



Technische
Universität
Braunschweig

elenia
Institut für Hochspannungstechnik
und Elektrische Energieanlagen



Jahresbericht 2010

Institut für Hochspannungstechnik
und Elektrische Energieanlagen

Jahresbericht 2010

Inhaltsverzeichnis - Table of contents

Inhaltsverzeichnis - Table of contents	3
1 Personelle Besetzung des Instituts - Staff.....	7
2 Lehre - Lectures	10
2.1 Vorlesungen und Praktika - Lectures	10
2.2 Studienseminare - Student Lectures	13
2.3 Studienarbeiten - Student Research Projects.....	14
2.4 Diplomarbeiten - Diploma Thesis	15
2.5 Bachelorarbeiten - Bachelor Thesis	16
3 Berichte aus Forschung und Entwicklung - Abstracts on Research Projects	17
3.1 Arbeitsgruppe Energiesysteme - Working Group Energy Systems	17
3.2 Arbeitsgruppe Isoliersysteme - Working Group Insulation Systems.....	37
3.3 Arbeitsgruppe Schaltgeräte - Working Group Switching Devices	42
3.4 Arbeitsgruppe HVDC - Working Group HVDC.....	56
3.5 Dissertationen - Dissertations.....	63
4 Besondere Ereignisse - Special Events	70
4.1 Berichte von besonderen Ereignissen - Reports on Special Events	78
5 Veröffentlichungen und Vorträge - Publications	99
5.1 Berichte in den Medien - News.....	103

Liebe Freunde,

wie auf unserer neuen Titelseite zu sehen, hat die TU Braunschweig ein neues Corporate Design. Diese Gelegenheit haben wir genutzt, um anstelle der Kurzbezeichnung HTEE eine Wort-/ Bildmarke als Erkennungsmerkmal unseres Instituts für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen zu prägen. **elenia** ist abgeleitet vom griechischen Namen Helena und verkörpert für uns die Sonnenstrahlung als Quelle aller regenerativen Energieformen. Die eingeleitete Transformation der Energieversorgung in Richtung der erneuerbaren Energien beeinflusst alle unsere Arbeiten und legt diesen Bezug nahe. Die roten Flächen der Bildmarke stehen symbolisch für Größen-Zeit-Flächen, die uns in Experimenten und Simulationen immer wieder wichtige Erkenntnisse für das Verständnis der physikalischen Vorgänge liefern. Mit dem **elenia** möchten wir für die zunehmende Zahl unserer Studentinnen und Studenten sowie Forschungspartner verstärkt innovative Akzente im Sinne eines zukunftsorientierten Instituts setzen und unsere erfolgreiche Arbeit in Lehre und Forschung fortführen.

Wir sind im letzten Jahr schnell gewachsen und haben die Zahl zwanzig bei den wissenschaftlichen Mitarbeitern nun überschritten. Somit wird es endlich Zeit für eine Unterstützung in Forschung und Lehre durch die neue Professur **Komponenten für nachhaltige Energiesysteme**. Die Gremien haben die Liste verabschiedet und der Ruf wird in den nächsten Tagen herausgehen. Die aufgetretenen Verzögerungen im Verfahren sind auch der Grund für die späte Versendung dieses Jahresberichtes. Voraussichtlich im nächsten Wintersemester kann ich dann mit der dringend erforderlichen Unterstützung rechnen.

Die Forschungsthemen der Arbeitsgruppen Energiesysteme, Isoliersysteme und Schaltgeräte führen zu einer intensiven Vernetzung und lassen neue Forschungsschwerpunkte entstehen. Durch unsere Beteiligung am EURAMET Forschungsprogramm der nationalen Metrologie-Institute Europas hat sich die neue Arbeitsgruppe **Gleichstromsysteme** entwickelt. Mitarbeiter aus dem elenia und der PTB erforschen gemeinsam die Fragen der DC-Leistungsmessung, ein wichtiger Baustein sowohl für das HGÜ-Netz als auch für die Elektromobilität. Somit wird die entstandene Vernetzung der Arbeitsgruppen gestärkt, und die Anbindung an niedersächsische Forschungszentren intensiviert.

Die Forschungszentren in Niedersachsen gewinnen zunehmend an Kontur. Im **Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik** (NFF) in Braunschweig haben sich die Beteiligten aus Ingenieur- und Naturwissenschaften zusammengefunden und Arbeitsgruppen gebildet. Wir haben unseren Part bei den mobilen Energiespeichern gefunden und können dort unsere Kompetenz aus der elektrischen Energietechnik sehr gut einbringen.

Auch das **Energie-Forschungszentrum Niedersachsen** (EFZN) in Goslar gewinnt an Profil. So haben wir seit der Einweihung durch unsere Ministerien Frau Prof. Wanka am 17. Juni 2010 schon ein gemeinsames Forschungsprojekt zur zukünftigen Energieversorgung der Haushaltskunden mit dem Titel „e-Home“ eingeworben.

Im Bereich der **Lehre** stehen wir vor einer Neuorientierung, die zwischen dem Grundlagenbereich und den neuen technologischen Herausforderungen vermitteln will. Da die Anzahl der Semesterwochenstunden begrenzt ist, der Erkenntnisgewinn aber weiterhin zunimmt, gilt es die Studierenden optimal zu betreuen. Daher passen wir sowohl unsere Vorlesungsinhalte als auch die Präsentationsformen an. Smart Grid, HGÜ, Supraleiter und Elektromobilität sind als aktuelle Themen unbedingt zu vermitteln. Dies geschieht mit Hilfe von Rechnerübungen, Laboren, Intensivkursen als Blockveranstaltung oder Gruppenarbeiten und e-Learning. Darüber hinaus bieten wir Mentorengruppen für besonders qualifizierte Studierende an, um auch weiterhin die universitäre Forschung sicherzustellen.

Ein besonderes Ereignis im Jahr 2010 war die Ausrichtung des **24th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum** mit dem Schwerpunktthema Vakuumschalter vom 30. August bis zum 3. September 2010 im „Haus der Wissenschaften“ in Braunschweig. Mit über 200 Teilnehmern können wir einen guten Erfolg vermelden. Wir erinnern uns gerne an den gelungenen Willkommens-Empfang in „unserem“ Restaurant La Cuppola und an den Empfang des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur (MWK) im Landesmuseum. Auch der Besuch der Oper auf dem Burgplatz sowie der Empfang der Stadt in der Dornse, der guten Stube im historischen Altstadt Rathaus, werden uns angenehm im Gedächtnis bleiben. Für die Unterstützung dieser gelungenen Veranstaltung bedanke ich mich bei allen Mitgliedern der Organisationskomiteen LOC und PISC, bei meinen Mitarbeitern und unseren Partnern aus der Industrie. Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dr. Budde, der als Sekretär des LOC hauptamtlich die Veranstaltung organisiert hat.

Unser etabliertes Supraleiterseminar findet am 11. und 12. Mai 2011 zum sechsten Mal statt und bietet die Gelegenheit mit den Experten aus Industrie und Forschung die neuen Herausforderungen zu diskutieren und hilfreiche Kontakte zu knüpfen.

Mit dem Wunsch für ein gutes und erfolgreiches Jahr 2011 bedanke ich mich herzlich bei Ihnen, unseren Partnern aus den Unternehmen und Forschungseinrichtungen, den Lehrbeauftragten, der Deutschen Forschungsgesellschaft, dem Bundesumweltministerium, der Volkswagenstiftung sowie dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur, für die Unterstützung unserer Arbeiten.

Braunschweig, im Januar 2011



Michael Kurrat

1 Personelle Besetzung des Instituts - Staff

(Stichtag 31.12.2010)

Vorstand:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat (geschäftsführender Leiter)	
Professoren im Ruhestand:	Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hermann Kärner Tegernsee Univ.-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. Gerald Newi, Itzehoe Dr.-Ing. Harald Waitschat, Braunschweig	
Sekretariat:	Christine Nardmann Iris Thelen	
AG Energiesysteme:	Dr.-Ing.	Magnus Pielke
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Gunnar Bärwaldt
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Marcus Bunk
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Arne Dammasch
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Benjamin Deppe
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Phillip Gronstedt
	Dipl.-Wirtsch.-Ing.	Hannes Haupt
	M. Sc.	Nasser Hemdan
AG Isoliersysteme:	Dr.-Ing.	Michael Budde
	Dipl.-Ing.	Michael Blaz
	Dipl.-Ing.	Ingo Gramberg
	Dipl.-Ing.	Michael Hilbert
AG Schaltgeräte:	Dr.-Ing.	Ernst-Dieter Wilkening
	Dipl.-Ing.	Björn Bünsow

	Dipl.-Ing.	Alexander Henning
	Dipl.-Ing.	Julia Reiß
	Dipl.-Ing.	Bernd Schottel
	Dipl.-Ing.	Thorsten Schrank
	Dipl.-Ing.	Christian Wolf
AG Hochspannungs- gleichstromübertragung	Dr.-Ing.	Vladimir Ermel
	Dipl.-Ing.	Ole Binder
	Dipl.-Ing	Johann Meisner (externer Doktorand, PTB)
	Dipl.-Ing	Enrico Mohns (externer Doktorand, PTB)
Technische Angestellte:	Norbert Schmidt	
	Susanne Wahl	
	Bernhard Wedler	
Werkstattmitarbeiter:	Kerstin Rach (Werkstattleiterin)	
	Frank Haake	
	Klaus-Dieter Kozowsky	
	Reinhard Meyer	
	Dieter Pochwat	
Auszubildende:	Frank Bosse	
	Jenny-Sue Jabs	

Folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2010 ausgeschieden:

Am 01.01.10	Dr.-Ing. Nassipkul Dyussebekova
Am 31.05.10	Dipl.-Ing. Dominik Ludgen
Am 30.09.10	Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Wiedenhoff
Am 14.10.10	Dipl.-Wirtsch.-Ing. Johannes Diedrich
Am 31.12.10	Dipl.-Ing. Alexander Henning

Folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2010 neu hinzugekommen:

Am 01.04.10	Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marcus Bunk
Am 15.04.10	Dipl.-Wirtsch.-Ing. Johannes Diedrich
Am 18.10.10	Dipl.-Wirtsch.-Ing. Arne Dammasch
Am 15.11.10	Dipl.-Ing. Ole Binder

Als wissenschaftliche Hilfskräfte waren seit dem 01.01.2010 tätig:

Walid Asimi	Hinrich Baade	Marc Bauer
Dirk Bösche	Christian Boyer	Zahide Cengil
Arne Dammasch	Renke Ehlers	Andreas Fahl
Felix Deuter	Bastian Feige	Esai Fotso Taga
Franziska Funck	Felix Fürstenberger	Irina Glaser
Laura Glende	Christian Gucza	Matthias Haß
Martin Heimann	Nicholas Hill	Marco Iovaldi
Lukas Jurek	Magdalena Kaluza	Steffen Karste
Henning Kaschel	Jan Klöck	Stefanie Koch
Erhan Köksal	Hendrik Köpf	Tobias Kopp
Holger Kreißl	Fabian Kubannek	Benjamin Kühn
Stefan Laudahn	Christoph Lepper	Stanislaw Ljahov
Nils Maichrowitz	Anna-Lena Menn	Gerald Metzger
Claas Meyer	Jan Mummel	Florian Orth
Vanessa Rahrbach	David Rakidzija	Nino Richter
Torben Rommel	Philipp Schmoll	Konrad Schneider
Henrik Stadtmann	Christoph Stamprath	Frederick Sümening
Lars Tebelmann	Stefan Testasecca	Anton Tranelis
Daniel Unger	Sebastian Wermuth	Malte Westerloh
Michael Widok	Olaf Zindel	

