating a customized charging process.

The charging service offered is coupled to the generation capacity available. In the first version of the charging system only the local electric energy production is considered in order to avoid possible loading peaks. Furthermore, any loading restrictions are taken into account. Figure 48 illustrates the process of determining a loading timetable service.

Informations- und kommunikationstechnische Anbindung für das intelligente Laden von Elektrofahrzeugflotten

Lorenz Soleymani, M.Sc.

Der Erfolg der Elektromobilität hängt im Wesentlichen von der Verfügbarkeit und Funktionalität einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur ab. Es gilt, unter Berücksichtigung der technischen Gegebenheiten und unter Rücksichtnahme der Benutzerbedürfnisse, eine intelligente Ladeinfrastruktur für die neue Antriebstechnologie zu implementieren. Auf Basis der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) werden zu diesem Zweck unterschiedliche Systeme zu einem größeren Gesamtsystem vernetzt.

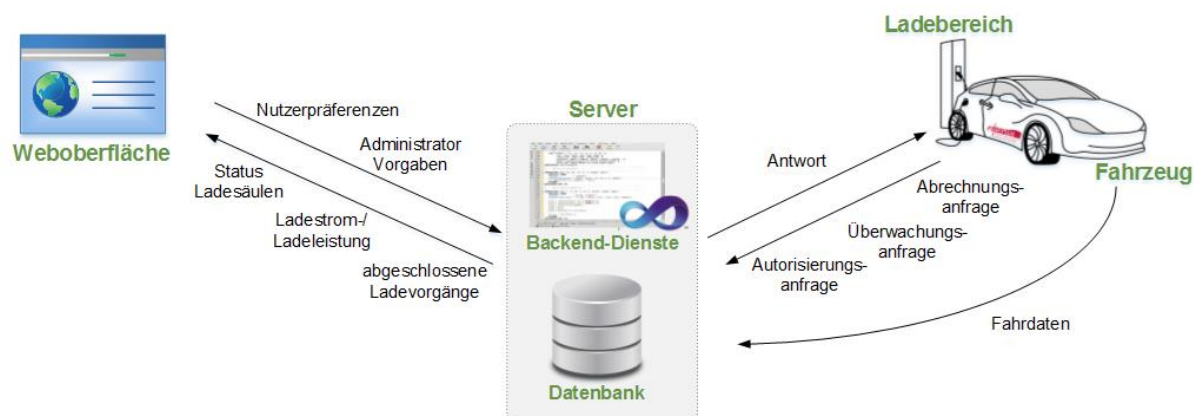


Abbildung 49: IKT-Systemübersicht des Ladesystems

Figure 49: ICT system overview of the charging system

Das elenia entwickelt das Ladesystem elias, eine Lösung um in Zukunft Elektrofahrzeuge intelligent Laden zu können. Die Bezeichnung elias ist ein Akronym und steht für elenias Ladinfrastuktur Informations- und Anwendungs-System. Die Entwicklung des Ladesystems erfolgt sukzessiv in mehreren Stufen. Die erste Stufe befindet sich bereits im Feldversuch und ermöglicht Lademanagement effektiv und ohne große Investitionen zu betreiben. Durch ein reines Lastmanagement wird der Ladestrom im Ladebereich über einen vom Ladeinfrastruktur-Betreiber entsprechend ausgewählten Ladealgorithmus auf die angeschlossenen Elektrofahrzeuge verteilt. Hierfür kommunizieren die Ladestationen mit einer übergeordneten Kontrollinstanz, dem Backend-System bestehend aus mehreren Backend-Diensten sowie eines Datenbanksystems. Eine Weboberfläche dient als Interaktionsschnittstelle für den Ladeinfrastruktur-Betreiber, den Flottenmanager, den Fahrzeughalter sowie des Administrators mit dem Ladesystem. In Abhängigkeit des angemeldeten Benutzers werden unterschiedliche Informationen aus der Datenbank sowie Einstellungsmöglichkeiten bezüglich des Ladesystems bereitgestellt.

Integration of information and communication technology for intelligent charging of electric vehicle fleets

Lorenz Soleymani, M.Sc.

The success of electric vehicles depends on the availability and functionality of a comprehensive charging infrastructure. Taking into account the technical conditions and user needs, it is necessary to implement a smart charging infrastructure for the new driving technology. Based on the information and communication technology (ict), different systems are linked to a larger overall system.

The department elenia developed the charging system elias, a smart solution for charging electrical vehicles. The development of the charging system is carried out successively in sev-

eral stages. Already in field is the first stage, which allows charge control effectively and without large investments. In a charging area the available current is distributed to the connected electric vehicles by a prior selected charging algorithm. The algorithm is set by the charging infrastructure operator. For this purpose, the charging stations communicate with a supervisory authority, the backend system, consisting of multiple backend services, and a database. A web page is used as an interface with the charging system for the charging infrastructure operators, fleet managers, vehicle owners and the administrator. Depending on the web page user, variable information from the database as well as different setting possibilities with regard to the charging system are provided.

3.4 Dissertationen – Dissertations

Plasmavorgänge im engen Spalt beim Ableiten hoher Stoßströme bis 25 kA

Bernd Schottel

Tag der mündlichen Prüfung: 17.06.2014

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Ernst Gockenbach

Vorsitzender: Prof. Dr. Achim Enders

Die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Plasmavorgänge im engen Spalt beim Ableiten hoher Stoßströme bis 25 kA“ beschäftigt sich mit den Auswirkungen eines eingepprägten Stoßstromes auf das Plasma in einer Funkenstreckenordnung.

Die normgerechte Prüfung des Ableitvorganges eines Überspannungsschutzes im Niederspannungsbereich sieht eine Arbeitsprüfung des Überspannungsschutzes mit einem Stoßstrom und einem nachgelagerten Netz vor. Der Einfluss des Stoßstromes auf das Plasma als Leitkanal wird in der Literatur bisher vernachlässigt.

Die Untersuchungen in der Arbeit beschäftigen sich mit der Beschreibung der Plasmavorgänge bei eingepprägtem Stoßstrom. Hierzu wird eine Modellfunkenstrecke verwendet, die grundlegende Untersuchungen durch einfache Modifikation des Aufbaus ermöglicht. Es ergibt sich durch das Plasma eine Wechselwirkung mit den seitlich anliegenden Kammerwänden und den Elektroden. In dieser Arbeit werden u.a. die Kammerwände untersucht und deren Einfluss auf das Plasma sowie die Wirkung des Plasmas auf die Kammerwände. Die Untersuchungen zeigen, dass die Geometrie der Plasmakammer, vorgegeben durch die Elektrodenform, dabei eine dominante Rolle spielt. Um eine Abhängigkeit von Plasmaspannung und Geometrie der Plasmakammer herauszuarbeiten, werden die Spaltweite, der Elektrodenabstand und die Elektrodenform variiert.

Die Plasmaausbreitung steht aufgrund des dominanten Einflusses auf die Plasmaspannung im Vordergrund der Untersuchungen. Durch eine Farbschnellbildkamera mit hoher Bildwiederholungsrate wird eine Visualisierung der transienten Plasmavorgänge, insbesondere der Plasmaausbreitung über den Verlauf des Stoßstromes, erreicht. Eine segmentierte Strommessung an den Elektroden erlaubt eine Bestimmung der Stromstärke in den unterschiedlichen Bereichen der Plasmaausbreitung. Die Spuren des Plasmas in der Kammer (Elektroden und Kammerwand) werden durch Rastermessungen eines Oberflächenscanners visualisiert. Durch weitere Mikroskop- und Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen wird die Wechselwirkung erläutert. Daraus folgt eine Beschreibung der Ansatzstellen des Plasmas an der Elektrode. Diese weisen kein Wanderungsverhalten auf, sondern breiten sich mit dem Plasma über den gesamten Spaltbereich aus. Die Entstehung geschieht innerhalb weniger Mikrosekunden. Plasmapa-

parameter wie elektrische Leitfähigkeit und Temperatur werden mit Hilfe der Messungen bestimmt. Daraus wird der magnetische und gaskinetische Einfluss auf das Plasma abgeleitet. In dieser Arbeit ist es gelungen, den Einfluss des Stoßstromes auf das Plasmaverhalten herauszuarbeiten. Durch eine physikalische Modellvorstellung ist eine Beschreibung des Plasmaverhaltens erbracht. Durch die Kenntnis der Plasmaausbreitung, der Plasmaspannung und der Intensität des Stoßstromes können durch die Modellvorstellungen weitere Parametervariationen berechnet werden.

Plasma processes in the narrow gap in deriving high surge currents up to 25 kA

The present work titled „Plasma processes in the narrow gap when deriving high surge currents up to 25 kA“ relates to the effects of an applied surge current on the plasma in a spark gap arrangement.

The standardized inspection of the discharge process provides an operating duty test of the surge protection (spark gap) with a surge current and a parallel energy grid. The influence of the surge current with its plasma propagation on the discharge process has been neglected in the previous literature.

The research of this work is therefore focused on the description of the plasma for an applied surge current. For this purpose, a model spark gap is used which permits basic investigations through simple modifications of the arrangement. This results in an interaction of the plasma with the lateral chamber walls and the electrodes. The chamber walls and their influence on the plasma are examined and the effect of the plasma on the chamber walls is taken into consideration. Research shows that the geometry of the plasma chamber, determined by the electrode shape, plays a dominant role. The gap width, electrode separation and electrode shape are varied in order to determine a relation between plasma voltage and geometry of the plasma chamber.

The plasma propagation is a key aspect of the research due to the dominant influence on the plasma voltage. A visualization of the transient process and the plasma propagation over the path of the surge current is achieved through a fast color camera with a high repetition rate. A segmented current measurement at the electrodes permits a determination of the amperage in the different areas of the plasma propagation. The tracks of the plasma are also visualized through raster measurements of a surface scanner. The relationship is described through additional microscope and scanning electron microscope images. This results in a description of the spots of the plasma at the electrode. Additional plasma parameters such as electrical conductivity and temperature can be determined using the aforementioned plasma data. The magnetic influence and the influence on gas kinetics on the plasma can be derived therefrom.

The investigations show new discoveries in undefined areas of research. Therefore, new words are introduced which represent the current state of the discoveries.

The results of the investigations show a plasma behavior which has been ignored in the investigation of the derive process of the previous literature. In this work it is successful managed, to determine the influence of the current surge on the plasma behavior. The descriptions of plasma behavior are in harmony with physical processes. The plasma propagation, the plasma voltage and the intensity of the surge current can be connected through the model concepts.

Weiterentwicklung und Vereinfachung eines Simulationsmodells für Schaltlichtbögen in Löschblechkammern

Julia Rüther

Tag der Prüfung: 21.07.2014

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Frank Berger

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

Um einen Stromkreis unterbrechen zu können, werden in der Niederspannungstechnik vorwiegend mechanische Schaltgeräte eingesetzt, bei denen der bei Kontakttrennung entstehende Lichtbogen die Schaltaufgabe übernimmt. Für die effiziente Weiterentwicklung von Schaltgeräten werden neben experimentellen Messreihen zunehmend auch numerische Simulationen eingesetzt. Die vorliegende Arbeit „Weiterentwicklung und Vereinfachung eines Simulationsmodells für Schaltlichtbögen in Löschblechkammern“ beschäftigt sich mit der mathematischen Nachbildung des Schaltlichtbogens und stellt Simulationsergebnisse zum Aufteilungsvorgang des Bogens an Löschblechen im Vergleich mit Messungen dar.

Hierzu wird ein System aus Gleichungen zur Beschreibung der Gasdynamik und der Elektromagnetik mithilfe des Strömungssimulationsprogramms ANSYS CFX gelöst. Dabei werden die folgenden Teilaufgabenstellungen gezielt betrachtet: Die Berücksichtigung des Energietransportes durch verschiedene Strahlungsmodelle, die Nachbildung des Magnetfeldes mit und ohne ferromagnetische Löschblechwerkstoffe und Untersuchungen zur unterschiedlichen Einbindung einer makroskopisch vereinfachten Nachbildung der Lichtbogenfallgebiete in die Simulation.

Trotz der steigenden Leistungsfähigkeit von Computern ist die Simulation von Lichtbögen in Schaltgeräten insbesondere durch die komplexe Geometrie mit hohen Rechenzeiten verbunden. Daher liegt ein weiterer Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf der Vereinfachung der komplexen Struktur des Löschblechstapels bestehend aus einer Vielzahl an Einzelblechen zu einem Ersatzkontinuum. Für die Vereinfachung des Stapels wird eine Kombination aus anisotropen Materialparametern und porösen Gebietseigenschaften gewählt und anhand vereinfachter Modelle validiert.

Es wird die Lichtbogenaufteilung in einer Modellschaltkammer mit einem Löschblechstapel aus sieben Einzelblechen und aus vier Einzelblechen vorgestellt. Mit beiden Geometrien erfolgt jeweils ein Vergleich mit der porösen Vereinfachung, das heißt mit dem vereinfachten Ersatzkontinuum. Ergänzend wird ein Vergleich zu Messergebnissen mit identischer Kammergeometrie und vier Löschblechen gezogen.

Advancement and simplification of a simulation model for arcs in deion arc chutes

Mechanical switching devices are widely used to interrupt electric circuits in the field of low voltage technology. During the contact opening an electric arc is ignited, which is the actual switching part. In addition to experimental measurements, numerical simulations are used to realize effective and efficient enhancements of switching devices. This work “Advancement and simplification of a simulation model for arcs in deion arc chutes” deals with the mathematical description of the switching arc and shows simulation results of the arc splitting process at the splitter plates in comparison to measurements.

Therefore a system of equations to describe the gas dynamics and the electromagnetics is solved by the computational fluid dynamics (CFD)-program ANSYS CFX. Different subtasks are systematically studied: consideration of the energy transport by using different radiation models, description of the magnetic field with and without ferromagnetic materials of the splitter plates, and investigation of different methods to integrate a simplified macroscopic model of the anode and cathode falls in the simulation program.

Although the computer performance is increasing, the simulation of electric arcs in switching devices still requires high computing times because of the complex geometry. Therefore an aspect of the investigation focuses on the simplification of the complex structure of the stack of splitter plates. This stack, which is composed of a multiplicity of separate plates to split the arc, is simplified to a single continuum. For this purpose a combination of anisotropic material parameters and porous domain characteristics are chosen and validated.

The arc splitting in a simplified arc chamber is presented with a stack of seven or four separate splitter plates, respectively. Both simulation set-ups are compared to simulations with the porous simplification, which means with the simplified continuum. Additionally a comparison to measurements is shown.

Verhalten von 600 V IGBT-Modulen 2. und 3. Generation bei Stoßbelastungen

Björn Bünsow

Tag der Prüfung: 05.09.2014

1. Prüfer: Prof. Dr. M. Kurrat

2. Prüfer: Prof. Dr. W.-R. Canders

Vorsitzender: Prof. Dr. A. Enders

Leistungshalbleiter sind heutzutage in einer Vielzahl energietechnischer Anwendungen anzutreffen. Den Einzug in die Energietechnik haben schaltbare Leistungshalbleiter in Frequenzumrichtern begonnen, die Maschinensätze zur Drehzahlregelung von Antrieben ersetzen. Durch den Ausbau regenerativer Energien steigt die Zahl leistungselektronischer Systeme in der Energietechnik stetig. Der Einsatz modernster Halbleiterschalter in HGÜ-Anlagen erlaubt die Regelung des Leistungsflusses und kann somit aktiv zur Netzstabilität beitragen. In solch ausgedehnten und leistungsstarken Anwendungen, wie der Energieübertragung, werden Bauteile durch das Auftreten sporadischer Stoßbelastungen stark beansprucht. Um Halbleiter vor diesen Extrembelastungen wirkungsvoll schützen zu können, ist es notwendig, das Verhalten gegenüber solchen Ereignissen zu kennen.

In dieser Arbeit wird das Verhalten von 600 V IGBT-Modulen mit NPT-Architektur und Trench/Feldstop-IGBT-Modulen gegenüber Blitzstoßspannungen und Stoßströmen untersucht. Mit Hilfe einer entwickelten Erkennungs- und Ansteuerelektronik kann eine Überspannung erkannt und der Halbleiter eingeschaltet werden. Dies verhindert einen elektrischen Durchschlag, lässt aber einen Stoßstrom durch den IGBT entstehen. Ein Vergleich des realen und simulierten Stoßverhaltens von IGBT-Schaltern ergänzt die Untersuchungen. Die Simulation des thermischen Haushaltes, eine der wichtigsten Halbleitergrößen, runden die Betrachtungen zu Stoßbelastungen ab.

Behaviour of 600 V IGBT-modules of 2. and 3. Generation at impulse stresses

Today power semiconductors are used in many applications of energy transmission. The entry of semiconductor switches in power engineering happened by frequency-converters. Extension of renewable energy let grow the number of power electronic systems. Using modern IGBT modules allows HVDC-converters control of power direction and power system stability. But in such expanded and powerful applications, like mains supply, components are stressed by sporadic impact load. To protect semiconductors of damage it's necessary to know the behaviour to such loads.

In this thesis the behaviour of 600 V IGBT modules with NPT-architecture and trench/fieldstop-architecture to voltage impulses and surge currents are investigated. A devel-

oped electronic circuit allows detection of impulses and controlling a power semiconductor. This prevents an avalanche break but let flow a surge current. A comparison between real measurements and simulations complete the investigation. Additional simulations of thermal balance, one of important dimension, round up investigation to surges.

Über den elektrischen Durchschlag in unterkühltem Flüssigstickstoff und die Beeinflussung durch Dampfblasen

Michael Blaz

Tag der mündlichen Prüfung: 12.09.2014

1. Prüfer: Prof. Michael Kurrat

2. Prüfer: Prof. Volker Hinrichsen

Vorsitzender: Prof. Wolf-Rüdiger Canders

Flüssiger Stickstoff wird zunehmend als Kühlung und elektrische Isolation von supraleitenden Geräten genutzt. Durch den unvermeidbaren Eintrag von Wärme in das System können sich im flüssigen Stickstoff Gasbereiche ausbilden, die eine Schwachstelle der Isolation darstellen. In dieser Arbeit werden daher die Spannungsfestigkeit von flüssigem Stickstoff und der Einfluss von Dampfblasen im flüssigen Stickstoff auf die Durchschlagspannung untersucht. Dazu werden zuerst die Grundlagen der Entladungsmechanismen in dielektrischen Flüssigkeiten allgemein und die bisherigen Erkenntnisse für flüssigen Stickstoff speziell betrachtet. Nach der anschließenden Vorstellung der Versuchsanlage wird auf die verwendeten Versuchsaufbauten für die Untersuchungen des homogenen und inhomogenen Felds und der bei ihnen auftretenden Dampfblasenform eingegangen. Die Bewertung der Messergebnisse unterteilt sich in die Untersuchungen mit und ohne thermisch erzeugte Dampfblasen. Innerhalb dieser Unterteilung wird weiter zwischen Untersuchungen mit Blitzstoßspannung und Wechselspannungsrampe unterschieden. Für die Messungen im homogenen Feld ohne thermische Dampfblasen werden die Startbedingungen analysiert und Durchschlagfeldstärken abgeleitet. Diese werden auf das inhomogene Feld übertragen, unter Berücksichtigung des Ausnutzungsfaktors. Beobachtete Polaritätseffekte werden über unterschiedliche Ausbreitungsmechanismen und deren Abhängigkeit von den Umgebungsparametern Kugelpolarität, Druck und Schlagweite erklärt. Die Messwerte der durch Dampfblasen verringerten elektrischen Festigkeit werden mit theoretisch berechneten Durchschlagspannungen nach dem Paschengesetz verglichen. Bei den Berechnungen werden die Temperatur, die Form, der Druck und die Polarität der Dampfblase berücksichtigt. Die durch die Dampfblasen auftretenden Polaritätseffekte werden über den Townsend- und Streamermechanismus, gekoppelt mit den Ausbreitungsmechanismen im flüssigen Stickstoff, erklärt. Im Wechselfeld wird zusätzlich die Bewegung der Dampfblasen berücksichtigt. Abgeschlossen wird die Arbeit mit einer Betrachtung möglicher Folgeuntersu-

chungen. Im Rahmen dieser Untersuchungen können die während dieser Arbeit neu aufgeworfenen Fragestellungen genauer analysiert werden

Electric discharge of sub cooled liquid nitrogen and the influence of gas bubbles

The use of liquid nitrogen as coolant and insulation liquid for superconducting devices increases more and more. Due to the unavoidable heat flow from the outside into the cryogenic system, spatial nitrogen gas can be created. These gas volumes are weak points of the electrical insulation. Therefore the dielectric strength of liquid nitrogen and the influence of gas bubbles in the liquid nitrogen on the withstand voltage are investigated in this thesis. First the general discharge mechanisms in insulating liquids and the hitherto observed mechanisms in liquid nitrogen are presented. After the description of the test equipment, the test setup for the homogeneous and inhomogeneous fields are described, as well as the geometry of the gas bubbles between the electrodes. The discussion of the results is divided into the measurements with and without thermally induced gas bubbles. Additionally, within this classification, the results are divided into measurements with lightning impulse and power frequency voltage. From the measurements in the homogeneous field without thermally induced bubbles initiation conditions of the breakdown are analyzed and discharge field strengths are derived. These field strengths are transferred to the inhomogeneous field regarding the influence of the inhomogeneity. Polarity effects observed during the measurements are explained by different propagation mechanisms of the discharges and the dependence on sphere polarity, pressure and electrode distance. The measurement results with thermally induced gas bubbles are compared to calculations of the breakdown voltage with Paschen's law. These calculations consider the geometry, temperature, pressure and polarity of the gas bubble. The polarity effects observed within these measurements are explained by the Townsend and Streamer mechanism together with the propagation mechanisms of the discharge in liquid nitrogen. For the power frequency measurements the movement of the gas bubbles has to be taken into account additionally. The thesis is concluded with the consideration of potentially following experiments. Through these following investigations the questions, which arose during this thesis, could be analyzed more in detail.

Simulation von Gasentladungsprozessen mit Modellen für poröse Medien

Michael Hilbert

Tag der mündlichen Prüfung: 13.11.2014

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

2. Prüfer: Prof. Dr. Claus-Peter Klages

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit inneren Teilentladungen als eine Ursache der Degradation von festen Isolierstoffen. Es wird Bezug genommen auf diskrete Schichtdielektrika und poröse Medien als Isolierstoffe. Hierzu werden die Teilentladung sowie deren Entstehung betrachtet.

Die Gasentladungsprozesse von Teilentladungen werden ihren Mechanismen sowie Anwendungsbereichen entsprechend beschrieben. Es wird dazu auf den Townsend- und den Streamer-Mechanismus eingegangen. Auf die grundsätzliche Plasmabeschreibung wird ebenfalls verwiesen.

Zur Simulation von Teilentladungsausbreitungsprozessen wird über Plasmasimulationsmethoden hin zum Partikel-In-Cell Monte Carlo Simulationverfahren geführt. Dies wird zur Betrachtung der Gasentladungsvorgänge an modellhaften Elementarzellen genutzt. Nach einer Vorstellung der Randbedingungen und gewählten Parameter wird das Simulationsprogramm über eine Entladung eines Einzelhohlraums verifiziert. Als weitere wichtige Größe zur Charakterisierung von Teilentladungen wird kurz die wahre Ladung betrachtet.

Die Modellbildung sowie Diskussion der Entladungsvorgänge erfolgt über die vier grundlegenden Elementarzellen für Anordnungen mit zwei Mikrohohlräumen. Hierzu werden in Richtung des elektrischen Feldes parallele sowie serielle Elementarzellen jeweils mit und ohne Verbindungsöffnung untersucht und charakterisiert. Einer Diskussion der Ergebnisse folgt schließlich eine Detektion der kritischen und unkritischen Geometrien anhand der Feldkopplung und Plasmakopplung.

Simulations of gas discharge processes with models of porous media

The present work deals with inner partial discharges as origin of degradation of solid insulations. It is referenced to discrete layer dielectrics and porous media as insulations. Therefore, partial discharges and their formation is considered.

Gas discharge processes of partial discharges, their mechanisms and areas of application are described. Therefore, the Townsend-mechanism and the Streamer-mechanism are presented. It is also referred to basic plasma description.