2 Lehre - Lectures

2.1 Vorlesungen und Praktika - Lectures

Vorlesungstitel	Vortragender	Zeitraum
Dezentrale Energiesysteme	Prof. Kurrat	WS 10/11
E-Technik 1 für Maschinenbauer	Prof. Kurrat	WS 10/11
E-Technik 2 für Maschinenbauer	Prof. Kurrat	SS 10
Elektrische Energieanlagen I	Dr. Wilkening	SS 10
Elektrische Energieanlagen II	Dr. Wilkening	WS 10/11
Elektrische Energiewirtschaft und Kraftwerke	Dr. Waitschat	WS 10/11
Energiewirtschaft im Wandel – Auswirkungen der Liberalisierung	Prof. Kurrat	SS 10
Grundlagen der Elektrischen Energietechnik	Prof. Kurrat	SS 10
Hochspannungstechnik I	Prof. Kurrat	SS 10
Hochspannungstechnik II	Prof. Kurrat	WS 10/11
Innovative Energiesysteme	Dr. Newi	SS 10
Numerische Berechnungsverfahren	Prof. Kurrat	WS 10/11
Plasmatechnik	Prof. Kurrat	WS 10/11
Supraleiter in der Energietechnik	Prof. Kurrat	SS 10
Wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik	Dr. Knobloch	WS 10/11
Praktika		
Innovative Energiesysteme - Praktikum		SS 10
Numerische Berechnungsverfahren - Rechnerpraktikum		SS 10
Praktikum Analyse und Planung von Netzen mit NEPLAN		SS 10
Übersichtspraktikum „Hochspannungstechnik“		WS 10/11
Hochspannungstechnikpraktikum		SS 10
Aufbaupraktikum „Innovative Energiesysteme“		SS 10
Energietechnisches Kolloquium		WS 10/11

Dezentrale Energiesysteme

(WS 10/11) 2 V, 2 Ü

(zusammen mit der TU Clausthal und 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 Maschinenbauer (Bachelor)

(WS 10/11) 2 V, 1 Ü

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

Elektrotechnik 2 für Maschinenbauer (Bachelor)

(SS 10) 2 V, 1 Ü

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

Elektrische Energieanlagen I

(SS 10) 2 V, 1 Ü

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

Elektrische Energieanlagen II

(WS 10/11) 2 V, 1 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 10/11) 2 V, 1 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- (Energie-) marktes in Deutschland

Energiewirtschaft im Wandel - Auswirkungen der Liberalisierung (SS 10) 2 V

Energiemarkt • Übertragungsnetz • Netzkennlinien-Regelung • Bereitstellung von Regelergie • Energiewirtschaft und -politik • Gewinnung und Speicherung von Windenergie • Nachhaltigkeit • Energiehandel

Grundlagen der elektrischen Energietechnik¹ (SS 10) 4 V, 1 Ü

(gemeinsam mit Prof. Canders und Prof. Meins)

Der von Prof. Kurrat vertretene Anteil beinhaltet: Grundzüge der elektrischen Energiewirtschaft • Übertragung elektrischer Energie • Grundlagen der Hochspannungstechnik (Hochspannungsversuchstechnik, elektrisches Feld, elektrische Festigkeit, Gasdurchschlag)

Hochspannungstechnik I (SS 10) 2 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

Hochspannungstechnik II (WS 10/11) 2V, 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 erswerter Umweltbedingungen • Einführung in die Sicherheitsbestimmungen beim Betrieb von Anlagen

¹ Pflichtvorlesung für alle Studierenden der Elektrotechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens Elektrotechnik

Innovative Energiesysteme

(SS 10) 2 V, 1 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.

Numerische Berechnungsverfahren

(WS 10/11) 2 V, 1 Ü

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

Plasmatechnik

(WS 10/11) 4 V

Plasmaphysikalische Grundlagen • Methoden zur Beschreibung von Plasmen • Plasma im HF-Feld • Plasmadiagnostik • Kontrollierte Kernfusion • Schaltgerätetechnik • Plasma-Werkstofftechnik.

Supraleiter in der Energietechnik

(SS 10) 1 V

Die Vorlesung gibt einen Einblick in die physikalischen Grundlagen der Supraleitung und geht dabei insbesondere auf die Hochtemperatursupraleiter ein.

Der zweite Teil der Vorlesung besteht aus dem Braunschweiger Supraleiter Seminar, auf dem Fachvorträge zu Anwendungen der Supraleitung von Referenten aus Forschung und Industrie gehalten werden.

Wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik

(WS 10/11) 2 V, 1 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.

2.2 Studienseminare - Student Lectures

WS 2009/2010 – Energie mit Hochspannung betrachtet

Johann Meisner	Nikola Tesla – Ein verkannter Erfinder?
Anna-Lena Menn	Diamant, Si oder doch SiC – Woraus besteht der Halbleiter der Zukunft?
Frederic Ngokobi	Transistor im Verteilnetz – Chance oder Risiko?
Jan Henne	Schutz regenerativer Erzeuger vor Naturkräften
Sebastian Kallenbach	Projekt Desertec – Energie aus der Wüste

Tobias Göhring	„Europas neue Großbaustelle“ – Europas Norden treibt die Energiewende voran
Björn Winter	Elemente zukünftiger Energienetzstrukturen

SS 2010 - Herausforderung an die Energieversorgung

Xiatong Zhu	DC vs. AC - Der Stromkrieg damals und heute
Michael Widok	Brauchen wir die Kernfusion?
Stefan Lepper	Sicherheitsanforderungen für Elektroautos

2.3 Studienarbeiten - Student Research Projects

(Bearbeitungszeit 10 Wochen)

Tobias Weis	Untersuchung und Bewertung von Thermo-Management-Konzepten für Lithium-Ionen Batteriemodule (Haupt)
Karsten Schmidt	Simulation of offshore wind farms with HVDC transmission (Deppe / Hemdan)
Tobias Deubel	Analyse von Smart Grid-Ansätzen für das elektrische Verteilungsnetz - Entwurf eines Feldtestkonzepts zur Nachbildung eines Smart Grids (Pielke)
Mareike Fröhlich	Bewertung des wirtschaftspolitischen Umfelds in Entwicklungsländern zur Förderung von Investitionen und Technologietransfer durch CDM-Projekte (Wiedenhoff)
C.-U. Dittkrist	Grundlagen des witterungsbedingten Freileitungsbetriebes (Deppe)
Simone Preuß	Elektromobilität als Option zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen (Ludgen / Gronstedt)
Sabine Plug	Berührungslose Temperaturmessung in Industrie und Forschung (Wolf)
Franziska Funck	Analyse und Vergleich von Verfahren zur Prognose des Energiebezuges von Haushaltskunden (aip) (Deppe)
Jonathan Kuhlmann	Konzeption und Inbetriebnahme einer automatischen Messdatenerfassung für einen BHKW-Versuchsstand (Bunk, IWBT)
Tobias Vieker	Entwicklung einer Inbetriebnahmestrategie für Offshore-Windparks (Pielke)

2.4 Diplomarbeiten - Diploma Thesis

(Bearbeitungszeit 6 Monate)

Ruifeng Cai	Planung und Inbetriebnahme eines Messsystems für einen BHKW Versuchsstand (Ludgen)
Alexander Eckhold	Zukünftigen Stromtarifen und Dienstleistungen auf Basis von Smart Metern aus Sicht des Kunden (Deppe)
Björn Thiele	Entwicklung, Aufbau und Inbetriebnahme eines Hochsetzstellers mit Halbbrücke zur Erzeugung von Rechteckimpulsen mit ± 2 kV (Bünsow)
Marcus Bunk	Untersuchung von Grenzwerten der Durchdringung von Niederspannungsnetzen mit Elektroautos hinsichtlich Betriebsmitteldimensionierung und Netzaufbau bzw. Netzstruktur (Pielke)
Tobias Bruns	Kritische Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Wind und Methangasprojekten bei internationalen Klimaschutzprojekten nach Kyoto (JI/CDM) (Wiedenhoff)
Djurk Petersen	Kritische Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Energieeffizienzmaßnahmen bei internationalen Klimaschutzprojekten nach Kyoto (JI/CDM) (Wiedenhoff)
Pablo Empananza	Analysis of governmental support mechanisms in selected developing countries for stimulating investments in renewable energy projects - focus on the "last mile" grid connection (Wiedenhoff)
Clemens Dreßel	Entwicklung eines Hedging-Tools zur Auswahl eines vorteilhaften Portfolios von CDM-Projekten (Wiedenhoff)
Christoph Carstensen	Planung und Aufbau einer rechnergestützten Steuerung für einen 800 kV AC Transformator mittels einer SPS (Blaz)
Jan Reinert	Konzeptanalyse einer Produktionslinie für Batteriemodule (Haupt)
Johann Meisner	Entwurf und Aufbau einer Versuchseinrichtung zur Erfassung der Verlustleistung von IGBTs für HGÜ-Umrichterstationen (Schrank)
René Dietz	Optimierung von Elektrofiltern in kohlebefeuerten Kraftwerken (Schrank)
Sara Gravdal	Analyse der zukünftigen Netzaufgabe eines städtischen Versorgungsnetzes am Beispiel des Versorgungsgebietes der Braunschweiger Versorgungs-AG (Pielke)
Ole Binder	Technische Analyse zukünftiger Netzkonzepte zum europaweiten Energietransport auf Basis der DC-Technologie (Deppe / Schrank)
Stefan Maxand	Einsatz von Datenkommunikationstechniken vor dem Hintergrund des Smart Metering (Deppe)

Jean Monthé	Optimierung der dielektrischen Auslegung der Anzapfungen von Trockentransformatoren (Budde)
Hendrik Schlüter	Netzprognose für städtische Verteilungsnetze in Brasilien am Beispiel der Haushaltsentwicklung ind Curitiba (Bunk)
Arne Dammasch	Entwicklung eines Verfahrens für ein Erzeugungsmanagement von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in der Wohnungswirtschaft unter Berücksichtigung der Leistungsmodulation (Bunk)
Christoph Dittkrist	Entwicklung von Preismodellen zur Umsetzung eines Energieliefer-Contractings für Strom und Wärme durch ein Blockheizkraftwerk in der Wohnungswirtschaft (Bunk)
Martin Vogel	Component based modeling of energy consumption behavior of machine tools (IWF)
Patrick Schulz	Auswahl und kritische Analyse möglicher Förderungsmechanismen für virtuelle Kraftwerke (Gronstedt)
Benjamin Munzel	Bewertung von CDM-Projekten im Bereich der Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz anhand von Zertifikatpreisen unter Risiko (Wiedenhoff)

2.5 Bachelorarbeiten - Bachelor Thesis

(Bearbeitungszeit 4 Monate)

Sabrina Münzberg	Bewertung des Einsatzes eines Smart Metering zur Belieferung von Gewerbekunden mit elektrischer Energie (Deppe)
Martin Kunst	Beschreibung des DESERTEC-Projektes vor dem Hintergrund der europäischen Energieversorgung (Deppe)
Jan Mummel	Potentialanalyse elektrischer Energiespeicher am Strommarkt EEX (Gronstedt)
Yan Chen	Auswahl und Analyse der charakteristischen Herausforderungen von mobilen Batteriespeichern beim Einsatz in teilweise sowie vollständig elektrifizierten Automobile (Gronstedt)

3 Berichte aus Forschung und Entwicklung - Abstracts on Research Projects

3.1 Arbeitsgruppe Energiesysteme - Working Group Energy Systems

Feldversuch eines netzorientierten Verbundbetriebs von Mini BHKW in der Hausenergieversorgung

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marcus Bunk

Motivation

Die Anforderungen an elektrische Verteilnetze werden in den nächsten Jahren aufgrund des Ausbaus der erneuerbaren Energien weiter steigen. Neben den bisherigen Tageslastschwankungen müssen zukünftig die dezentralen Erzeuger, wie z.B. PV-Anlagen, kleine Windkraftanlagen sowie Mini BHKW in die Betrachtung der Netzbelastung mit einbezogen werden. Es ist dabei erstrebenswert, die Inanspruchnahme der verwendeten Betriebsmittel möglichst konstant zu halten. Hierzu können einerseits die Lastspitzen während eines Tages geglättet und andererseits die schlecht zu prognostizierende Einspeisung beeinflusst werden. Die netzorientierte Betriebsweise von Mini BHKW im Verbund bietet eine solche Möglichkeit der Beeinflussung. Durch eine gezielte Ansteuerung von mehreren Geräten kann die Einspeisung und damit verbunden auch der Netzlastgang angepasst werden. In den vergangenen Jahren wurden die Anforderungen und Gegenmaßnahmen umfangreich am Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen im Rahmen des Forschungsverbundes Energie Niedersachsen (FEN) simuliert. Parallel dazu wurden die Vorbereitungen für einen Praxiseinsatz im Rahmen eines Feldversuches vorangetrieben. Dieser Feldversuch startet im ersten Quartal 2011.