For simulation of partial discharge propagation processes several plasma simulation methods are introduced. This leads to the Particel-In-Cell Monte Carlo simulation method which is

used for consideration of gas discharge process with modellbased fundamental cells. After an introduction of the boundary conditions and the choosen parameters, the simulation program is verified through a discharge in a single microcavity. As main value for characterisation of partial discharges the charge is shortly presented.

Modelling and discussion of the discharge processes are carried out regarding four fundamental cells of arrangements with two microcavities. Therefore, parallel and seriell fundamental cells regarding to the electric field with and without opening are determined and characterised. After a discussion of the results, critical and less critical geometries regarding to field coupling and plasma coupling are detected.

Betriebsführung dezentraler Photovoltaik-Anlagen für optimierte Spannungshaltung und stabilen Betrieb in elektrischen Verteilungsnetzen

Yehia Tarek Mohammed Salah Eldin Fawzy

Tag der mündlichen Prüfung: 28.11.2014

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

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

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

Der Großteil der PV-Anlagen speist ins elektrische Verteilungsnetz ein und sorgt damit für eine immer mehr dezentrale Energieversorgung. Ein begrenzender Faktor für den Ausbau dezentraler Energieversorgungsanlagen in Verteilungsnetzen ist die mögliche negative Auswirkung auf die Spannungs- bzw. Versorgungsqualität. Gegenstand dieser Arbeit ist daher die Bewertung und Optimierung des Beitrags von PV-Anlagen zur Spannungshaltung. Des Weiteren werden Betriebsführungsstrategien zur aktiven Nutzung der PV-Anlagen im Netzbetrieb vorgestellt. Hierbei liegt der Blindleistungshaushalt im Netz im Fokus.

Eine gezielte Zusammenarbeit mehrerer PV-Anlagen wird zur Spannungshaltung und demzufolge zur Erhöhung der Netzaufnahmekapazität genutzt. Auf Basis dieser Zusammenarbeit werden Ansätze und Empfehlungen zur Parametrierung von autarken Kennlinien-Verfahren, wie bspw. $Q(U)$ und $\cos\phi(P)$, zur optimierten Spannungshaltung in Verteilungsnetzen vorgestellt. Mit „Optimierung“ ist hierbei eine Minimierung des Blindleistungsflusses bei gegebener Nutzung der Netzaufnahmekapazität gemeint. Die Effektivität und Effizienz des Verfahrens werden anhand einer dynamischen Simulation für ein reales Mittelspannungsnetz gezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine optimierte Spannungshaltung zu einer erhebliche Reduktion der benötigten jährlichen Blindarbeit führt.

Damit trotz Dezentralisierung der Energieversorgung kurze, schnelle Entscheidungswege für die Netzbetriebsführung erhalten bleiben, sollten PV-Anlagen in einem intelligenten Verteilungsnetz koordiniert und in die Betriebsführung eingebunden werden. Ergänzend zur autar-

ken Verfahren werden daher Ansätzen einer koordinierten Spannungshaltung untersucht. Hierbei werden Verfahren zur Einbindung der PV Anlagen in die Netzbetriebsführung vorgestellt. Diese Verfahren beruhen auf eine optimierte Lastflussberechnung zur Erfüllung von diversen Zielvorgaben des Netzbetriebs. Durch den Einsatz der eingeführten Verfahren wird gezeigt, dass PV Anlagen in der Lage sind, neben Spannungshaltung, den Blindleistungsbedarf der Lasten im betrachteten Netz abzudecken. Die Ergebnisse zeigen, dass der Blindleistungsimport aus dem überlagerten Netz durch Bereitstellung kapazitiver Blindleistung durch die PV Anlagen verhindert wird. Als Folge dessen wird eine Verbesserung des Verschiebungsfaktors am Übergabepunkt zum Übertragungsnetz erzielt.

Mit der vorliegenden Arbeit wird ein Beitrag zur besseren Nutzung dezentraler erneuerbarer Energien im Netzbetrieb und zur Verzögerung von Netzausbaumaßnahmen geleistet.

Operational strategies of distributed Photovoltaic-Plants for an optimized voltage regulation and stable operation in distributed grids

The majority of PV systems are connected into the electrical distribution network, allowing for a more decentralized energy supply. A limiting factor for the expansion of decentralized energy systems is their possible negative effect on the voltage and power quality of the distribution network. The purpose of this work is therefore to evaluate and optimize the contribution of PV systems for voltage regulation. Furthermore, management strategies for active use of PV systems in the network operation control are presented. The focus is laid on reactive power management.

A strategic cooperation of PV systems is used to regulate voltage and hence used to increase network hosting capacity. Based on this cooperation, methods and recommendations for the parameterization of stand-alone characteristic methods such as $Q(V)$ and $\cos\phi(P)$, are presented allowing for an optimized voltage regulation in distribution networks. In this context "optimization" means the minimization of reactive power flow for a given use of network hosting capacity. The effectiveness and efficiency of the parameterization method are shown on the basis of a dynamic simulation of a real medium voltage grid. The results show that an optimized voltage regulation leads to a significant reduction in the required annual reactive energy of the investigated network.

In order to preserve short and fast decision-making paths for the grid operation control despite of the decentralization of energy supply, PV systems should be coordinated and involved in the operational management of intelligent distribution networks. Hence, in addition to the stand-alone methods and approaches are examined for coordinated voltage regulation. In this context, methods for integration of PV systems into the network management are introduced. These methods are based on an optimized power flow calculation to meet various objectives of network operation. By using the introduced methods PV systems are able, in addition to voltage regulation, to supply the reactive power demand of the loads in the investigated net-

work. The results show that the reactive power import of the upstream network is prevented by providing a capacitive reactive power from the PV systems. Consequently an improvement in the power factor at the interfacing point to the transmission network is achieved.

The methods and approaches developed in the present work allows for a better use of decentralized renewables in grid operation control and indicate possible contributions from PV systems to avoid or postpone grid reinforcement.

4 Besondere Ereignisse 2014 - Special Events 2014

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

08.01.

Kick-off-Treffen Stadt der Zukunft

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Munzel

10.01.

Smart Nord Quartalstreffen, Hannover

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, F. Muuß, S. Koch

13.01.

Fakultätsratsitzung

Teilnehmer: M. Kurrat

20.01.

Exkursion zur Firma Siemens, Berlin

Teilnehmer: F. Muuß, Studierende

20.01.

FNN Lenkungskreis NS/MS, Berlin

Teilnehmer: M. Kurrat

21.01.

Workshop der Institutsleitung

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, A. Kuhlmei

22.01.

VDE Neujahrsempfang, Haus der Wissenschaft

Teilnehmer: M. Kurrat, S. Diekmann

22.01.

Exkursion Audi e-Gas Anlage und EWE Zentrum Zukunft, Werlte/Emstek

Teilnehmer: B. Engel, F. Funck, F. Muuß, B. Osterkamp, Studierende, Mitarbeiter des Offis (Oldenburg)

24.01.

Exkursion zum Steinkohlekraftwerk, Mehrum

Teilnehmer: H. Loges, H. Waitschat, Studierende

27./28.01.

Workshop Euramet, Paris

Teilnehmer: M. Kurrat

28.01.

Studienseminar WS 13/14 Neues von der Elektromobilität und zukünftige Herausforderungen für das Stromnetz, Haus der Wissenschaft

Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat, diverse Mitarbeiter – elenia



29./30.01.

Konferenz "Zukünftige Netze für Erneuerbare Energien", Berlin

Teilnehmer: B. Engel, H. Loges, O. Marggraf

30.01.

Mentorentreffen Prof. Kurrat

Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill, Studierende

31.01.

Exkursion zur Firma SMA, Niestetal

Teilnehmer: B. Engel, S. Laudahn, Studierende

06.02.

Workshop zum Projekt e-Home im EFZN, Goslar

Teilnehmer: B. Engel, H. Loges

10.02.

VDE Vorstandssitzung, Siemens, Braunschweig

Teilnehmer: M. Kurrat

11.02.

Prof.-Begrüßungsprogramm Modul Lehre

Teilnehmer: B. Engel

12.02.

Sitzung des FNN Expertennetzwerk dezentrale Erzeuger, Berlin

Teilnehmer: M. Kurrat

12. – 14.02.

13. Symposium Energieinnovation (EInnov2014) an der TU Graz

Teilnehmer: B. Engel, F. Funck, D. Unger, H. Loges, M. Wiest



18.02.

Veröffentlichung der dena-Studie "Systemdienstleistungen 2030", Berlin

Teilnehmer: B. Engel

18.02

Projekttreffen SmartNord, Offis, Hannover

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, F. Muuß, S. Koch

18./19.02.

Erwartungsmanagementworkshop PMO, elenia

Teilnehmer: Projektmanagement-Office (PMO)

19.02.

Stadt der Zukunft 1. Sitzung der Lenkungsgruppe

Teilnehmer: M. Kurrat

19.02.

PV Grid Workshop, Berlin

Teilnehmer: B. Engel

21.02.

Lenkungskreis green2store, Oldenburg
Teilnehmer: B. Engel

25.02.

NFF Vorstandstreffen, Mobile Life Campus, Wolfsburg
Teilnehmer: M. Kurrat

26.02.

EFZN-Mitgliederversammlung, Goslar
Teilnehmer: B. Engel

06.03.

Dr. Prüfung Shirazi, Leibniz Universität Hannover
Teilnehmer: M. Kurrat

11./12.03.

Hochspannungssymposium, Stuttgart
Teilnehmer: M. Hilbert, O. Binder, W. Herweg

11. – 14.03.

29. Photovoltaik-Symposium, Bad Staffelstein
Teilnehmer: B. Engel, S. Laudahn

12./13.03.

CIGRE Conference Innovation for secure and efficient Transmission Grids, Brüssel
Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hemdan

14.03.

Mitgliederversammlung VDI, Braunschweig
Teilnehmer: B. Engel

17.03.

17. Braunschweiger Energiecafé, Vortrag "Dezentrale Energieversorgung – ein Schlüssel zur Energiewende"
Teilnehmer: B. Engel

18.03.

FNN Lenkungskreis NS/MS, Berlin
Teilnehmer: M. Kurrat

19.03.

BSW-Fachgruppe Netzfragen, Offenbach
Teilnehmer: B. Engel

21.03.

Besuch bei Prof. Leibfried mit Vorstellung Promotionsvorhaben Meisner, Karlsruhe
Teilnehmer: M. Kurrat, J. Meisner

24.03.

Sitzung FNN Expertennetzwerk dezentrale Erzeuger, Berlin
Teilnehmer: M. Kurrat

24./25.03.

Präsentationstraining-workshop, am elenia
Teilnehmer: Diverse Mitarbeiter - elenia

26.03.

NFF Vorstandstreffen im Mobile Life Campus, Wolfsburg
Teilnehmer: M. Kurrat

27./28.03.

Göttinger Energietage
Teilnehmer: B. Engel, J. Wussow

28.03.

Laboreinweihung, Offis Oldenburg

Teilnehmer: M. Kurrat

04.04.

VDA Vortrag, Schweinfurt

Teilnehmer: M. Kurrat

11.04.

Smart Nord Messestand auf der Hannover Messe

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, F. Muuß

13.04.

Campuslauf 2014, Sportzentrum der TU Braunschweig

Teilnehmer: T. Pieniak, O. Marggraf, U. Westerhoff, J. Mummel, F. Funck, T. Runge, B. Osterkamp



14.04.

VDE Vorstandstreffen, Cremlingen

Teilnehmer: M. Kurrat

23.04.

NFF Vorstandstreffen im Mobile Life Campus, Wolfsburg

Teilnehmer: M. Kurrat

25.04.

SmartNord Quartalstreffen, Oldenburg

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, F. Muuß, S. Koch

28.04.

Fakultätsratsitzung

Teilnehmer: M. Kurrat

29.04.

Einweihung PV-Anlage, TU Clausthal

Teilnehmer: B. Engel

05.05.

Stadt der Zukunft 2. Sitzung Lenkungsgruppe

Teilnehmer: M. Kurrat

06. – 08.05.

Technische Akademie Esslingen, Vortrag „Epoxid- und Polyurethanharze in Elektrotechnik und Elektronik“

Teilnehmer: M. Hilbert

13.05.

Tagung "Energy 2050", Oldenburg

Teilnehmer: B. Engel

14.05.

„Erfahrungswerkstatt vor Ort“: Zentrale Energieerzeugung und Netze, Heizkraftwerk BS Energy

Teilnehmer: B. Engel

15./16.05

Isolierstoffkolloquium, Darmstadt

Teilnehmer: M. Kurrat, M. Hilbert, B. Schottel, N. Hill, J. Meisner

16.05.

FNN-Förderkreissitzung, Berlin

Teilnehmer: B. Engel

19.05.

Mentorentreffen Prof. Kurrat

Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill,

Studierende

20.05.

Phoenix Contact Laboreinweihung, Blomberg

Teilnehmer: M. Kurrat

22.05.

NFF Vorstandstreffen im Mobile Life Campus, Wolfsburg

Teilnehmer: M. Kurrat

23.05.

Workshop Schwerpunktbildung

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, A. Kuhlmei, F. Funck, J. Mummel, K. Rach

26.05.

FNN Lenkungskreis NS/MS

Teilnehmer: M. Kurrat

02. – 04.06.

Exkursion HST 2, KEMA Arnhem

Teilnehmer: M. Kurrat, T. Pieniak, T. Runge, N. Hill, Studierende

03.06.

Mentorentreffen Prof. Engel

Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf, H. Loges, Studierende

03.06.

Ringvorlesung in der Hochspannungshalle

Teilnehmer: B. Engel, diverse Mitarbeiter – elenia, Studierende



10./11.06.

NFF Workshop, Goslar

Teilnehmer: M. Kurrat

10. – 12.06.

Pfingstexkursion, Regensburg

Teilnehmer: B. Engel, B. Osterkamp, O. Marggraf, M. Hilbert, T. Kopp

12.06.

FNN Expertennetzwerk dezentrale Erzeuger, Berlin

Teilnehmer: M. Kurrat

17.06.

Dr. Prüfung Bernd Schottel

Teilnehmer: Alle

17.06.

Exkursion in der VL Energiewirtschaft und Kraftwerke zur Rappbode-Talsperre, Harz

Teilnehmer: H. Loges, J. Seidel

17./18.06.

Ausrichtung des DKE K 124 Treffen,
Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, D. Kind,
M. Hilbert*

23. – 26.06.

The 27th International Conference on Electrical Contacts (ICEC), Dresden

*Teilnehmer: M. Kurrat, T. Kopp, H. Köpf,
J. Rütther, E.-D. Wilkening, C. Klosinski*

24.06.

Verleihung des Albert-Keil-Preises 2014
an Prof. Manfred Lindmayer im Rahmen
der ICEC, Dresden

Teilnehmer: M. Lindmayer



24.06.

NFF Vorstandstreffen im Mobile Life
Campus, Wolfsburg

Teilnehmer: M. Kurrat

25.06.

KLIB Mitgliederforum, Braunschweig

Teilnehmer: M. Kurrat

25.06.

Stadt der Zukunft 3. Sitzung Lenkungs-
gruppe

Teilnehmer: M. Kurrat

26.06.

Vortrag beim VDE-BV Südbayern "Netz-
dienliche Speicher für Photovoltaikanla-
gen"

Teilnehmer: B. Engel

27.06.

Dr. Prüfung Johan Meisner

Teilnehmer: Alle

28.06.

TU Day 2014

Teilnehmer: Diverse Mitarbeiter – elenia

28.06.

TU Science Talk, Vortrag „Intelligentes
Energiemanagement“

Teilnehmer: B. Engel

30.06.

Fakultätsratsitzung

Teilnehmer: M. Kurrat

01.07.

Jährliche Sicherheitsunterweisung

Teilnehmer: Alle

02.07.

Antrittsvorlesung Garnweitner

Teilnehmer: M. Kurrat

03.07.

Workshop YoungDocs, Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, C. Klosinski,
T. Runge, L. Soleymani, B. Kühn,
K. Kurbach*

04.07.

Dr. Prüfung Asaf Ali, TU Braunschweig
IMAB

Teilnehmer: M. Kurrat

04.07.

Vortrag auf dem Tag Bauen/ Umwelt/
Architektur

Teilnehmer: M. Kurrat

07.07.

Mentorentreffen Prof. Kurrat

Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill

08.07.

Stadt der Zukunft 4. Sitzung
Lenkungsgruppe

Teilnehmer: M. Kurrat

09.07.

Dr. Prüfung Yang, Universität Kassel

Teilnehmer: M. Kurrat

11.07.

SmartNord Quartalstreffen, Braunschweig

*Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, F. Muuß,
S. Koch*

14.07.

Fleets Go Green 6. Gesamtprojekttreffen

*Teilnehmer: M. Kurrat, J. Mummel, L.
Soleymani*



15.07.

Elenia Studienseminar Die Energieversorgung von Morgen“ und „Energiespeicher und E-Mobilität“

*Teilnehmer: B. Engel, M. Kurrat, diverse
Mitarbeiter – elenia, Studierende*

15.07

Semesterabschlussgrillen, elenia

Teilnehmer: Alle, Studierende

15.07.

Exkursion VW Kraftwerke, Wolfsburg

Teilnehmer: B. Engel, A. Dammasch

16.07.

Habilitationsvorhaben Dr.-Ing. Frank
Reichert, TU Ilmenau

Teilnehmer: M. Kurrat

16.07.

Behördenstaffelmarathon 2014,
Braunschweig

*Teilnehmer: B. Engel, 20 Mitarbeiter –
elenia*



17./18.07.

Workshop Stadt der Zukunft, Haus Hesse-
senkopf Goslar

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel

21.07.

Exkursion Enercon, Magdeburg

Teilnehmer: J. Seidel, D. Unger, B. Osterkamp



21.07.

Dr. Prüfung Julia Rüther

Teilnehmer: Alle



22.07.

Institutsausflug Wakepark Wolfsburg

Teilnehmer: Alle

24.07.

e-home Forschungstreffen, Hannover

Teilnehmer: B. Engel, H. Loges

30.07. – 01.08.

Klausurtagung AG - Energiesysteme,
Braunlage

Teilnehmer: B. Engel, AG Energiesysteme

26.08.

Promotionsgespräch B. Deppe, Offenbach

Teilnehmer: M. Kurrat

26./27.08.

2. Workshop YoungDocs, Goslar

*Teilnehmer: M. Kurrat, C. Klosinski,
K. Kurbach, L. Soleymani, B. Kühn,
T. Runge*

02. - 04.09.

Doktorandentag und AG-Ausflug der AG-
Energietechnologien

Teilnehmer: M. Kurrat, AG Energietechnologien

05.09.

Dr. Prüfung Björn Bünsow

Teilnehmer: Alle

10.09.

Pressovorstellung „emilia“, Haus der
Wissenschaft

Teilnehmer: B. Engel, F. Soyck, J. Wussow

11.09.

Workshop zur Weiterentwicklung der
Lehrveranstaltungen, Salzgitter

*Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel,
E.-D. Wilkening*

12.09.

Dr. Prüfung Michael Blaz

Teilnehmer: Alle

19.09.

Energietechnisches Symposium und Ehemaligentreffen 2014, elenia

Teilnehmer: Alle



22.09.

BLB Vollversammlung, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Teilnehmer: M. Kurrat, U. Westerhoff, K. Kurbach

24.09.

NFF Vorstandstreffen im Mobile Life Campus, Wolfsburg

Teilnehmer: M. Kurrat

25.09.

Kick-off-Treffen PV-Speicherzähler, Braunschweig

Teilnehmer: B. Engel, F. Funck, F. Soyck

25./26.09.

Besprechung Budgetplan Forschungsgruppen

Teilnehmer: M. Kurrat

29.09.

FNN Lenkungskreis NS/MS

Teilnehmer: M. Kurrat

29.09. – 01.10.

Solid Edge Weiterbildungskurs

Teilnehmer: 14 Mitarbeiter – elenia aus Werkstatt und AG Energietechnologien

01.10.

Stadt der Zukunft 5. Sitzung Lenkungsgruppe

Teilnehmer: M. Kurrat

02.10.

Seminar YoungDocs

Teilnehmer: M. Kurrat, S. Soleymani, K. Kurbach, B. Kühn, T. Runge, C. Klosinski

03.10.

Erster Workshop PV-Speicherzähler, Braunschweig

Teilnehmer: B. Engel, F. Funck, F. Soyck

06. – 08.10.

BMWI-Stand: Battery + Storage Messe

Teilnehmer: U. Westerhoff



08./09.10.

Niedersächsische Energietage, Goslar

Teilnehmer: B. Engel, M. Bunk, A. Dammasch, S. Diekmann, H. Loges, F. Soyck, J. Wussow

10.10.

SmartNord Quartalstreffen, Hannover

*Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel, F. Muuß,
S. Koch*

11. – 18.10.

ICLP 2014, Shanghai, China

Teilnehmer: M. Kurrat, T. Kopp

12. - 15.10.

60th IEEE Holm Conference on Electrical
Contacts, New Orleans, USA

Teilnehmer: H. Köpf, E.-D. Wilkening

13.10.

“8th Seminar of Energy Efficiency, Sus-
tainable Development and Renewable En-
ergy” Von elenia und PTB für Brasilianer
Vortrag Engel: Photovoltaic Systems

Teilnehmer: B. Engel

16.10.

Kick-off-Treffen PV-Regel, SMA Kassel

*Teilnehmer: B. Engel, J. Seidel, B. Oster-
kamp*

20.10.

Fakultätsratsitzung

Teilnehmer: M. Kurrat

20./21.10.

VDE-Kongress Smart Cities

*Teilnehmer: B. Engel, diverse Mitarbeiter
– elenia, Studierende*



22.10.

Vortrag beim Studium Generale

Teilnehmer: M. Kurrat

24.10.

Absolvententag der Fakultät für Elektro-
technik, Informationstechnik, Physik

Teilnehmer: M. Kurrat

28.10.

85 Jahre VDE Braunschweig

Teilnehmer: M. Kurrat, S. Diekmann

28.10.

Fachtagung „Energías Renovables Made in
Germany“, Lima (Peru)

Teilnehmer: B. Engel



30.10.

PRO.MOTION 2014 Doktorandentag
Volkswagen

Teilnehmer: M. Kammerlocher

04.11.

Ergebnispräsentation der Studie „Statische
Spannungshaltung“ beim Expertennetz-
werk des FNN DEZ

Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf

04.11.

Werkstattpräsentation elenia

Teilnehmer: Alle



06.11.

SMS Kick-off-Treffen, elenia

*Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hemdan, C.
Klosinski, M. Hilbert*



07.11.

Deutsch-Senegalesischer Wirtschaftsgipfel
mit senegalesischer Energieministerin,
Düsseldorf

Teilnehmer: B. Engel



13.11.

Dr. Prüfung Michael Hilbert

Teilnehmer: Alle

13.11.

Auto-Uni Konferenz "Kolloquium Elekt-
romobilität"

Teilnehmer: U. Westerhoff, J. Bellin

13.11.

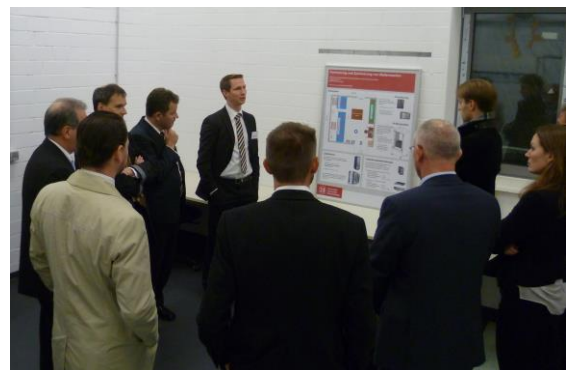
Mentorentreffen Prof Kurrat

Teilnehmer: M. Kurrat, N. Hill

20.11.

VDMA -Jahrestagung AK Batterieproduk-
tion, Braunschweig

Teilnehmer: U. Westerhoff



24.11.

Workshops „Strom- und Wärmeversorgung vom Haus zum Quartier“ vom ISFH, Hameln

Teilnehmer: B. Engel, H. Loges

25./26.11.