Umsetzung des Feldversuches

Für die praktische Umsetzung des netzorientierten Verbundbetriebes konnte sowohl ein regionaler Netzbetreiber sowie eine regionale Baugenossenschaft gewonnen werden. Im Rahmen des Feldversuches werden zwei Mehrfamilienhäuser innerhalb eines Netzbezirkes mit einem BHKW ausgestattet. Darüber hinaus wird ein Forschungs-BHKW des Institutes additiv in die Untersuchungen mit eingebunden.

Über eine standardkonforme Kommunikationsschnittstelle nach IEC 61850 (Abbildung 1), entwickelt vom FEN, werden die Mini BHKW des Herstellers Ecopower mit einem Day-Ahead-Einsatzfahrplan von einer zentralen Rechneinheit angesteuert. Für die Fahrplangenerierung werden Messdaten aus dem Gebäude vor Ort erfasst und an den Zentralcomputer, der sich am Institut befindet, übermittelt. Die erfassten Messwerte werden hier einem Algorithmus zugeführt, der die Fahrplanerzeugung vornimmt. Für jedes sich im

Verbund befindliche BHKW wird ein individueller Einsatzfahrplan erzeugt und anschließend übermittelt. Als Übertragungstechnik findet hierbei ein GPRS-Router Anwendung, der über das Mobilfunknetz einen Zugriff sowohl auf die Schnittstelle als auch auf das Messsystem gewährleistet. Die Übertragung der Daten erfolgt einmal täglich.

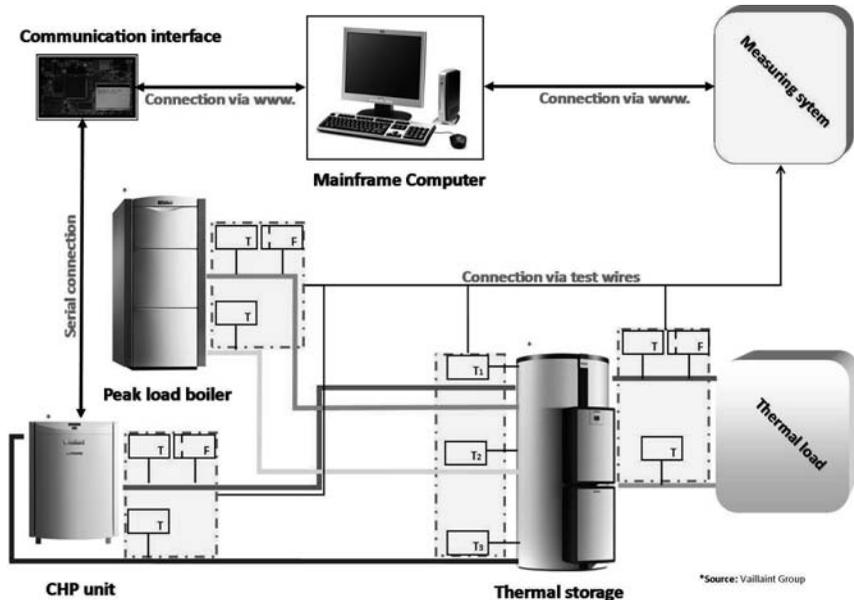


Abbildung 1: Struktur des Messsystems und der Kommunikationseinrichtungen
 Figure 1: Structure of the measuring system and the communication links

Field test of grid oriented CHP micro units for the domestic energy supply

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marcus Bunk

Motivation

Grid operators facing different challenges for their network especially with the dramatically increase in the penetration level of renewable energies. In addition to the problem of the load fluctuations during the day, the existence of the distributed generation (DG) has to be taken into consideration. These DG's include photovoltaic systems, small wind turbines and CHP micro units. The usage of the operational supplements in power grids must be kept constant to ensure the quality of energy supply. To do that, there are different possibilities to influence on the load profile. On one side, the peak demand of the day can be decreased and on the other side, the power supplied from DG can be controlled. The grid-oriented operating method of

CHP can be used to manage the supplied power to the grids and get more benefits from the point of view of the grid operator. The composite operation of a number of CHP micro units together offers the possibility to manage the supply of electrical energy.

Previously, the requirements of power grids and the operating method of micro CHP were extensively simulated by the Energy Research Alliance of Lower Saxony (FEN) in recent years. In addition, preparations for a field test were taken at this time. The field test will start in the first quarter of the year 2011.

Implementation of the field test

The practical implementation of the field test is conducted by the Institute in cooperation with the University of Oldenburg. The field test is also supported by a regional grid operator and a regional building society. Two multi-family houses will be equipped with CHP micro units of the manufacturer Ecopower for conducting the investigations.

The Energy Research Alliance of Lower Saxony (FEN) has developed a communication interface based on the IEC 61850 standard (Figure 1) to control the remote CHP micro units in the multi-family houses by a mainframe computer. The mainframe computer creates a roadmap for the next day for each unit based on an intelligent algorithm developed by the Institute. Different measured values (temperature of the pipes, temperature of the thermal storage tank and fluid-flow) can be recorded. Therefore these measured values of the installation can be used to generate the roadmap for the CHP.

Renaissance der Forschungsarbeiten zur Gleichstromtechnologie

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Deppe

Die Forschung zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) reicht bis in die 1920er Jahre zurück, und besitzt damit eine lange Tradition am Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen. Nachdem es einige Jahre um die HGÜ-Forschung ruhig gewesen ist, gewinnt die Forschung dazu aktuell sehr stark an Fahrt. Die Forschung zur HGÜ wurde zunächst mit dem Fokus technisch/wirtschaftlichen Systembetrachtung wieder aufgenommen. Aktuell wird sie durch technische Fragen zu Komponenten - insbesondere Schaltern und der Verlustbetrachtung von Konverterstationen - erweitert und auf Gleichstromübertragungskonzepte der Nieder- und Mittelspannung ausgedehnt.

Bereits 2008 erstellte das Institut eine Studie zum wirtschaftlich und technischen Einsatz einer VSC-Verbindung innerhalb des deutschen Verbundnetzes. Die Ergebnisse der Studie wurden in die Cigré Workinggroup B4.46 „Voltage Source Converter (VSC) HVDC for Power Transmission – Economic Aspects and Comparison with other AC and DC Technologies“ eingebracht. Der Abschlussbericht der Arbeitsgruppe wird 2011 der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Getrieben von der zunehmenden Zahl von Offshore-Windparks, welche zum Großteil mittels HGÜ an das Verbundnetz angeschlossen werden, und den Ausbau von HGÜ Strecken zwischen den Niederlanden, Deutschland und den Skandinavischen Ländern und nicht zuletzt durch die DESERTEC-Vision (Abbildung 1) nimmt die Idee eines europaweiten HGÜ-Netzes immer deutlichere Gestalt an. Durch dieses Netz wäre es möglich, große Energiemengen innerhalb Europas auszutauschen und damit einen entscheidenden Beitrag zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien zu leisten. An dieser Stelle sei nur auf die Möglichkeiten der Pumpspeicherkraftwerke in den Skandinavischen Ländern und Österreich verwiesen. Bereits im Jahr 2009 gründete sich unter Beteiligung des Institutes für Hochspannungstechnik und Elektrische Energiesysteme die Cigré Workinggroup B4.52 „HVDC Grid Feasibility Study“. Ziel ist es, binnen drei Jahren zu klären, wie ein solches Netz technisch umgesetzt werden kann.

Seit 2010 arbeitet das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen gemeinsam mit der Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) und weiteren europäischen Meteorologieinstituten gemeinsam an dem Aufbau einer messtechnischen Infrastruktur zur Verlustbestimmung bei der Hochspannungsgleichstromübertragung.

Neben den Forschungsarbeiten zur Gleichstromtechnologie auf der Hochspannungsebene liefen in den letzten Jahren Untersuchungen zum Einsatz der Gleichstromtechnik im Nieder- und Mittelspannungsnetz. Grundidee bei den Überlegungen ist es, dass immer mehr elektronische Geräte im Haushalt mit Gleichstrom betrieben werden. Überlegt wurde, inwieweit eine Umstellung auf eine Gleichstromversorgung Effizienzvorteile bringen kann. Aus dieser Studie folgten dann Überlegungen zu Gleichstromkonzepten in der

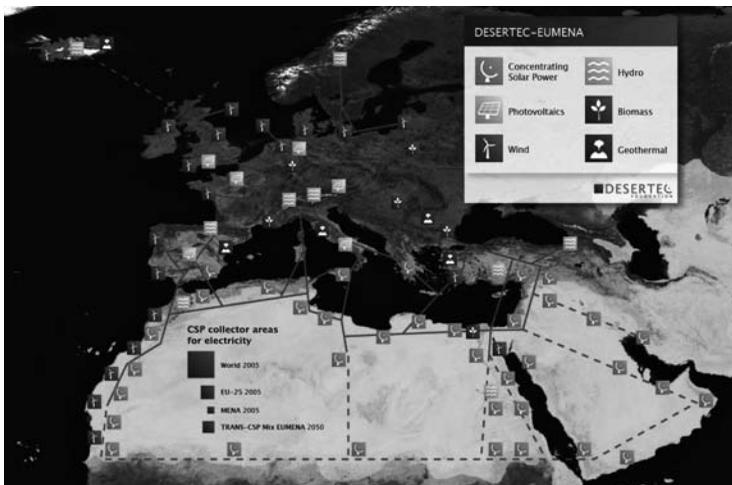


Abbildung 1: DESERTEC-Vision (Quelle: DESERTEC Foundation, www.desertec.org)

Figure 1: DESERTEC-Vision (Source: DESERTEC Foundation, www.desertec.org)

Mittelspannungsverteilung. Eine weitere treibende Kraft stellt die zunehmende Einspeisung von Gleichstromerzeugern sowie die Nutzung von Gleichstromzwischenkreisen beispielsweise bei Windenergieanlagen dar. Weiterhin ist hier auf Photovoltaikanlagen, Brennstoffzellen und zukünftig auf Batteriespeicher und auch Elektroautos verwiesen. Die Integration dieser Komponenten in die Energieversorgungsnetze stellen neue Herausforderungen dar, denen mit neuen, innovativen Konzepten begegnet werden muss. Die Zukunft hat am Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen durch die Forschungsarbeiten zu allen Teilbereichen und den umklammernden Netzkonzepten bereits begonnen.