ETG Diagnostik, Berlin

Teilnehmer: M. Hilbert, N. Hill, C. Schierding

28.11.

Dr. Prüfung Tarek Fawzy

Teilnehmer: Alle

01.12.

FNN Lenkungskreis NS/MS, Berlin

Teilnehmer: M. Kurrat, B. Engel

02.12.

Dr. Prüfung Debus, TU Darmstadt

Teilnehmer: M. Kurrat

03.12.

Dr. Prüfung Goll, TU München

Teilnehmer: M. Kurrat

04.12.

Mentorentreffen Prof. Engel

Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf, H. Loges, Studierende

04.12.

Seminar YoungDocs

Teilnehmer: M. Kurrat, S. Soleymani, K. Kurbach, B. Kühn, T. Runge

09.12.

Vortrag auf dem CTI Fachforum, Berlin

Teilnehmer: M. Kurrat

10.12.

Kick-off-Treffen U-Control, Braunschweig

Teilnehmer: B. Engel, O. Marggraf, S. Laudahn

10.12.

Stadt der Zukunft 6. Sitzung der Lenkungsgruppe

Teilnehmer: M. Kurrat

11./12.12.

Workshop Professionals, Goslar

Teilnehmer: M. Kurrat, div. Mitarbeiter

12.12.

EFZN Kuratorium, Goslar

Teilnehmer: M. Kurrat

15./16.12.

NFF Workshop, Wöltingerode

Teilnehmer: M. Kurrat

17.12.

Weihnachtsfeier elenia

Teilnehmer: Alle

18.12.

NFF Vorstandssitzung

Teilnehmer: M. Kurrat

19.12.

Dr. Prüfung Refaey, TU München

Teilnehmer: M. Kurrat

4.2 Berichte von besonderen Ereignissen - Reports on Special Events

Pressevorstellung von „emilia“

Dipl.-Ing. Jonas Wussow

Im Rahmen des Verbundprojektes „Elektromobilität mittels induktiver Ladung (emil)“ wurden bereits der erste batteriebetriebene Elektrobuss, der induktiv geladen wird, in den Linienbetrieb der Braunschweiger Verkehrs-GmbH aufgenommen und die dazu notwendige induktive Ladeinfrastruktur integriert.

Im darauf folgenden Schaufensterprojekt „Induktiv Laden“ wird die gemeinsame Nutzung der induktiven Ladeinfrastruktur von Fahrzeugen des ÖPNVs und des Individualverkehrs untersucht. An diesem Projekt sind neben der Braunschweiger Verkehrs-GmbH und BS|Energy auch das Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen (IMAB), das Institut für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik (iVA) und das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen- elenia beteiligt. Für dieses Projekt haben die TU-Institute drei Elektrofahrzeuge vom Typ eGolf bekommen, die im Laufe des Projekts umgebaut werden, um induktiv geladen werden zu können.



Abbildung 50: left to right, Prof. Meinerzhagen (Prodekan EITP TU BS), Randolph Hermann (BS|Energy), Prof. Schnieder (iVA), Prof. Hesselbach (Präsident TU BS), Prof. Meins (IMAB), Prof. Engel (elenia), Frank Brand (Verkehrs-GmbH) und Prof. Henke (IMAB)

Figure 50: see above

Am 10. September 2014 wurden diese Fahrzeuge vor dem Haus der Wissenschaft der Öffentlichkeit präsentiert. Der Präsident der Technischen Universität Braunschweig Prof. Hesselbach und Frank Brand von der Braunschweiger Verkehrs GmbH begrüßten die Gäste aus

Wissenschaft und Presse. Abgerundet wurde die Veranstaltung mit Vorträgen der drei beteiligten Institute über ihre jeweiligen Teilprojekte im Forum des Hauses der Wissenschaft.



Abbildung 51: Die drei eGolf „emilia“ und der Elektrobus „emil“
 Left to right, T. Kurczveil (iVA), T.-H. Dietrich (IMAB), J.Wussow (elenia),
 F.Soyck (elenia)

Figure 51: The three eGolf “emilia” and the electric bus “emil”

Die Fahrzeuge tragen den Namen „emilia“. Dadurch soll die Verwandtschaft zum Elektrobus, der bereits unter dem Namen „emil“ in der Braunschweiger Allgemeinheit bekannt ist, symbolisiert werden. Der Name „emilia“ steht in Analogie zu „emil“ für „Elektromobilität mittels induktiver Ladung im Automobil“.

Press presentation of “emilia”

Dipl.-Ing. Jonas Wussow

As part of the project emil the first inductive charged electric bus began operating on routes and the necessary inductive charging infrastructure was integrated. In the following show cast project *InduktivLaden* the joint use of inductive charging infrastructure by individual and public transport will be researched. Braunschweiger Verkehrs GmbH, BS|Energy and the three TU-institutes IMAB, iVA and elenia are involved in this project.

For this project the TU-institutes got three electric vehicles type eGolf. These cars will be converted in order to be charged inductively.

On 10 September 2014 the eGolf were presented at Haus der Wissenschaft. The President of TU Braunschweig Prof. Hesselbach and Frank Brand from Braunschweiger Verkehrs GmbH welcomed guests from science and press. Finally the three TU-institutes presented their respective subproject.

The cars are called „emilia“. So the relationship to the electric Bus is demonstrated. The bus is known under „emil“ by citizens in Braunschweig. „Emilia“ means „electro mobility by inductive charging in cars“.

TU-Day 2014 – Wissenschaft bewegt...!

Björn Osterkamp, M.Sc., Dipl.-Ing. Daniel Hauck

Der Tag der offenen Tür der Technischen Universität Braunschweig wurde in diesem Jahr als TU-Day 2014 unter dem Motto der drei Themenschwerpunkte der TU Braunschweig veranstaltet. Hierzu entwickelten die Verantwortlichen ein vollständig neues Konzept mit den Themenhäusern „Mobilität“, „Infektionen & Wirkstoffe“ und „Stadt der Zukunft“ an verschiedenen Standorten auf dem Campus. Außerdem wurden sogenannte „Science Talks und „Lightning Talks“ organisiert, hier konnten die knapp 15.000 Besucher direkten Kontakt zu Wissenschaftlern suchen.

Das elenia hat sich mit einem Vortrag von Prof. Engel zum Thema „Intelligentes Energiemanagement“ ebenfalls an den „Science Talks“ beteiligt, hier stellte sich im Anschluss eine lebhafte Diskussion rund um das Vortragsthema ein. Neben der Besichtigung der Hochspannungshalle wurde in diesem Jahr eine Führung durch das Netzintegrationslabor angeboten, bei der die Besucher die Auswirkungen der erneuerbaren Energie auf das Netz kennenlernen konnten.

Der Stand des Instituts siedelte sich am diesjährigen TU-Day rund um das Fahrzeuglabor in der Nähe der Oker an.

Verschiedene Exponate und Poster aus den drei Schwerpunktbereichen „E-Mobilität“, „Komponenten der Energieverteilung“ und „Aktives Verteilnetz“ wurden präsentiert. Häufige Diskussions-themen mit den Besuchern und den wissenschaftlichen Mitarbeitern waren die geringe Reichweite der Elektrofahrzeuge und die Energiewende. Der



Abbildung 52: Fahrzeuglabor (A), Forschungsposter/ -exponate (B), Hochspannungsversuche (C), Netzintegrationslabor (D)
Figure 52: Vehicle-lab (A), Research-poster/ -exhibit (B), High-Voltage experiments (C), grid-integration-lab (D)

lautstarke Mini-Marx-Generator und Teile der elenia-Elektrofahrzeugflotte sorgten hier für stetigen Besucherandrang.

Der am Tag der offenen Tür zur Tradition gehörende Bandgenerator lockte vor allem das jüngere Publikum und die Wissenschaftler von morgen an. Viele Interessierte haben die Chance genutzt um sich die Haare zu Berge stehen zu lassen.

TU-Day 2014 – Science on the move

Björn Osterkamp, M.Sc., Dipl.-Ing. Daniel Hauck

The TU Day 2014 was developed under the motto of three main themes of representing the new objectives of the TU Braunschweig: "mobility", "infections and agents" and "City of the Future". In addition to that, "Science Talks" and "Lightning Talks" were organized, so approximately 15,000 visitors could get in direct contact with the scientists and research staff of the university.

The elenia institute has participated within the "Science Talks". Prof. Engel gave a presentation on "intelligent energy management systems", followed by a discussion with the audience. For the public, different visits were prepared. The first one was to the high voltage hall (Figure 52 C), and a guided tour was offered through the grid integration laboratory (Figure 52 D), in which visitors could learn about the influence of renewable energy on the electrical grids.

The booth of the institute settled on this year's TU-Day around the vehicle laboratory (Figure 52 A) near the river Oker. Various exhibits and posters of different elenia research-fields "E-Mobility", "Power Distribution Components" and "Smart Grid" were presented (Figure 52 B). Frequent topics of discussion between the visitors and the scientific staff were the electric vehicles and the energy transition. The loud mini-Marx generator and parts of elenia electric vehicle fleet ensured a steady stream of visitors.

As one of our tradition, a visitor magnet was the "Van de Graaff" generator, which has attracted the young peoples and the scientists of tomorrow. Many interested visitors used the opportunity to be charged up to 150000 volts.

Doktorandentag der AG Energietechnologien

Kerstin Kurbach, M.Sc.

Im September fanden zum zweiten Mal die Doktorandentage der AG Energietechnologien (Abbildung 53) statt. Jeder wissenschaftliche Mitarbeiter hat zu diesem Termin sein aktuelles Forschungsthema auf einem Poster aufbereitet. An zwei Tagen wurden diese, gruppiert nach unseren Forschergruppen, im Fahrzeuglabor des Instituts ausgestellt. In Gesprächen wurde über die Themen sowie sich daraus ergebende Fragestellungen und Herausforderungen diskutiert. Jeder Mitarbeiter hatte die Gelegenheit neue Denkanstöße für seine Arbeit zu gewinnen,

sein Forschungsthema weiter zu konkretisieren oder bestimmte Aspekte der Arbeit zu besprechen. Gleichzeitig konnten sich alle über die Forschungsaktivitäten informieren und dadurch einen umfassenden Eindruck über die aktuellen Tätigkeiten innerhalb des Instituts gewinnen. Es konnten Synergien aufgedeckt und hilfreiche Informationen ausgetauscht werden. Dem fachlichen Austausch schloss sich eine gemeinsame Aktivität im Indoor Minigolf Center in Braunschweig an.



Abbildung 53: Arbeitsgruppe Energietechnologien

Figure 53: Working Group Energy Technologies

Aufgrund der vielen positiven Rückmeldungen seitens der wissenschaftlichen Mitarbeiter ist dies eine Veranstaltung, die auch in den kommenden Jahren Bestandteil des Institutslebens sein wird. Das offene gehaltene Programm ermöglichte einen freien und ungezwungenen Austausch zwischen den Teilnehmern und ließ alle davon profitieren.

Mentoring Day of the Working Group Energy Technologies

Kerstin Kurbach, M.Sc.

In September, was held for the second time the Mentoring Day of the working group energy technologies (Figure 53). Each scientific assistant has prepared a poster with his current research topic and presented it at a joint appointment in the institute. Together with Prof. Kurrat and the colleagues the research topics were discussed and resulting issues and challenges considered. Everyone had the opportunity to win new ideas for his work, to specific the research

topic or to talk about a certain aspect of his current work. At the same time all were informed about the research activities of the other members of the working group. Thus, synergies were uncovered and useful information exchanged. The professional exchange was followed by a joint activity in the Indoor Minigolf Center in Braunschweig.

Due to the positive feedback from the academic staff, this is an event that will be part of the institute life in the coming years. The open-held program allowed a free and informal exchange between the participants and let everyone benefits.

2. Energietechnisches Symposium mit Ehemaligentreffen

Dipl.-Ing. Julia Rütter

Dieses Jahr haben wir an das bewährte Konzept aus dem Jahr 2012 angeknüpft und alle ehemaligen und aktuellen Mitarbeiter sowie Partner des Instituts zum zweiten Energietechnischen Symposium eingeladen.