Renaissance of DC-Technology research

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Deppe

Worldwide there is an increasing interest in the application of High Voltage Direct Current (HVDC) for electrical power transmission. The main reason is that most of the renewable power resources are often best captured in places far from where energy is used. Building national and International HVDC is necessary to achieve the full potential of renewable energy. HVDC transmission is widely recognized as being advantageous for long-distance, bulk power delivery, asynchronous interconnections and long submarine cable crossings. HVDC system underwent research and development for many years and it was based initially on thyristor technology and more recently on fully-controlled semiconductors and voltage-source converter (VSC) topologies.

High voltage direct current transmission is becoming increasingly important in Europe. In particular of the need to conduct the energy generated from renewable energy sources over long distances to reach consumers, HVDC technology appears to be an attractive alternative to the AC technology that has previously been used. As a result HVDC transmission technology is being integrated into existing closely meshed AC networks and fully incorporated into electricity trading. On the other hand, current development is focusing increasingly on a DC network that is overlaid on top of the AC grid. Furthermore the DC-Technology can used to connect storage and electric cars to the Low- and Middle-Voltage Grid.

Smart Metering als wesentlicher Bestandteil des zukünftigen Energieversorgungsystems

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Deppe

Die Liberalisierung des Strommarktes schreitet weiter voran und eröffnet den privaten Verbrauchern immer größere Möglichkeiten. Die stärkere Liberalisierung des Zähl- und Messwesens im Jahr 2008 brachte hier eine weitere Markttrolle. Somit kann der Kunde neben

seinem Lieferanten auch den Messstellenbetreiber frei wählen. Weiterhin sieht das integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung vor, bis zum Jahr 2020 11,6 % der einzusparenden CO₂ Emissionen durch Reduktionen des Stromverbrauches herbeizuführen. Einen wesentlichen Beitrag dazu soll ein intelligentes Zähl- und Messwesen leisten. Dazu sind seit dem 1.1.2010 für Neubauten und umfassende Renovierungen elektronische Zähler (sogenannte Smart Meter) Pflicht. Ab dem 30.12.2010 sind die Energieversorger verpflichtet, lastvariable und tageszeitabhängige Tarife anzubieten, welche einen Anreiz zu Energieeinsparungen bieten. Bis zum Jahr 2020 sollen sogar 80 % der Zählpunkte mit Smart Metern ausgestattet sein. Vor diesem Hintergrund ergeben sich umfangreiche Forschungsfragen, die im Rahmen der Smart Metering Betrachtung am Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen diskutiert werden. Durch eine Gastmitgliedschaft im Lenkungskreis Zähl- und Messwesen im Fachforum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) ist sichergestellt, dass ein regelmäßiger Austausch zu aktuellen Entwicklungen stattfinden kann.

Zum einen wird die Frage diskutiert, welche Vorteile aus der besseren Netzkenntnis für den Netzbetrieb folgen. Dazu zählen Prognoseverbesserungen genauso, wie optimierte Betriebsmittelauslegung und Speicherintegration. Vor diesem Hintergrund stellen die Smart Meter eine Grundlage für ein Erzeugungs- und Verbrauchsmanagement dar. Damit stellt die Betrachtung der Auslegung des Smart Metering einen Grundstein der Smart Grid Betrachtung – welches auch als aktives Verteilnetz verstanden werden kann – dar. Zum anderen ist die Frage der Kundeneinbindung in das Energieversorgungssystem der Zukunft von entscheidender Bedeutung. Der Kunde muss die neue Technik sowohl akzeptieren als auch bewusst einsetzen um Einspareffekte zu nutzen. Nur durch die aktive Einbindung des Kunden in das Smart Grid ist eine dynamische Abstimmung von Erzeugung und Verbrauch und damit eine Erreichung der umweltpolitischen Ziele möglich.

Die technischen Vorteile einer verbesserten Netzkenntnis und die Möglichkeit, die Verbraucher direkt zu erreichen stellen bisher jedoch nur einen unterschätzten Nebenschauplatz dar. Im Fokus steht aktuell die Frage nach einem wirtschaftlichen Betrieb der neuen Technologie. Durch die Liberalisierung können hebbaren wirtschaftlichen Vorteile nicht durch das Unternehmen realisiert werden, welches die Investitionen in das Smart Metering tätigen muss. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen der Untersuchung analysiert, ob und wenn ja wie ein Smart Metering wirtschaftliche Vorteile für die Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette liefert. In diese ganzheitliche Betrachtung findet eine wirtschaftliche Bewertung der verbesserten Netzkenntnis Eingang. Neben den technischen Fragestellungen fließt darüber hinaus die Frage nach dem Kundennutzen in die Betrachtung ein. Zum einen werden Ansätze identifiziert, die zu einem Vorteil des Smart Metering für den Kunden führen, wobei die gesamte Prozesskette betrachtet und in die Bewertung einbezogen wird. Damit wird die Differenz zwischen globalen und lokalen Optima ermittelt. Zum anderen wird untersucht, wie unterschiedliche Kundengruppen angesprochen

werden müssen, um eine möglichst hohe Kundenakzeptanz zu erreichen. Hierzu kooperiert das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen mit dem Institut für Psychologie, Abteilung psychologische Methodenlehre und Biopsychologie sowie dem Institut für Sozialwissenschaften, Lehrstuhl für Sozialstrukturanalyse und Methoden der empirischen Sozialforschung. Im Rahmen dieser Kooperation wurden die in der Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellten Fragen aufgeworfen. Eine Erfüllung der umweltpolitischen Ziele ist nur durch eine Verbrauchsreduktion oder Verbrauchsverschiebung zu erreichen. Die daraus resultierenden Forschungsfragen sind den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen.

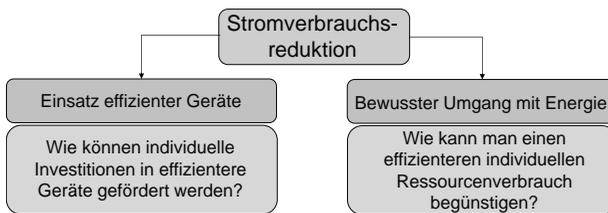


Abbildung 1: Fragen zur Erreichung einer Stromverbrauchsreduktion

Figure 1: Questions to achieve a reduction of energy consumption



Abbildung 2: Fragen zur Akzeptanz einer Stromverbrauchsverschiebung

Figure 2: Questions to accept a shifting of energy consumption

Die Forschung zum Smart Metering stellt somit eine zentrale Komponente des zukünftigen Smart Grid dar. Die Herausforderung besteht darin, erstmals neben technischen Komponenten den Menschen aktiv in die Energieversorgung einzubeziehen, um letztendlich die (lokale) Nutzung regenerativer - und zumeist fluktuierender – Energiequellen mit dem Verbrauch in Einklang zu bringen. Durch den aktiven Verbraucher besteht neben einem weiteren Freiheitsgrad in der Ausgestaltung des Smart Grid eine verbesserte Netzkenntnis. Somit wird eine technisch/wirtschaftlich optimierte Dimensionierung und Nutzung von elektrischen und thermischen Speichern sowie eine optimierte Betriebsmittelauslastung und damit einhergehend eine Reduzierung des Netzausbaus möglich. Da durch den aktiven Verbraucher zum einen ein weiterer Freiheitsgrad aufgenommen werden kann, zum anderen aber eine bessere Netzkenntnis erreicht wird.

Smart Grid based on Smart Metering

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Deppe

The integration of a Smart Metering in the value chain of energy supply plays a major role for the development of a Smart Grid. An economic benefit can be achieved only on the whole value chain. A functioning smart metering is a prerequisite for a Smart Grid. With the Smart Grid the environmental objectives can be achieved and a contribution be made to increase efficiency. Another essential element is the customer acceptance of a Smart Metering. Thereby the consumer will be integrated as an active part in the energy supply. The research question is, how to establish this system. This question will be answered in the research work.

Einsatzmöglichkeiten elektrischer Speicher zur weiteren Integration dezentraler Energieanlagen

Dipl.-Wirtsch. Ing. Phillip Gronstedt

Im Zuge der momentanen Diskussion über die zunehmende Bedeutung für den Klimawandel, nicht prognostizierbare Energiepreise und einer drohenden Ressourcenknappheit nimmt die Energieversorgung unter Verwendung Erneuerbarer Energien sowie die Effizienzsteigerung von Energieanwendungen eine entscheidende Position ein. Daher werden innovative Konzepte mit steigendem Anteil von Erzeugern auf Basis regenerativer Energien sowie dezentraler KWK-Anlagen die Energieversorgung der kommenden Jahrzehnte prägen. Die besondere Herausforderung dieser Szenarien kommt insbesondere den Stromnetzen zu, die durch den weiteren Ausbau von Erzeugungskapazitäten auf Mittel- und Niederspannungsebene reagieren müssen. Eine wesentliche Chance zur Bewältigung dieser Herausforderung stellen leistungsfähige Energiespeicher, die den Unterschied zwischen dem zeitlich schwer zu erfassendem Energieangebot und –nachfrage auszugleichen.

Stromspeicher tragen neben Verbesserungen für den Einsatz konventioneller Erzeugungsanlagen zum Ausgleich kurzzeitiger Unterbrechungen der Stromversorgung sowie zu einer Lastgangvergleichmäßigung in der Stromlieferung bei. Der letztgenannte Punkt bezieht sich explizit auf die Fluktuationen der Elektrizitätseinspeisung aus Erneuerbaren Energieerzeugern unter Verwendung von Solar- oder Windenergie.

Innerhalb des Teilprojekts „Netzbetrieb mit Speichern“ des Forschungsverbundes Energie Niedersachsen (FEN) werden Untersuchungen zur Entwicklung innovativer Konzepte für eine effektive Integration von mobilen und stationären in das vorhandene Elektrizitätsnetz unternommen. Ein Beispiel für ein solches Konzept ist der Einsatz eines elektrischen Energiespeichers auf Haushaltsebene in Verbindung mit einer dezentralen Erzeugungseinheit. Durch den Energiespeicher kann der Eigenverbrauch im Haushalt erhöht und so die Wirtschaftlichkeit der Anlage gesteigert werden. Abbildung 1 zeigt die momentane

Förderlage für den Einsatz dezentraler KWK-Anlagen und den resultierenden Bonus für eigenverbrauchten Strom. Da die Energiedurchsatzkosten elektrischer Energiespeicher momentan weit über diesen möglichen Gewinnen liegen, ist ein Einsatz zurzeit nicht rentabel. Erst mit Einsetzen einer Kostendegression, z. B. durch den Eintritt von elektrifizierten Fahrzeugen in den Massenmarkt, werden Batteriespeicher zu einer ernsthaften Option zur Sicherung der Energieversorgung.

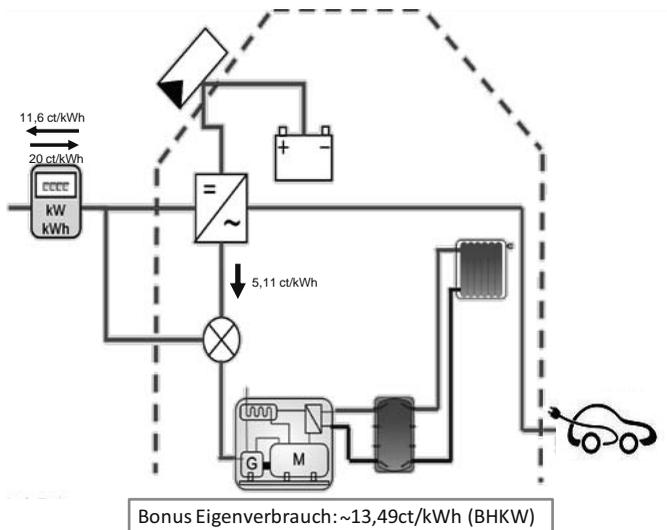


Abbildung 1: Kopplung elektrischer Speicher und dezentrale Erzeuger
 Figure 1: Combination electrical storage system and distributed power units

Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen des FENs zur Charakterisierung von Energiespeichern sowie eigenen Messungen am Batterieteststand des Instituts ist ein Anforderungsprofil für Speicher im Niederspannungsnetz entworfen worden. Hierauf basierend hat sich der Batteriespeicher als geeignetster Speicher sowohl für die Netzaufgabe als auch für den lokalen Einsatz zur Eigenverbrauchsmaximierung herausgestellt. Dabei kann zusätzlich bei der Wahl dieser Speichertechnologie nicht nur ein Vergleich zwischen dezentral und zentralen installierter Speicherleistung gezogen werden, sondern auch im weiteren Verlauf der Untersuchung auf die Bereitstellung des Speichers etwa durch elektrifizierte Kraftfahrzeug eingegangen werden. Hinterlegt mit einem Lebensdauermodell wurden zunächst Batteriespeicher der Lithium Ionen Technologie analysiert. Im Weiteren wurde eine umfassende Modellierung von Speichersystemen im Niederspannungsnetz implementiert, die die Auswirkungen auf das Stromnetz zeigen sowie den Vergleich von dezentral oder zentral verteilter Speicherleistung zulässt. Auf Grundlage der

Simulationsergebnisse werden bereits erarbeitete Bewirtschaftungs- und Betriebskonzepte für Energiespeicher weiterentwickelt. Abschließend wird angestrebt die Simulationsergebnisse durch praktische Erprobung des elektrischen Speichersystems am BHKW-Versuchsstand des Instituts zu validieren. Aus den Betriebsverhalten und den Erkenntnissen eines Langzeittests werden Aussagen zur Wirtschaftlichkeit getroffen und Vorteile hinsichtlich der Unterstützung von Batteriespeichern für einen vom FEN angestrebten netzorientierten Betrieb abgeleitet.

Investigation of electrical storage systems

Dipl.-Wirtsch. Ing. Phillip Gronstedt

The increasing number of decentralized power units as well as the electricity generation from renewables influences the load flow of today's local grids more and more. In this context electrical storage systems are providing the opportunity to reduce fluctuations in and support the operation of the power supply system. The institute's working group "Energy Systems" especially focuses on the challenges that have to be taken into account for the integration of electrical storage systems into the existing local grids. Based on several different tests in our laboratories and computer simulations, the working group develops innovative concepts for the future energy scheme using regeneratives combined with storage systems. Figure 1 gives you an idea of one these concepts on a household level. It creates not only additional revenue generated by combining a micro CHP-unit with an electrical storage system, but also gives benefits to the electrical grid.

LithoRec – Recycling von Lithium-Ionen Batterien

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hannes Haupt

An Batteriesysteme zur Integration in den Antriebsstrang eines elektrisch angetriebenen Fahrzeuges werden vielfältige Anforderungen gestellt. Die notwendige Antriebsleistung soll für eine Reichweite >100km bereitgestellt werden und dies nach Möglichkeit über die gesamte Fahrzeuglebensdauer. Dabei hängen die Kenngrößen des Batteriesystems und die Belastungen, denen das Batteriesystem ausgesetzt wird, stark von dem Grad der Elektrifizierung des Antriebsstranges ab. Insbesondere vollelektrisch angetriebene Fahrzeuge stellen hohe Anforderungen an das Batteriesystem. Üblicherweise werden für Antriebsleistungen von bis zu 80kW Gleichspannungen von 200V - 600V eingesetzt. Bei einer nominellen Zellspannung von 3V und einem Energieinhalt der Zellen von 20Ah - 100Ah resultieren daraus Systeme, die eine Reihenschaltung von mehr als 100 Zellen und unter Umständen eine parallel Schaltung mehrerer Stränge erfordern. Das aus Sicherheitsgründen erforderliche Batterie-Management-System (BMS) überwacht alle

Einzelzellspannungen, den Ladezustand und die Temperatur der Zellen und trennt im Falle eines Überschreitens der Betriebsparameter das Batteriesystem vom Hochvoltbordnetz.

Während des Betriebs verändert sich der Zustand eines Batteriesystems kontinuierlich. Beispielsweise reduziert der Verlust von Aktivmaterial auf Grund eines Massentransports während der Lade-/Entladevorgänge die nutzbare Kapazität und chemische Reaktionen der Elektroden mit dem eingesetzten Elektrolyt erhöhen den Innenwiderstand. Da die nutzbare Kapazität die Reichweite eines vollelektrisch angetriebenen Fahrzeuges bestimmt und der Innenwiderstand die maximal abrufbare Leistung reduziert, verringern diese Veränderungen direkt die Leistungsfähigkeit eines elektrisch angetriebenen Fahrzeuges. Dies führt dazu, dass der Zustand von Batteriesystemen die für eine Nutzung in einem vollelektrisch angetriebenen Fahrzeug nicht mehr geeignet sind stark variieren kann.

Ziel des Projektes LithoRec ist es, die gesamte Prozesskette eines hydrometallurgischen Recyclingverfahrens für solche Lithium-Ionen-Batteriesysteme zu untersuchen. Eine besondere Herausforderung hierbei ist die zurzeit mangelhafte Standardisierung der Zellen, die eine automatisierte Demontage stark erschwert. Abbildung 1 zeigt beispielhaft ein System aus sogenannten prismatischen Einzelzellen. Das Institut für Hochspannungstechnik und



Abbildung 1: Lithium-Ion Batteriesystem

Figure 1: Lithium-Ion battery system

Elektrische Energieanlagen beteiligt sich an den Untersuchungen mit der Betrachtung der elektrischen Sicherheit bei der Demontage der Batteriesysteme, der Entladung der Systeme vor der Demontage und Zerlegung, der Zyklisierung und Analyse der Alterung und der Nutzung der in den Systemen vorhandenen Restenergie für den Prozess.

Im Vergleich zu einer einzelnen Lithium-Ionen Zelle, deren Leistungsfähigkeit von den Betriebsparametern Temperatur und Strombelastung sowie von der vorhergehenden Belastung (Alterung) abhängt, wird die Leistungsfähigkeit eines Systems zusätzlich von der Streuung des Zustands der Einzelzellen bestimmt.

Der Innenwiderstand einer Zelle verursacht einen Spannungsabfall, der sich in einer Reihenschaltung zum Spannungsabfall des Gesamtsystems aufaddiert. Abbildung 2 zeigt den

Spannungsverlauf am Batteriesystem eines Elektrorollers im Betrieb. Auf Grund einer unterschiedlichen thermischen Belastung sowie unterschiedlicher Zustände der Einzelzellen kann der Spannungsabfall unsymmetrisch über die Zellen verteilt sein. Der Einfluss dieser Ungleichverteilungen auf die Alterung des Systems ist ebenfalls Gegenstand der Untersuchungen.

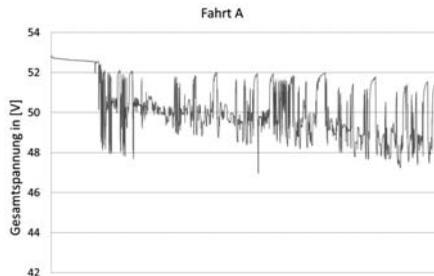


Abbildung 2: Spannungsverlauf am Batteriesystem eines Elektro-Roller

Figure 2: Voltage-curve of the battery system of an electric scooter

LithoRec – Recycling of Lithium-Ion Batteries

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hannes Haupt

Electric vehicles make great demands on battery systems. The necessary power has to be supplied for driving ranges >100km over the whole lifetime of the vehicle. Stresses put on the battery system vary with the rate of electrification of the vehicle. Especially full electric vehicles make great demands on battery systems. Voltage levels of 200 V – 600 V are employed to create a drive power of up to 80 kW. At a nominal cell voltage of 3 V a capacity of 20 Ah – 100 Ah systems are built of series connection of more than 100 cells and often multiple strings in parallel are employed. For safety reasons a Battery Management System (BMS) is used to survey single cell voltages, the State of charge (Soc) and the temperature of the cells and to disconnect the battery system from the vehicle when necessary.

The state of health of a battery system degrades continuously over the time of use. For instance the usable capacity degrades due to the loss of active material and the internal resistance rises due to changes of the electrolyte. These effects lead to a rate of degradation that prohibits the further use of the battery systems in the application.

The aim of the project LithoRec is to examine the whole process chain of hydrometallurgic recycling for such systems. A certain task is the missing standardization of the cells that complicates automatic dismantling of the systems. Figure 1 shows an example of so called prismatic cells. The institute for high voltage engineering and electric power systems contributes to the project by examining electrical safety, discharge of cells and systems, cycling of the cells and analysis of ageing and the use of remaining energy in the process.

Figure 2 shows the voltage curve of a battery system during a typical use in an electric scooter. On a current flow the voltage drops immediately due to the internal resistance of the cells. Inhomogeneous temperature distribution over the cells as well as differing cell states can cause unsymmetrical distribution of the voltage drop over the single cells. The effect of this on the ageing of the system is examined as well.

Analyse und Optimierung von Mittelspannungsnetzen mit integrierter dezentraler Erzeugung

M.Sc. Nasser Hemdan

Das Interesse an der Integration von Dezentralen Erzeugern (DE) in die Verteilnetzen nimmt in verschiedenen Ländern auf der Welt zu. Zu begründen ist dieses wachsende Interesse an zunehmend effizienteren Technologien durch die politischen Forderungen zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Energieverbrauch.

Im Rahmen dieser Untersuchung wird der Einfluss der Integration von DE auf die Belastbarkeit von Mittelspannungsnetzen analysiert. Die Belastbarkeit wird durch zwei Aspekte bewertet. Bei Maximallast sind zum einen die Spannungsgrenzen, zum anderen die Grenzen zur Spannungsstabilität einzuhalten. Zur Bestimmung dieser Grenzen wird die Continuation Power Flow (CPF) Methode verwendet.

Dezentrale Erzeuger können in die Mittelspannungsnetze integriert werden, um die zunehmende Nachfrage nach elektrischer Energie zu befriedigen. Durch den optimierten Einsatz der DE kann der Netzausbau- und Verstärkungsbedarf reduziert werden. Eine Methodik für die optimierte Integration von DE, wird in dieser Arbeit präsentiert.

Untersuchungen der Einflüsse von dezentraler Wind-Energieerzeugung auf Spannungsreihen, Spannungsprofile, und Netzverluste eines Mittelspannungsnetzes werden im zweiten Teil der Arbeit durchgeführt. Die Möglichkeit, eine neue Windenergieanlage in ein Netz mit bestehenden Windenergieanlagen zu integrieren wird unter Beachtung der Netzanschlussbedingungen des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) analysiert. Für die Simulation werden über ein Jahr gemessene Winddaten für die Abbildung der Einspeisung in der Mittelspannung und die Standardlastprofile des VDEW (Verband der Elektrizitätswirtschaft) für die Abbildung von Haushalten auf der Niederspannungsseite verwendet.