Wir konnten auch in diesem Jahr fünf Referenten gewinnen, die uns Einblicke in aktuelle Projekte der Energietechnik geboten haben. So standen die politisch motivierte Energiewende und ihre Umsetzung im Fokus der vier Vorträge. Zunächst haben Dr. Kahl und Dr. Seifert von der LAPP Insulators Holding GmbH über die erforderlichen „Neuen Netze für die Energiewende“ berichtet, woran sich Dr. Victor von der SMA Technology AG mit einem Vortrag über „Netzsystemdienstleistungen durch Solaranlagen“ anschloss. Nach einer kurzen Kaffeepause, in der die Diskussionsrunde zu den Vorträgen noch lebhaft weitergeführt wurde, ging Herr Durth von der Phoenix Contact GmbH näher auf den „Überspannungsschutz bei Windkraftanlagen“ ein. Den Abschluss bildete Herr Brandt mit seinem Vortrag über die „Weltpremiere für das induktive Hochleistungsladen im Buslinieneinsatz“, in dem er über das Forschungsprojekt „EMIL“ berichtete, in dem unter anderem auch das elenia beteiligt war.

Nach diesen interessanten Vorträgen gab es bei Kaffee- und Kuchen in der Hochspannungshalle die Möglichkeit neue Kontakte zu knüpfen oder auch alte Bekannte wieder zu treffen. Anschließend konnte man sich bei einem Rundgang durch die Labore über die aktuellen Forschungsthemen am elenia informieren und einige ehemaligen Mitarbeiter des Instituts konnten gewiss auch noch ein paar altbekannte Dinge wiederentdecken.



Abbildung 54: Gruppenfoto der Teilnehmer des 2. Energietechnischen Symposiums
Figure 54: Group photo of the attendees of the 2nd “Energietechnisches Symposium”

Die gesellige Abendveranstaltung fand dieses Jahr im Rodizio Gastwerk statt, wo uns nach brasilianischer Art das am Spieß gegrillte Fleisch direkt auf die Teller geschnitten wurde. Bei dem einen oder anderen Getränk wurden so noch lange viele interessante Gespräche geführt und Institutsgeschichten ausgetauscht.

Insgesamt können wir auf ein gelungenes zweites Energietechnisches Symposium 2014 zurückblicken und freuen uns schon jetzt auf die Fortsetzung der Symposien-Reihe.

2. Energietechnisches Symposium with alumni reunion

Dipl.-Ing. Julia Rütter

Following up the proven concept of the year 2012 we invited all the former and current colleagues as well as business partners of the institute to the second “Energietechnisches Symposium”.

This year, we could gain five speakers, who gave us an insight into current projects of the energy sector. Thus, the politically motivated energy turnaround and its realization were the key aspects of the four talks.

Subsequently, after these interesting lectures, the attendees had the possibility to establish new contacts or to meet old colleagues during a coffee break in our high voltage laboratory. Afterwards the visitors were able to take a tour through the laboratories to be informed about the current research projects at the institute. The evening event took place at the Rodizio Gastwerk. Everybody enjoyed interesting conversations until deep into the night.

We can look back to a successful second “Energietechnisches Symposium” and are looking forward to continue the symposium series.

Exkursion nach Amsterdam

Tobias Pieniak, M.Sc.

Im Rahmen der Vorlesung Hochspannungstechnik 2 wurde eine Exkursion nach Amsterdam durchgeführt. Da der Vorlesungsinhalt sich mit der Prüf- und Messtechnik beschäftigt, stand im Fokus der Exkursion der Besuch der Kema (akkreditiertes Hochspannungs- und Hochstromprüfzentrum) in Arnhem sowie der VSL (niederländisches nationales Metrologie-Institut) in Delft. Die Studenten hatten die Gelegenheit während eines gemeinschaftlichen dreitägigen Ausfluges nach Amsterdam diese Einrichtungen zu besichtigen.

Die Exkursion startete am 02.06 pünktlich um 10:30 Uhr in Braunschweig am Haus der Wissenschaft. 25 Studenten sowie 3 wissenschaftliche Mitarbeiter und Herr Prof. Kurrat traten die Reise an. Die Fahrt dauerte ca. 6 Stunden, sodass wir am späten Nachmittag in unserer Jugendherberge in der Innenstadt von Amsterdam eintrafen. Nachdem die Zimmer aufgeteilt wurden und alle diese bezogen hatten, nutzten wir die freie Zeit für eine 1,5stündige Grachtenfahrt durch Amsterdam. Im Anschluss ließen wir den Abend mit einem gemeinschaftlichen Essen in einem Restaurant in der Innenstadt ausklingen.



Abbildung 55: Gruppenbild der Exkursionsteilnehmer bei der Kema

Figure 55: Group picture of the excursion participants at the Kema

Am nächsten Tag fuhren wir nach einem reichhaltigen Frühstück zur Kema nach Arnhem. Wir erreichten die Kema pünktlich um 09:00 Uhr. Dort wurden wir von Herrn Dr. Smeets freundlich empfangen, welcher uns erst einmal auf einen Kaffee einlud und uns dabei in einer

Vorstellungspräsentation die Kema präsentierte. Direkt im Anschluss erfolgte bei sehr schönem Wetter die Werksführung durch die verschiedenen Bereiche der Kema. Wir erhielten einen sehr guten Einblick in die Leistungsprüffelder für Hochspannungen und Hochströme. Die Studenten konnten somit die Vorlesungsinhalte direkt mit realen Aufbauten verknüpfen und erhielten somit eine Vorstellung von der Größe und vom Aufbauaufwand der verschiedenen Komponenten. Im Anschluss an die Führung wurden wir von Herrn Dr. Smeets auf ein Mittagessen eingeladen. Danach ging es direkt wieder zurück nach Amsterdam, wo wir gegen 16:00 Uhr eintrafen. Nach einem kurzen Stopp in der Jugendherberge nutzen wir die freie Zeit für einen kulturellen Ausflug in das Experience Center der Brauerei Heineken und studierten umfassend den Produktionsprozess des Gerstensafts. Danach stand den Studenten der Abend zur freien Verfügung.

Am dritten und letzten Tag der Fahrt besuchten wir das nationale Metrologie-Institut der Niederlande, die VSL. Nach dem Frühstück in der Jugendherberge trafen wir um 09:00 Uhr in Delft ein, wo uns Herr Dr. Rietveld begrüßte. In einer Vorstellungspräsentation bei Kaffee und Keksen wurde uns ein Überblick über die Aufgabenbereich und die Struktur der VSL gegeben. Nach anschließender Diskussion wurden wir in kleinere Gruppen aufgeteilt und besuchten verschiedene Stationen innerhalb des Institutes. Von der Atomuhr bis hin zur Kalibrierung und Eichung von Strommessungen, Spannungsquellen und Widerständen wurden uns verschiedene Bereiche vorgestellt. Wir erhielten somit einen detaillierten Einblick in das breite Feld eines Metrologie-Instituts und deren Aufgabenbereiche sowie hochpräzisen Anforderungen. Gegen Mittag trafen sich die Gruppen zum gemeinschaftlichen Mittagessen. Im Anschluss machten wir uns gegen 14:00 Uhr auf den Weg zurück nach Braunschweig.

Excursion to Amsterdam

Tobias Pieniak, M.Sc.

For the lecture Hochspannungstechnik 2 an excursion to Amsterdam was performed. The lecture content includes the test and measurement technology, so that the focus of the field trip was to visit the kema (accredited High-Voltage and High-Power laboratories) in Arnhem and the VSL (Netherlands national metrology institute) in Delft. The students had the opportunity during a three-day trip to Amsterdam to visit these facilities.

The tour started on 02/06/2014 on time at 10:30 clock in Braunschweig at the Haus der Wissenschaft. 25 students and 3 research assistants and Prof. Kurrat took the trip. The drive took about 6 hours, so we arrived in the late afternoon in our hostel in the city center of Amsterdam. After the rooms were assigned, we used the free time for a 1.5-hour canal cruise through Amsterdam. After then we end the evening with a communal dining in a restaurant in the city center.

The next day we went to Kema in Arnhem. The trip takes about 1.5 hours. We reached the Kema on time at 09:00 clock. There we were friendly welcomed by Dr. Smeets, who invited

us for a coffee and he presented a presentation of Kema. Following the factory tour took place through the different areas of the Kema. We received a very good insight in the testing centers for high voltages and high currents. Thus the students were able to link the lecture content directly with real constructions and consequently were given an idea of the size and effort of different components. Afterwards we were invited by Dr. Smeets on lunch. Then we went back to Amsterdam, where we arrived around 16:00 clock. After a short stop at the hostel, we use the free time for a cultural trip to the Heineken brewery (Experience Center) and studied comprehensively the production process of the barley juice. Then the excursion group ventured into the nightlife of Amsterdam.

On the third and last day of the trip we visited the National Metrology Institute of the Netherlands, the VSL. After breakfast at the hostel we arrived at 09:00 clock in Delft, where we welcomed by Dr. Rietveld. Over coffee and biscuits an overview of the tasks and the structure of the VSL were given to us in a presentation. After subsequent discussion, we were divided into smaller groups and visited different stations of the Institute. From the atomic clock up to calibration and verification of current measurements, voltage sources and resistors were presented to us. Thus we obtained a detailed insight into the broad field of metrology institute and their areas of responsibility and high precision requirements. Around midday, the groups met for lunch. Afterwards we went around 14:00 clock on the way back to Braunschweig.

AG-Klausur mit integrierten Doktorandentagen in Braunlage vom 31.07.-01.08.2014

Dipl.-Ing. Stefanie Koch

In diesem Jahr wurde die AG-Klausur erstmalig mit den sogenannten Doktorandentagen kombiniert, die bereits im letzten Jahr erfolgreich Einzug in die AG Energietechnologien fand. Im Fokus der Doktorandentage steht der fachliche Austausch eines jeden wissenschaftlichen Mitarbeiters bezüglich seiner Forschungsthematik – unabhängig davon, ob sie/er erst kürzlich mit seiner Promotion begonnen hat oder sich bereits im fortgeschrittenen Stadium ihres/seines Dissertationsvorhabens befindet. Die diesjährige 2-tägige Klausurtagung fand im idyllischen Harzer Umland in Braunlage statt.

Nach einem gemeinsamen reichhaltigen Frühstück in der Braunlager Jugendherberge startete der 1. Teil der Doktorandentage mit einer Kurzvorstellung eines jeden Forschungsprojektes zum besseren Clustern aller Beiträge in einzelne thematisch verwandte Themenblöcke. In den nun folgenden drei Postersessions zu den Themen „Blindleistungsmanagement“, „Netzplanung“ und „Speicher“ stellten die jeweiligen wissenschaftlichen Mitarbeiter ihre Forschungsposter ausführlich vor. Im Anschluss gab es die Möglichkeit Fragen zu stellen und über die bisherigen Forschungsergebnisse zu diskutieren. Insbesondere die externen Kolleginnen und Kollegen bekamen so mehr Einblick in den Forschungsalltag der Institutsmitarbeiter.

Nach so viel fachlichem Input durften am Abend die Erholung und der Spaß nicht zu kurz kommen. Bei einer rasanten Tour mit „Monsterrollern“ rasten wir den Wurmberg herunter

und merkten hierbei schnell, dass man die Skipisten nicht nur im Winter mit entsprechendem Equipment heruntersausen kann, sondern dies auch im Sommer mit den Harzer Rollern richtig großen Spaß bereitet.



Abbildung 56: Teambuilding-Maßnahme: Gemeinsame Monsterrollertour auf dem Wurmberg

Figure 56: Team-building activity: Monster scooter-trip downhill the Wurmberg

Gut ausgeruht ging es am zweiten Tag mit den letzten beiden Postersessions zum „Energiemanagement“ und zu „Systemdienstleistungen“ weiter. Die entsprechenden Kurzvorträge wurden am Forschungsposter gehalten und ein freier, ungezwungener Austausch zwischen den Teilnehmern führte zu angeregten Diskussionen.

Die in diesem Jahr erstmalig stattgefundenen Doktorandentage bildeten einen gelungenen Auftakt für einen von nun an jährlich ausgeführten Doktorandentag der AG Energiesysteme mit wechselndem Veranstaltungsort.

Two-day retreat with combined Mentoring Day in Braunlage

Dipl.-Ing. Stefanie Koch

This year the two-day retreat of the WG Energysystems took place at a youth hostel in Braunlage and was combined with a Doctoral Students' Day. Every doctoral candidate presented his latest work at the audience with the help of a poster so that there was a good overview of various research projects. The different poster sessions with topics like “reactive power management”, “network planning”, “storages”, “energy management systems” and “system services” encouraged lively discussions and specialist exchanges on scientific matters.

In the evening we had the chance to enjoy the beautiful landscapes with a monster scooter downhill the Wurmberg (Figure 56).

Up to now an interesting Mentoring Day organized by the WG Energysystems will follow with a diversified event schedule at a different event location every year.

Pfingstexkursion des elenia und Instituts für EMV nach Regensburg

Dipl.-Ing. Tobias Kopp, Dipl.-Ing. Michael Hilbert, Dipl.-Ing. Alexander Küllmer, Dipl.-Ing. Georg Zimmer

Die Woche nach Pfingsten wird von der TU Braunschweig als Exkursionswoche genutzt. Studierende haben die Möglichkeit in dieser Woche an einer mehrtägigen Exkursion eines oder mehrerer Institute teilzunehmen. Wie in den vergangenen Jahren hat das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen eine dreitägige Exkursion in diesem Zeitraum organisiert, diesmal zusammen mit dem Institut für EMV. Die Studierenden hatten die Gelegenheit vom 10. bis zum 12.6. Firmen um Regensburg näher kennen zu lernen.

Dienstagfrüh startete die Reisegruppe mit insgesamt 34 Teilnehmern nach Regensburg. Auf dem Weg wurde direkt ein Halt am Pumpspeicherwerk Goldisthal gemacht. Es ist mit 1060 MW das größte Wasserkraftwerk Deutschlands. Nach einer Einführung über das Kraftwerk ging es direkt in das Innere des Pumpspeicherwerks. Dort hatten wir in dem Aussichtsraum der Kaverne eine gute Perspektive auf die Revision der Turbinen. Von unserem Führer wurde ganz besonders die Konstruktion des Hallendaches erläutert.

Nach diesem gelungenen Einstieg ging es direkt nach Regensburg zur Maschinenfabrik Rheinhausen. Die erste Etappe war dort Rheinhausen Power Composites etwas außerhalb von Regensburg. Hier wurden wir von Herrn Dr. Merten durch die Fertigung von Isolierrohren aus glasfaserverstärkten Kunststoff geführt. Vor allem das aufwendige Verfahren zur Wicklung der mit Epoxidharz imprägnierten Glasfaserbündel war beeindruckend. Anschließend ging es direkt in das neu gebaute Versuchsfeld der Maschinenfabrik Rheinhausen in Regensburg. Die Vielfalt der Prüfaufbauten und Prüfmöglichkeiten war sicherlich eines der Highlights der Exkursion. Abschließend ließen wir den Tag im Brauhaus Kneitingen bei einem frisch gebrauten Bier und einem Braumeisterbraten ausklingen.

Am zweiten Tag ging es morgens früh zur Besichtigung nach Teisnach zur Firma Rohde und Schwarz. Herr Hartmann nahm uns dort in Empfang. Gestartet wurde mit einigen Vorträgen zu Beginn der Besichtigung, diese stellten das breite Fertigungsspektrum mit all den unterschiedlichen Leistungen der Firma vor. Es wurde auch die Umstrukturierung der Fertigung des Unternehmens erläutert und wie schnell sich mit so einem Vorgang Erfolge erzielen lassen. Anschließend wurden wir durch die unterschiedlichen Fertigungsabteilungen der Firma geführt, welche von der Leiterplattenfertigung bis zur Präzisionsmechanik viele Leistungen umspannt. Besonders beeindruckt waren wir von der Verstärkertechnologie, neusten Entwicklungen in der Hochfrequenztechnik und der Fertigungstiefe des Unternehmens. Am Abend

nach der Besichtigung erfreuten sich die Exkursionsteilnehmer in kleineren Gruppen an einem erfrischenden Kaltgetränk am Ufer der Donau.

Am letzten Tag der Reise brachen wir auf zur Firma Lapp Insulators in Redwitz. Dort wurden wir von Herrn Dr. Seifert und seinen Mitarbeitern durch die Fertigung von Keramikisolatoren geführt. Hierbei war ein interessanter Aspekt die Produktionsgeschwindigkeit und die Vielfalt der unterschiedlichen Isolatorentypen. Nach einer kurzen Mittagspause ging es dann direkt weiter in das Werk in Wunsiedel wo uns die Fertigung von Silikonverbundisolatoren vorgestellt wurde. Vor allen Dingen die Größe der Isolatoren für Hochspannungsgleichstromtrassen in China überraschte die Exkursionsteilnehmer. Abschließend wurde uns das beeindruckende Hochspannungslabor „Hochvolthaus“ des Geschäftsbereiches LIKE (LAPP Insulators Knowledge and Engineering) gezeigt. Abgeschlossen wurde die Führung durch ein paar Experimente bei denen Isolatorenüberschläge vorgeführt wurden, die aufgrund der Höhe der Spannung sehr faszinierend waren und einen wunderbaren Abschluss der Exkursion darstellten. Hier nach traten wir unsere Heimreise nach Braunschweig an.

Wir bedanken uns bei allen Firmen die uns diese wunderbare Exkursion ermöglicht haben und uns so viele praktische Einblicke gegeben haben.

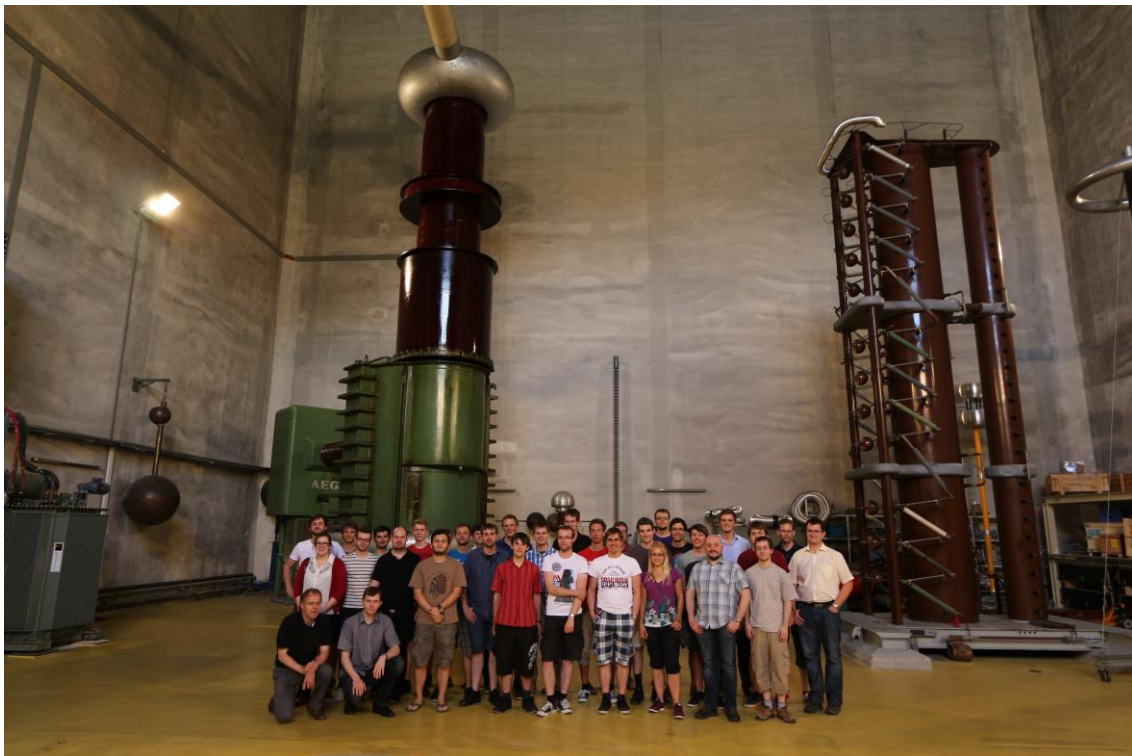


Abbildung 57: Gruppenfoto der Exkursionsteilnehmer

Figure 57: Group photo of the excursion participants

Field trip of the elenia and the institute for EMC to Regensburg

Dipl.-Ing. Tobias Kopp, Dipl.-Ing. Michael Hilbert, Dipl.-Ing. Alexander Küllmer, Dipl.-Ing. Georg Zimmer

The university of Brunswick normally uses the week after Pentecost for study trips. All students get the chance to participate on trips. As it has been done in the last years the Institute for High Voltage Technology and Electrical Power Systems organized a three days trip, this time in combination with the Institute for EMC. The students got the possibility to visit companies in the city Regensburg from the 10th to the 12th of June.

The group started with together 34 participants from Brunswick at the Thursday morning. On half way to Regensburg the visiting group made a stop at the pumped storage power plant in Goldisthal. This is with a power of 1060 MW the biggest Water power plant in Germany. After a short introduction into the technique of the power plant we were guided inside. From the viewpoint of the inner cavern we had a good view on the revision of the turbines. Especially the construction of the rooftop was explained.

After this nice beginning of the trip we were heading towards the power composited of “Maschinenfabrik Reinhausen”. We were introduced into the production of insulating tubes from epoxy resin soaked glass fiber which was remarkable by Dr. Merten and his employees. Afterwards the tour continued to the new high-tech experimental field of MR in Regensburg. The variety of the experimental setups and the testing possibilities were amazing and sure one of the highlights the field trip. Afterwards we enjoyed a fresh brewed beer at the brewery Kneitinger in the evening.

Starting early in the morning we drove towards Teisnach to the company Rhode und Schwarz. Mr. Hartmann received us at the company. The day was then started with some lectures at the begin of the visiting. The wide spectrum of the products of the company was introduced to us and a reorganization of the manufacturing process was then introduced and how fast achievements can be reached. Afterwards we visited the different production divisions from the PCB production to the precision mechanics and many more. Especially the amplifier technology the new high-tech products of the high frequency technique and the production deep were remarkable. At the evening after the visit the participants enjoyed in smaller groups a cool drink at the shore of the river Donau.

At the last day of the trip we visited the company LAPP Insulators in Redwitz. There the production of ceramic insulators was shown to us by Dr. Seifert and his employees. An interesting element was the production speed and the many different isolator types. After a short lunch we continued to Wunsidel where the production of silicone composite isolators is located. We were surprised by the huge isolators for the HVDC transmission lines in china. In the end the High voltage laboratory “Hochvolthaus” from the division LIKE (LAPP Insulators Knowledge and Engineering) was shown which was amazing. The trip was finished by some

experiments with a very high voltage a beautiful end. Subsequently we drove back to Brunswick.

We thank all the companies which supported us for such a magnificent trip and the deep insights they gave us.

Werkstattpräsentation am 4. November 2014 - Der Werkstattbereich des elenia

Frank Haake, Kerstin Kurbach

Erstmalig fand in diesem Jahr eine Leistungsschau in der Werkstatt des elenia statt. Die Mitarbeiter der mechanischen Werkstatt haben an diesem Tag ihre Arbeitsräume präsentiert und Informationen zu den vorhandenen Werkzeugmaschinen ausgestellt. Gleichzeitig konnten sich alle Mitarbeiter des Instituts über die bisherigen Arbeiten der Werkstatt informieren und so einen Eindruck über die Kompetenzen der Werkstatt gewinnen. Auch Mitarbeiter vom Institut für elektromagnetische Verträglichkeit haben mit großem Interesse die Gelegenheit genutzt, den Werkstattbereich des elenia näher kennenzulernen.

Aufgrund seiner personellen und apparativen Ausstattung ist die Werkstatt des elenia in der Lage sowohl den Bereich Prototyping als auch die Fertigung von Kleinserien, sowie das Erstellen von experimentellen Forschungseinrichtungen und Versuchsanlagen im benötigten Umfang zu leisten. Des Weiteren obliegt ihr die Wartung und Instandhaltung der vorhandenen Versuchsstände und Anlagen. Abbildung 58 und Abbildung 59 geben einen Eindruck von den Räumlichkeiten.