Die optimale Fahrweise von MS Netzen mit DE wird durch die Veränderung der Netzzustände von städtischen und ländlichen Mittelspannungsnetzen dargestellt. Ziel der Konfigurationsänderung ist die Minimierung der Netzverluste. Zur Ermittlung des neuen Netzzustandes wird eine Kombination aus NEPLAN und C++ verwendet. Die präsentierte Methode gibt gute Ergebnisse in der Minderung der Netzverluste, der Verbesserung der Spannungshaltung und dem Verringern der Leitungsauslastung,

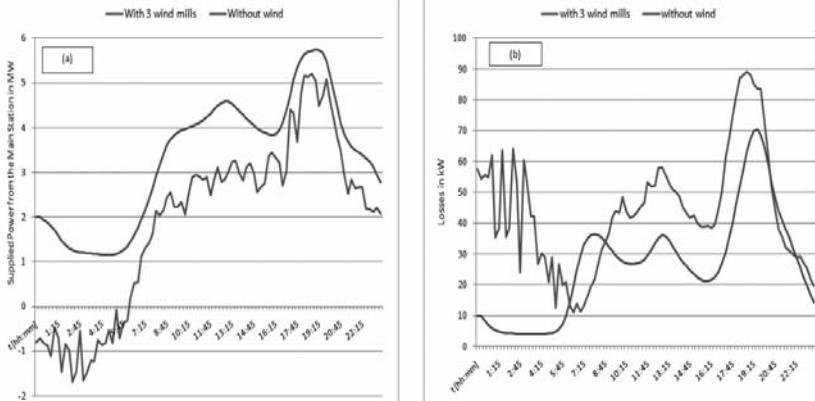


Abbildung 1: Gelieferte Leistung von der Hauptstation (a) und Verluste (b) am 22. Januar
 Figure 1: Supplied power from the main station (a) and losses (b) on 22th January

Analysis and Optimization of Medium Voltage Distribution Network with Integration of Decentralized Generation

M.Sc. Nasser Hemdan

The interest in integration of Decentralized Generation (DG) at the low and medium voltage distribution networks has been increased all over the world as economic and environmental factors drive DG to be the answer to different questions of increasing load demand, reliability, pollution, and price. The DG units are needed to be optimally accommodated and operated; therefore the utilities get more benefits from their integration.

This work presents an analysis and optimization of Medium Voltage (MV) distribution networks with integration of DG units. In the first part of this work, investigations of the impacts of integration of DG units on the loadability of MV distribution networks are introduced. The loadability is evaluated with respect to two aspects, the maximum loading according to the voltage limit and the maximum loading according to the voltage stability limit. The Continuation Power Flow (CPF) method is used to evaluate the loadability with respect to the two aspects.

DG units can be integrated into MV distribution grids to meet the increasing load demand while expansion and reinforcement of these networks are faced by economic and environmental difficulties. A new methodology for allocating of DG units into distribution systems in order to enhance the voltage limit loadability (i.e. the maximum loading which can be supplied by the power system while the voltages at all nodes are kept within the limits) is presented. The proposed method yields efficiency in obtaining more benefits from the same amount of DG power, decreasing the losses and improving the voltage profiles.

In the second part of this work, investigations on the implications of Distributed Wind Power Generation (DWPG) on voltage ranges, voltage profiles, and system MWh losses of a real MV distribution network are introduced. The availability to integrate a new wind mill into the network that already contains three wind mills is examined with respect to the technical conditions for generation connection to the MV networks introduced by German Association of Energy and Water Industries (BDEW). In the simulation we used one year measured wind data and standard VDEW load profiles of the households, which are connected to the LV side at each MV substation.

The optimum operation of MV networks with DG through reconfiguration of urban and rural MV networks is presented. The aim of the reconfiguration process is to minimize the power losses. A combination of NEPLAN and C++ is used to find the optimal switching state. The presented method gives good results in reducing the network losses and improving the voltage profiles and reduces the line loading.

Geschäftsmodell für einen BHKW-Verbundbetrieb in der Wohnungswirtschaft

Dr.-Ing. Magnus Pielke

Die Wärmeversorgung von Mehrfamilienwohngebäuden mit Blockheizkraftwerken gewinnt an Bedeutung. Durch die Bestrebung der Bundesregierung die Energieeffizienz in der Wohnungswirtschaft zu erhöhen, erhält die Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie Aufwind in der Wahrnehmung. Sowohl im Rahmen der Energieeinsparverordnung als auch im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz bietet der Einsatz eines BHKW zur Wärme- und Stromversorgung einen Beitrag zur Einhaltung der Vorschriften.

Während aktuelle Contracting-Modell vornehmlich auf die Wärmeversorgung ausgerichtet sind und der erzeugte Strom in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist wird, bietet ein Strom-Wärme-Contracting ein deutlich größeres Potenzial. Durch die Vergütung des selbstgenutzten KWK-Stroms wird der Verbrauch im Objekt gefördert. Doch die rechtlichen Rahmenbedingungen, gekennzeichnet durch das Energiewirtschaftsgesetz, das Mietrecht sowie die Heizkostenverordnung erschweren aktuell eine Massenmarkt taugliche Umsetzung. Einen besonderen Mehrwert bietet ein Energieliefer-Contracting realisiert durch den Energieversorger. So hat dieser die Möglichkeit seinen Erdgasabsatz durch den Betrieb des BHKW zu sichern und kann weiterhin durch eine zentrale Steuerung vieler BHKW in Form eines virtuellen Kraftwerks für die eigene Stromversorgung Systemdienstleistungen bereitstellen. Im Rahmen dessen versetzt er sich in die Lage der Wohnungsbaugesellschaft als auch dem Mieter attraktive Preise für die Energieversorgung anzubieten, womit zum einen ein Beitrag für den Umweltschutz geleistet werden kann und der Energieversorger eine höhere Kundenakzeptanz und auch damit eine höhere Kundenbindung schafft.

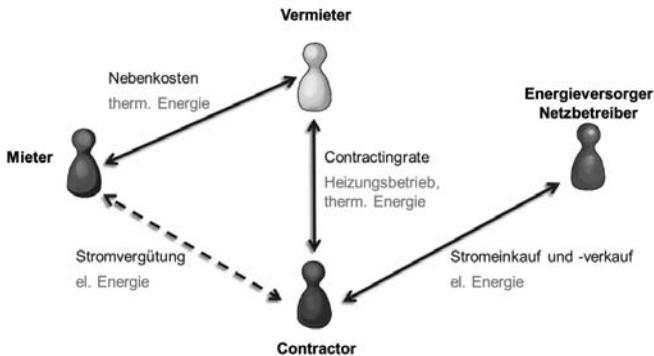


Abbildung 1: Aufbau eines Energieliefer-Contractings in der Wohnungswirtschaft

Figure 1: Contracting concept with CHP units for the housing industry

Integration and market strategies of CHP micro units for the energy supplier

Dr.-Ing. Magnus Pielke

Combined heat and power micro units (CHP micro-units) are not anymore niche products of efficient energy supply systems. The Federal Government enhances the effort for energy efficiency in the housing industry. CHP units can provide a benefit to achieve the standards of the Energy Saving Regulation (EnEV) and the Renewable Energy Heat Act (EEWärmeG). Currently most energy contracting models based on CHP units in residential properties are designed as heat energy contracting. In these cases produced electric power is fed into the main power supply. Heat and power energy contracting models offer economic benefits due to the CHP power promotion. Electric CHP power used in residential properties is promoted by the Act on Combined Heat and Power Generation. But the regulatory framework (Energy industry act, law of tenancy, law of heating costs) complicates realizations in mass markets. A special benefit can be realized by energy supplier. They have the opportunity to save the gas consumption by operating the CHP unit. Furthermore they can manage the CHP units as a virtual power plant to provide energy system services. By implementing this concept innovative price models can be offered for heating and electric energy to the landlord as well as to the tenants. Attractive price models put energy supplier in a position to make a contribution to environment protection as well as customer loyalty and acceptance.

Bewertung des Einflusses von Risiko auf die Kostenwirksamkeit von CDM-Projekten aus der Sicht von EU-EHS Compliance-Investoren

Dipl.-Wirtsch.-Ing. P. Wiedenhoff

Compliance-Unternehmen des Europäischen Emissionshandelssystems (EU-EHS) im Energiesektor sind ab 2013 verpflichtet, ihre benötigten CO₂-Emissionsberechtigungen zu ersteigern. Beteiligungen an Klimaschutzprojekten im Ausland stellen eine Möglichkeit dar, sog. CO₂-Zertifikate zu erwerben. Bei Projekten des Clean Development Mechanism (CDM) werden diese in Form sog. Certified Emission Reductions (CER) verbrieft. Die Handelspreise ausgeschütteter CERs innerhalb des EU-EHS sind bekannt. Dagegen sind CER-Gestehungskosten nicht transparent. Ein Maß für die Kostenwirksamkeit einer Projektbeteiligung ist der zur Realisierung eines CDM-Projekts erforderliche minimale CER-Preis. Da CDM-Projekte in Entwicklungsländern umgesetzt werden, unterliegen diese vielfältigen Risiken, die bei der Berechnung der Preisuntergrenze zu berücksichtigen sind. Bisherige Studien fokussieren zumeist qualitative Risikobewertungen. Methoden zur Bestimmung des monetären Einflusses der Risiken auf die CDM-Gestehungskosten und CER-Preisuntergrenze liegen bislang nicht vor. Die gemeinsam mit der Stadtwerke München durchgeführte Untersuchung adressiert diese Forschungslücke und stellt ein Modell zur Bestimmung der Kostenwirksamkeit von CDM-Projektbeteiligungen unter Berücksichtigung der Risiken aus der Perspektive von EU-EHS Compliance-Investoren dar.

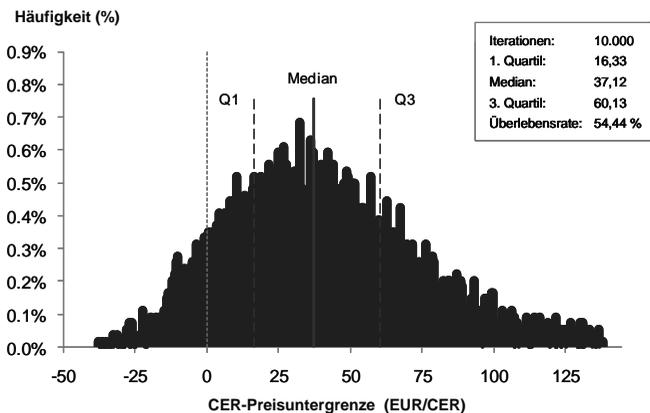


Abbildung 1: CER-Preisuntergrenzen-Verteilung für beispielhaftes südindisches Windprojekt
 Figure 1: CER floor price distribution for exemplary wind CDM project in South India

Zunächst werden in einem Wirtschaftlichkeitsmodell deterministische CER-Preisuntergrenzen für ausgewählte Projektcluster berechnet. Ein Projektcluster besteht aus der Kombination eines Projekttyps und Gastgeberlandes. Aufbauend erfolgt die über ein Simulationsverfahren umgesetzte Risikobewertung. Identifizierte Wirtschaftlichkeits- und CER-Mengen-Risiken werden durch Verteilungen auf die zugrunde liegende Datenbasis angepasst. Monte-Carlo-Simulationen (MCS) des integrierten Wirtschaftlichkeits- und Risikomodells führen zu Verteilungsfunktionen für risikoangepasste Preisuntergrenzen zu jedem Projektcluster. Die statistische Auswertung ermöglicht die Angabe eines monetären Risikoaufschlags. Abbildung 1 zeigt exemplarisch eine Mindestpreisverteilung für Beteiligungen an Windprojekten in Südindien. Der Erwartungswert, welcher durch den Median ausgedrückt wird, liegt bei etwa 37,1 EUR/CER und damit deutlich über der deterministischen Preisuntergrenze von ca. 10,9 EUR/CER. Abbildung 2 verdeutlicht die Risikoaufschläge pro Projektcluster. Sie trägt die erwartete und deterministische CER-Preisuntergrenze über der Zertifikatsmenge auf.

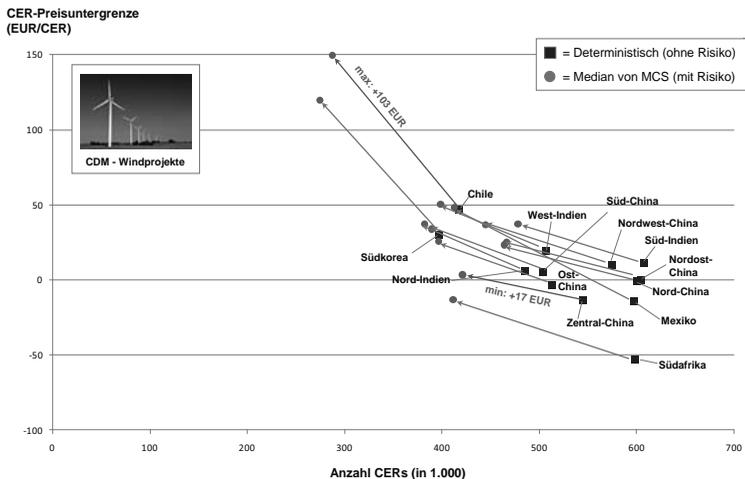


Abbildung 2: Vergleich der deterministischen und erwarteten CER-Preisuntergrenze
 Figure 2: Comparison of deterministic and expected CER floor prices for wind projects

Der niedrigste Risikoaufschlag in Höhe von ca. 17 EUR wird bei Beteiligungen an CDM-Windprojekten in Zentralchina erwartet. Chile ist das Land mit dem höchsten erwarteten Risikoaufschlag.

Exemplarisch wird das Modell auf die Projekttypen Windenergie, Stromerzeugung aus Deponiegas sowie industrielle Abwärmegewinnung angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Risiken einen deutlich höheren Einfluss auf die Kostenwirksamkeit haben wie erwartet.

Dieser spiegelt sich in Abhängigkeit der Projektcluster in einem bis zu dreistelligen EUR-Aufschlag wider. Über die statistische Auswertung von CER-Preisuntergrenzen auf Basis risikoangepasster Preisverteilungen lassen sich Projektcluster mit einer Preiserwartung unterhalb des CER-Marktpreises identifizieren. Die Erkenntnisse tragen somit nicht nur zum CDM-Marktverständnis bei, sondern unterstützen unmittelbar die Definition einer CDM-Investitionsstrategie.

The Influence of Risk on CDM Cost Effectiveness from the Perspective of EU-ETS Compliance Investors

Dipl.-Wirtsch.-Ing. P. Wiedenhoff

Starting in 2013, compliance companies from the energy sector within the European Union Emissions Trading Scheme (EU-ETS) are obliged to auction the required amount of carbon allowances. This could lead to an increased demand in Clean Development Mechanism (CDM) projects to source Certified Emission Reductions (CER) for compliance purpose. While the trading prices of issued CERs within the EU-ETS are transparent, there is limited knowledge about the actual origination cost of CDM projects. Minimum CER prices required for financial viability of a CDM project idea define a measure for CDM cost effectiveness and indicate the floor price for project participation. As CDM projects are located in developing countries, they face substantial implementation and performance risks that need to be considered for CDM cost effectiveness calculation. As existing studies primarily focus on qualitative risk assessment, there is a lack of a monetary evaluation of risk impact on CDM origination cost and CER floor price.

The research conducted jointly with the German utility company Stadtwerke München intends to close this gap and introduces a model for calculation of CDM cost effectiveness taking risks into account from the perspective of EU-ETS compliance investors. The developed model for calculation of deterministic CER floor prices is enriched with a simulation based risk approach. The risk model considers investment profitability and CER quantity risks and calculates a risk premium to consider the expected financial impact on the CER floor price. Risk factors are modeled by fitting probability distributions to underlying base project data. Monte-Carlo simulation (MCS) results in a distribution of risk-adjusted CER floor prices for every project cluster.

The model is applied to renewable energy technology, energy efficiency, and methane avoidance projects. Risk influence on CDM cost effectiveness is exemplarily analyzed for wind onshore projects. Model output shows that risk has a higher than expected financial impact which may result in risk premiums of up to three-digit EUR amounts per CER.

The resulting risk-adjusted CER price distributions for CDM cost effectiveness enable the statistical analyses of CER floor prices. Project clusters with CER price expectations below

traded market prices can be identified. Thus, the outcome not only contributes to CDM market understanding. It also supports the definition of a CDM investment strategy.

3.2 Arbeitsgruppe Isoliersysteme - Working Group Insulation Systems

Untersuchungen zur Spannungsfestigkeit von flüssigem Stickstoff

Dipl.-Ing. Michael Blaz

Für den Betrieb von supraleitenden Geräten ist eine Kühlung der supraleitenden Komponente unumgänglich. Für Anlagen mit Hochtemperatursupraleitern (HTS) ist eine Temperatur von ca. -200°C ausreichend, so dass eine preisgünstige Kühlung mit flüssigem Stickstoff (LN_2) erfolgen kann. Um Kurzschlüsse in den Anlagen sicher zu unterbinden, muss außer der Temperatur eine ausreichende elektrische Isolierung gewährleistet werden (Abbildung 1). Hierbei bietet es sich an, das Kühlmedium LN_2 ebenfalls zur elektrischen Isolierung der supraleitenden Komponenten zu verwenden. Problematisch hierbei ist der Betrieb der Komponenten im nicht supraleitenden Zustand, sei es kurzzeitig gewollt wie beim Strombegrenzer oder ungewollt beim Fehlerfall in z.B. supraleitenden Kabeln. Während dieser Phase wird der Supraleiter hochohmig und der ihn durchfließende Strom heizt ihn auf. Der Wärmeeintrag in den flüssigen Stickstoff kann zum Verdampfen des LN_2 führen und die Bereiche mit gasförmigem Stickstoff die Isolation schwächen. Um diesen Zustand elektrisch bewerten zu können, sind Untersuchungen von Stickstoff und blasendurchsetztem Stickstoff im Hinblick auf sein Isoliervermögen nötig.



Abbildung 1: Entladung im flüssigen Stickstoff

Figure 1: Discharge in liquid nitrogen

Um weitere Daten zur Isolierfestigkeit von reinem und blasendurchsetztem flüssigem Stickstoff zu erhalten wird in diesem Forschungsprojekt der Einfluss der Blasen auf die Isolierfestigkeit bei verschiedenen Drücken untersucht. Dazu steht ein Kryostat der Firma Nexans Deutschland GmbH zur Verfügung, bei dem mit Drücken bis $6 \text{ bar}_{\text{abs}}$ und

verschiedenen Temperaturen des Stickstoffes gearbeitet werden kann. Außerdem wird am Institut ein Kryostat aufgebaut, um eigene Messungen durchführen zu können. Bisherige Experimente haben einen erheblichen Einfluss der Blasen auf die Durchschlagspannung gezeigt (Abbildung 2). Bei diesen Untersuchungen wurden zwischen zwei Rogowskiprofilen Blasen erzeugt und diese Anordnung mit einer Blitzstoßspannung (1,2/50) belastet. Außerdem ist eine Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Stickstofftemperatur zu erkennen.

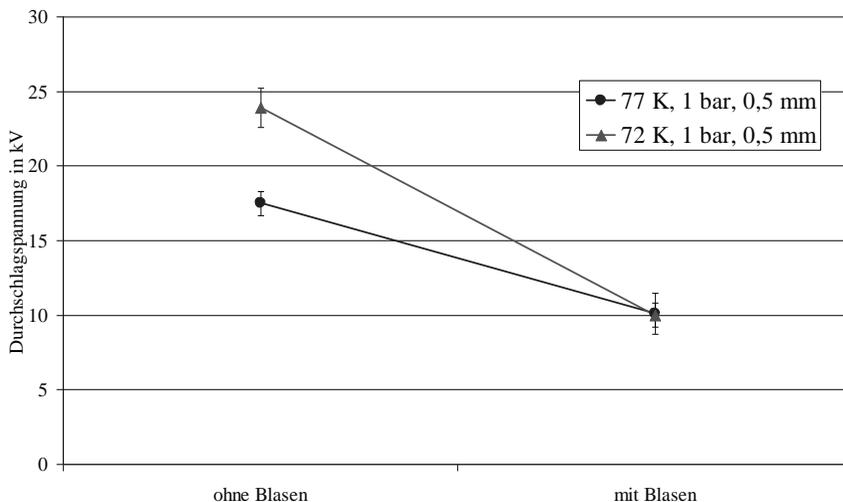


Abbildung 2: Einfluss von Blasen und Stickstofftemperatur auf die Durchschlagspannung
 Figure 2: Influence of bubbles and temperature of the liquid nitrogen on the breakdown voltage

Investigation of the dielectric behaviour of liquid nitrogen

Dipl.-Ing. Michael Blaz

For superconducting applications the cooling of the superconducting device is necessary to guarantee a properly operation. For applications with high temperature superconductors (HTS) a temperature of -200°C is adequate. For this temperature liquid nitrogen (LN_2) can be used as coolant. Beside the cooling properties the LN_2 also has the advantage to operate as electrical insulation. To guarantee a proper insulation the behaviour of the liquid as insulation has to be known to avoid discharges during the nominal operation (Figure 1). Especially the insulation behaviour of a mixture of liquid and gaseous nitrogen is important because of the occurrence of bubbles during the quench of a superconductor.

These situations are investigated within this research project. First measurements show a large influence of the bubbles on the insulation ability of the liquid nitrogen (Figure 2). Also the temperature of the liquid has an influence on the breakdown voltage.

Dielektrisches Verhalten von Bedampfungsschichten auf Keramikoberflächen unter Vakuum

Dipl.-Ing. Ingo Gramberg

Vakuumschaltkammern werden seit Jahrzehnten aus Gründen ihrer Zuverlässigkeit und des geringen Wartungsaufwandes im Mittelspannungsnetz eingesetzt. Neben technischen und wirtschaftlichen Gründen, sprechen aber auch umweltpolitische Aspekte, wie z.B. die SF6-Problematik dafür, das Schaltkammerdesign weiter zu optimieren und so eventuell den Einsatzbereich von Vakuumschaltkammern auch auf höhere Spannungsebenen ausdehnen zu können.

Um das Design der Schaltkammern weiter verbessern zu können, muss zunächst verstanden werden welche Verschleißerscheinungen bei Schalthandlungen mit diesen Schaltkammern, die nach aktuellem Stand der Technik gefertigt sind, auftreten. Der während der Schaltkontakttrennung auftretende Lichtbogen sorgt für die Aufschmelzung des Kontaktmaterials an den Oberflächen der beiden Elektroden. Der Grad der Aufschmelzung ist dabei stark von der geschalteten Stromstärke abhängig. Die Oberflächen der untersuchten Schaltkontakte zeigten deutlich, dass bei Stromstärken um 20kA eine großflächige, intensive Aufschmelzung bis hin zur Krater- und Hügelbildung zu beobachten ist. Während bei diesen Schaltungen die Aufschmelzungen bis an den Schaltkontaktrand heranreichten, sind bei Stromstärken von einigen wenigen kA nur geringe Verschleißspuren auf dem inneren Bereich der Oberfläche zu beobachten.