Exhibition of the workshop on 4th November 2014 - The mechanical workshop of the elenia

Frank Haake, Kerstin Kurbach

For the first time, an exhibition held at the workshop of the elenia took place this year. The workshop staff presented their work spaces and issued information on the existing machine tools. At the same time all employees of the institute had the opportunity to inform themselves about the previous work of the workshop and to get an idea about the competencies of the workshop. Also employees of the Institute for Electromagnetic Compatibility took hold of the opportunity with great interest to get to know the workshop area in detail.

Because of its personnel and technical resources the workshop of the elenia is able to provide prototyping and production of small series, as well as the creation of test stands to the extent required. In addition, it is responsible for maintenance and repair of existing test rigs and equipment. Figure 58 and Figure 59 give an impression of the premises.



Abbildung 58 a/b): Blick in die Hauptwerkstatt
Figure 58 a/b): View of the main workshop



Abbildung 59 a/b): Die Lehrwerkstatt mit Meisterbüro und die Gießtechnik
Figure 59 a/b): The training workshop with master office and the casting technique

5 Veröffentlichungen und Medienberichte – Publications and News

5.1 Veröffentlichungen und Vorträge – Publications

- 1) M. Bunk, H. Loges, B. Engel, Entwicklung und Modellierung zeitabhängiger Last- und Erzeugungsannahmen für die Niederspannung, Konferenz „Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien, 29.01.-30.01.2014, Berlin
- 2) J. Rüther, H. Köpf, B. Schottel, U. Westerhoff, D. Hauck, M. Kammerlocher, J. Bellin, J. Mummel, M. Kurrat, Forschungsaktivitäten des elenia im Bereich Elektromobilität, ETG Mitgliederinformation, Nr. 1 Januar 2014, Frankfurt
- 3) F. Funck, M. Horn, F. Eggert, B. Engel, Der Beitrag eines InHome-Displays zur Reduktion der CO₂-Emissionen, Symposium Energieinnovation 12.02.-14.02.2014, Graz, Österreich
- 4) D. Unger, S. Laudahn, B. Engel, Teilnahme von Photovoltaikanlagen an der Primärregelleistung, Symposium Energieinnovation 12.02.-14.02.2014, Graz, Österreich
- 5) H. Loges, M. Bunk, B. Engel, Entwicklung von Autarkie- und Eigenverbrauchsquoten für innovative Haushalte unter Berücksichtigung von hochaufgelösten Zeitreihen, Symposium Energieinnovation 12.02.-14.02.2014, Graz, Österreich
- 6) J. Meins, F. Soyck, B. Engel, T. Kurczveil, E. Schnieder, Application of high-power inductive charging of electric buses in scheduled line service, 18.02.-19.02. 2014, Hybrid and Electric Vehicles, Braunschweig
- 7) N. Hill, M. Blaz, M. Kurrat, Investigation of the Influence of Boiling Point Shifting on the Breakdown Voltage in Liquid Nitrogen, 30.06. – 03.07. 2014, The 18th International Conference on Dielectric Liquids, Bled, Slowenien
- 8) J. Meisner, E. Mohns, O. Binder, M. Kurrat, Traceability of Measurement Systems for the Assessment of HVDC Converter Efficiency, 2014 IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), pp. 1-5, Aachen
- 9) N. Hemdan, F. Muuß, D. Unger, M. Kurrat, Reactive Power as Ancillary Service Provision into Transmission Networks through Decentralized Generation, 12.03.-14.03. 2014, CIGRÉ Conference, Brüssel, Belgien
- 10) T. M. Sobhy, N. Hemdan, M. M. Hamada, M. A. A. Wahab, A New Reactive Power and Voltage Control Approach for Renewable Energy Based Distributed Generation, International Journal of Distributed Energy Resources and Smart Grids, Vol. 10, No. 3, pp. 203-217, 2014
- 11) N. Hemdan, M. Kurrat, T. Schmedes, A. Voigt, R. Busch, Integration of Superconducting Cables in Distribution Networks with High Penetration of Renewable Energy Resources: Techno-Economic Analysis, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, vol. 62, pp. 45-58, 2014
- 12) N. Hemdan, B. Deppe, M. Pielke, M. Kurrat, T. Schmedes, E. Wieben, Optimal Reconfiguration of Radial MV Networks with Load Profiles in the Presence of Renewable Energy Based Decentralized Generation, Electric Power Systems Research, vol. 116, pp. 355-366, 2014
- 13) N. Hemdan, M. Kurrat, Time Series Analysis of Rural Distribution Grids in the Presence of HTS Cables and Intermittent Renewable Resources, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 24, No. 5, October 2014
- 14) S. Koch, D. Unger, B. Engel, Technische und wirtschaftliche Optimierung von Betriebsstrategien für thermisch-elektrisch gekoppelte Systeme, 20.10. -21.10.2014, VDE-Kongress, Frankfurt

- 15) J. Mummel, S. Diekmann, B. Engel, M. Kurrat, IKT-Anbindung für gesteuertes Laden unter Berücksichtigung von Last- und Erzeugungskapazitäten, 20.10.-21.10.2014, VDE-Kongress, Frankfurt
- 16) J. Mummel, L. Soleymani, M. Kurrat, Ladesteuerungskonzepte für Elektrofahrzeugflotten zur Weiterentwicklung der Verteilnetze, 18.09.-19.09., NEIS Konferenz 2014, Hamburg
- 17) T. Kopp, M. Kurrat, B. Schottel, Circuit Behavior During Operation Duty Test Applying Spark Gap Technology Based Arresters, 13.10.-17.10. 2014, International Conference on Lightning Protection (ICLP), Shanghai, China
- 18) B. Schottel, T. Kopp, J.-E. Schmutz, T. Runge, M. Kurrat, Investigations on the influence of surge current on plasma in a model spark gap, 13.10.-17.10.2014, International Conference on Lightning Protection (ICLP), Shanghai, China
- 19) B. Munzel, DC Distribution Concepts for Campus Buildings, 30.03.-01.04.2014, Conference on Local DC Electricity, Charleston, USA
- 20) B. Munzel, F. Muuß, J.-H. Psola, N. Hemdan, Effizientes und ökonomisches Energieversorgungskonzept von Bürogebäuden mit hoher Autarkiequote, 20.10.-21.10. 2014, VDE-Kongress, Frankfurt
- 21) B. Munzel, F. Muuß, J.-H. Psola, N. Hemdan, DC Energieversorgungskonzepte für Großgebäude mit hoher Autarkiequote, 20.10.-21.10. 2014, VDE-Kongress, Frankfurt
- 22) B. Munzel, F. Muuß, N. Hemdan, M. Kurrat, Gleichstromversorgung eines Bürogebäudes, 2014, ETG Mitgliederinformation, Frankfurt
- 23) H. Loges, M. Bunk, B. Engel, Die Anwendung von zeitabhängigen Last- und Erzeugungsannahmen in den Niederspannungsverteilnetzen, 20.10.-21.10. 2014, VDE-Kongress, Frankfurt
- 24) M. Bunk, H. Loges, B. Engel, Innovative Last- und Erzeugungsannahmen präzisieren die künftige Netzplanung, EW, Magazin für die Energiewirtschaft 08/2014, Essen
- 25) S. Laudahn, B. Engel, T. Bülo, H. Knopf, M. Victor, G. Bettenwort, V. Sakschewski, Netzfunktionen von PV-Wechselrichtern richtig eingesetzt, 12.03.-14.03.2014, 29. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein
- 26) S. Laudahn, O. Marggraf, B. Engel, Laboruntersuchung und –simulation zum Systemverhalten von Komponenten zukünftiger Verteilnetze, 20.10.-21.10. 2014, VDE-Kongress, Frankfurt
- 27) M. Hilbert, M. Budde, M. Kurrat, Partial Discharge Measurements for Diagnostic of Epoxy Resin Insulation Systems, Technische Akademie Esslingen Epoxidharze in Elektrotechnik und Elektronik - Epoxy Resins in Electrical and Electronic Engineering, 06.05.-08.05.2014, Esslingen
- 28) M. Hilbert, M. Siemers, A. Pflug, M. Kurrat, PIC-MC Simulations for Microplasma Propagation in Parallel Multi Cavity Arrangements at Atmospheric Pressure Conditions, 20th International Conference on Gas Discharges and their Applications GD 2014, 06.07.-11.07.2014, Orléans, France
- 29) H. Köpf, E.-D. Wilkening, C. Klosinski, M. Kurrat, Breaking performance of protection devices for automotive dc powertrains with a voltage of 450 V, The 27th International Conference on Electrical Contacts ICEC 2014, 23.06.-26.06.2014, Dresden, Germany
- 30) H. Köpf, E.-D. Wilkening, C. Klosinski, M. Kurrat, Experimental research on direct current switchgear, 60th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts 12.10.-15.10.2014, New Orleans, Louisiana, USA

- 31) T. Pieniak, M. Kurrat, D. Gentsch, S. Puzankov, Experimental setup for quantifying the emission coefficient of contact material for infrared temperature measurement, 26th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, 29.09 – 03.10.2014, Mumbai, Indien
- 32) A. Dammasch, Projekt 2.4, Virtuelles Bilanzkreiskraftwerk, Schaufensterblick 2014, 18.02.2014, Hannover
- 33) A. Dammasch, Flexibilität im Bilanzkreismanagement – Die KWK als Unterstützer für die Integration von erneuerbaren Energien, Jahreskongress B.KWK, 08.10.2014, Berlin
- 34) S. Koch, M. Bunk, B. Engel, D. Reiss, S. Plessner, M.N. Fisch, P. Diekhake, E. Schnieder, Das Projekt „Energy Toolkit“ – Dienstleistungen für Kommunen, Netzbetreiber und die Wohnungswirtschaft, 20.10.-21.10.2014, VDE-Kongress, Frankfurt
- 35) P. Diekhake, S. Koch, D. Reiß, S. Laudahn, S. Plessner, E. Schnieder, B. Engel, N. Fisch, Untersuchung von Smart Grid Anwendungen am Beispiel einer Klima- und Temperaturregelung unter Verwendung eines einheitlich automatisierten Demonstrators zur Validierung eines aktiven Verteilnetzes, 01.07.-02.07.2014, VDI-Automation, Baden-Baden
- 36) M. Bunk, B. Engel, Der Nur-Strom-Haushalt, 08.10.-09.10. 2014, Siebte Niedersächsische Energietage, Goslar.
- 37) T. M. Sobhy, N. Hemdan, M. M. Hamada, M. A. A. Wahab, Decentralized Reactive Power Control in Active Distribution Networks, 16th International Middle East Power Systems Conference MEPCON'14, 23.12.-25.12.2014, Ain Shams University Egypt
- 38) J. Schmitt, F. Treuer, F. Dietrich, K. Dröder, T.-P. Heins, U. Schröder, U. Westerhoff, M. Kurrat, Coupled Mechanical and Electrochemical Characterization Method for Battery Materials, 13.10.-14.10. 2014, IEEE International Conference on Energy Conversion (CenCon), Johor Bahru, Malaysia

5.2 Berichte in den Medien - News

Strom aus der Straße

21.03.2014, 3sat

Kabellos Strom tanken

26.03.2014, 3sat

Hallo Niedersachsen - Erster E-Bus fährt durch Braunschweig

27.03.2014, NDR

Wie funktioniert ein Elektroauto?

14.06.2014, Braunschweiger Zeitung

Albert-Keil-Preis für Prof. Manfred Lindmayer

26.06.2014, Newsletter der TU Braunschweig

Das TU-Forschungsauto Emilia ist da

12.09.2014, Braunschweiger Zeitung

Emil lädt an der Bushaltestelle

12.09.2014, Deutschlandfunk

Hannover Messe

Elektromobilität Lösungen für Kommunen

30.10.2014, ew aktuell

SMA Solar startet Forschungsprojekt zur Regelleistung bei Photovoltaik

21.10.2014, pv magazine

Forschungsprojekt: Konzepte für Regelleistung mit Photovoltaik

22.10.2014, Photon

Wissenschaftliche Forschung bedeutet Innovation

29.10.2014 BraunschweigHeute.de

PV-Regel – Regelleistung von PV-Anlagen

04.11.2014, energy 2.0

Ladekabel adieu!

14.11.2014, Zeit-Online

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

www.tu-braunschweig.de/elenia