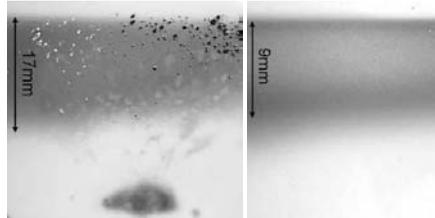


Abbildung 1: Zwei Beispiele von unterschiedlich starken Bedampfungen

Figure 1: Two examples of ceramics that have been covered by CuCr layers

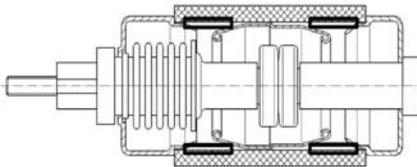


Abbildung 2: Schnittbild Vakuumschaltkammer mit markierten Bedampfungsbereichen

Figure 2: Vacuum Interrupter, marks show the areas that can be covered by condensed contact material

Abbildung 2: Schnittbild Vakuumschaltkammer mit markierten Bedampfungsbereichen

Der bei den Schaltungen durch die Kontaktmaterialaufschmelzung entstehende Metalldampf kondensiert nach erfolgreicher Schaltung im Inneren der Schaltkammer. Abbildung 1 zeigt Ausschnitte unterschiedlich intensiver Bedampfungsschichten auf den Keramikoberflächen. Das kondensierte Kontaktmaterial schlägt sich auf Teilen der Keramikoberfläche nieder. Diese Bereiche sind in Abbildung 2 durch die schwarzen Rechtecke markiert. Eine großflächige Bedampfung der Keramiken, die nur bei häufigen Schaltungen von einigen 10kA zu erwarten ist, kann zur Verminderung der Isolierfähigkeit der Keramikisolatoren führen.

Um dies zu verhindern sind die Schaltkammern mit Dampfschirmen ausgerüstet. Diese sollen den größten Teil des CuCr Dampfes abfangen.

Dass Schalthandlungen einen Einfluss auf die dielektrische Festigkeit der Schaltkammern haben konnte bereits nachgewiesen werden. Eine beispielhafte Blitzstoßspannungsprüfung, die zum Nachweis der Spannungsfestigkeit von Geräten der Energietechnik dient, ist in Abbildung 3 dargestellt. Die bislang durchgeführten Untersuchungen konnten aufzeigen, dass die Spannungsfestigkeit besonders nach sehr stromstarken Schalthandlungen abnimmt. Weitere Untersuchungen der Bedampfungsschichten und des Bedampfungsvorganges sollen nun zu Optimierungsmöglichkeiten der Schaltkammern führen.

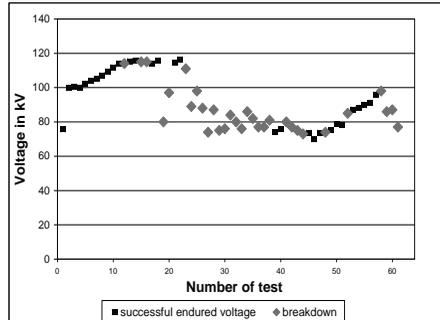


Abbildung 3: Blitzstoßspannungsprüfung einer Schaltkammer nach vielen Kurzschluss-schaltungen

Figure 3: Lightning impulse voltage (1,2/50µs) test after a large number of switching operations with short circuit current

Dielectric characteristics of evaporation layers on ceramic surfaces under vacuum

Dipl.-Ing. Ingo Gramberg

Vacuum interrupters (VI) have been established for decades as a good technique, fulfilling the task of switching high currents. For reasons of economy and environment-friendliness, VIs have been investigated to work even at difficult operation conditions and high voltages.

In order to improve the design of the VIs, it is necessary to investigate which signs of wear occur by switching different load or short circuit currents. The switch arc that comes along with the opening process of the VI's contacts while current is flowing, is melting the contact-surfaces and producing metal vapor inside the VI. This metal vapor condenses not only on the main shielding but also on the surface of the ceramics. This can lead to reduction of the VI's

dielectric performance, because metalized ceramics come along with a lower insulation performance. Figure 1 shows two examples of CuCr layers on ceramics after switching different current intensities. The regions inside the VI that are usually covered by CuCr layers after switching operations are marked by black rectangles in figure 2. A large number of switching operations with varying current intensities were performed and the VIs were investigated afterwards. The results show that especially switching operations with some 10kA produced thick and extensive metallized surfaces. Dielectric investigations of the VIs, performing lightning impulse voltage tests showed, that the maximum withstand voltage of the VIs can become reduced after switching high current intensities (figure 3). Further investigation on the vaporized CuCr layers will be performed, this should help to create an optimized VI design.

Untersuchungen von Silikonisierstoffen unter erschwerten Bedingungen bei DC-Belastung

Dipl.-Ing. Michael Hilbert

Die immer weiter verbreitete Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) stellt die eingesetzten Komponenten und Materialien vor neue Herausforderungen. Es herrschen andere Belastungen und Effekte vor, die bei der sonst üblichen Wechselspannung nur eine untergeordnete Rolle spielen oder gar vernachlässigt werden können. Hierzu gehören beispielsweise die Polarisierung sowie Oberflächenladungen.

Die in der Realität vorkommenden Spannungen sind jedoch keine ideal glatten Gleichspannungen, sondern weisen auch andere Spannungsanteile auf. So haben reale Gleichspannungen zumeist eine geringe Welligkeit. Dieser Spannung sind entweder Oberwellen oder Kombinationen daraus überlagert. Dies kann zu unterwarteten und bisher schwer erklärbaren Phänomenen führen, wenn man nur von idealen Gleichspannungen ausgeht.

Viele Prüfverfahren für Systeme oder Materialien, die sich bei Wechselspannung etabliert haben, benötigen dementsprechend eine Modifikation, um den neuen Bedingungen gerecht zu werden. Zur Qualifizierung der Isolation unter diesen Bedingungen können neue Prüfverfahren entwickelt oder aber ein Transfer etablierter Wechselspannungsverfahren vorgenommen werden. Exemplarisch werden in Abbildung 1 Entladungen auf einem RTV-Silikonprüfling bei Gleichspannung gezeigt.

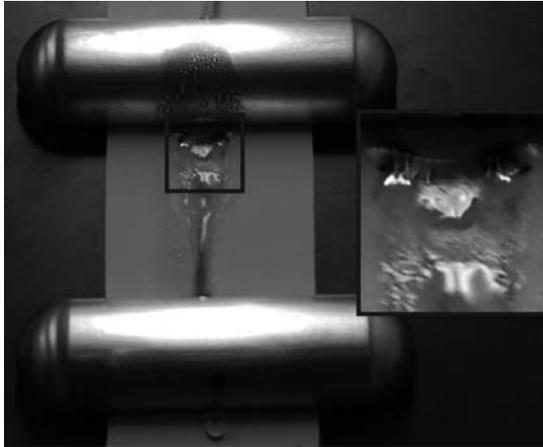


Abbildung 1: Entladungen auf Silikonprüfling bei Gleichspannungsmessung
Figure 1: Discharges on SIR at DC-measurement

An der oberen Elektrode liegt Hochspannung und an der unteren Erde an. Zwischen den Prüflingen fließt eine leitfähige Lösung herab. Nach einer gewissen Prüfdauer ist die Hydrophobie durch Entladungen geschwächt, und es kann ein durchgehender Wasserfilm beobachtet werden. Darauf entstehen Trockenbandentladungen auf dem Prüfling an der Hochspannungselektrode durch die Entladungsenergie. Diese reduzieren die Hydrophobie weiter und führen somit zum Ende des Testes.

Diagnosis of Silicone-Rubber-Insulators under environmental conditions and DC-stress

Dipl.-Ing. Michael Hilbert

For High Voltage Direct Current (HVDC) new requirements of the insulations are necessary. There are few DC tests for benchmarking the insulation and aging behaviours of used materials. The transferability of an AC-test (Dynamic Drop Test) for DC was determined.

3.3 Arbeitsgruppe Schaltgeräte - Working Group Switching Devices

Verhalten von Leistungshalbleitern gegenüber Stoßbelastungen

Dipl.-Ing. Björn Bünsow

Regenerative Energien stellen einen stetig wachsenden Teil der elektrischen Energieversorgung dar. Energieerzeuger wie Windkraftwerke und Photovoltaikanlagen können ihre erzeugte Energie nur mit Hilfe leistungselektronischer Komponenten einspeisen. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, sind regenerative Energieerzeuger jedoch nicht nur ihren konzipierten Energiequellen ausgesetzt. Es können noch viel stärkere, unerwünschte Kräfte auf die Erzeuger einwirken. In der benötigten Elektronik kommen Halbleiterschalter zum Einsatz, die auf Grund ihrer geringen Robustheit – gegenüber elektromechanischen Bauteilen – einen Schwachpunkt darstellen und somit für die Lebensdauer entscheidend sind.



Abbildung 1: Naturgewalten
Figure 1: Forces of nature

Das Hauptschaltelement sind dabei Leistungstransistoren (z.B. IGBT) oder Thyristoren. In Überlastfällen, wie z.B. einem Blitzschlag, sind vor allem diese Bauteile gefährdet. Um herauszufinden,

wie diese Bauteile auf Stoßströme und transiente Spannungen reagieren, werden entsprechende Untersuchungen mit diskreten Bauteilen am Institut durchgeführt. Unter anderem wird dafür die Wärmekapazität der Halbleiter ermittelt, die dem Halbleiter bei einer Überbeanspruchung als Energiedepot eine Art Schutz bietet. Bei einem Überspannungsversuch mit transienten Spannungen wird hingegen das dynamische Verhalten eines IGBT-Moduls beobachtet.

Neben experimentellen Untersuchungen werden auf theoretischem Wege durch Simulation und analytische Berechnungen versucht, die Verluste im Halbleiter rechnerisch zu bestimmen. In Abbildung 2 sind die Energien, die bei einem Abschaltversuch in einem Halbleiter deponiert werden, sowohl analytisch als auch experimentell aufgetragen. Ziel ist es, das Verhalten mit einfachen analytischen Modellen möglichst gut wiederzugeben.

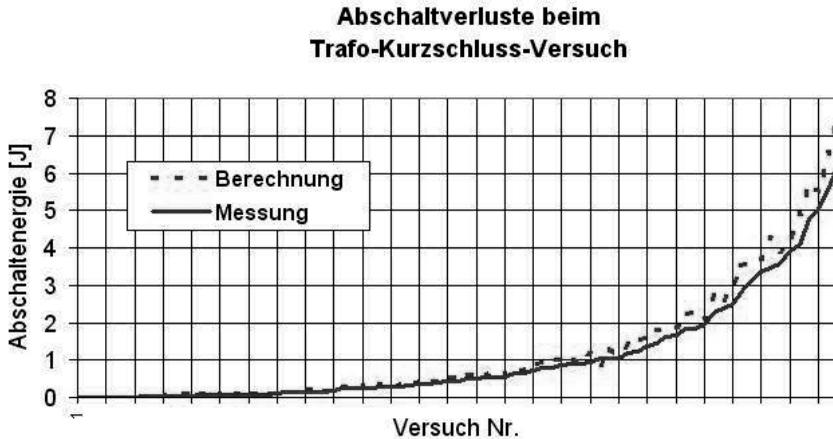


Abbildung 2: Ergebnisse von Theorie und Praxis

Figure 2: Results of theory and praxis

Behavior of Power Semiconductors obverse surge currents

Dipl.-Ing. Björn Bünsow

Renewable energy generators like wind energy plants or photovoltaic generators contain a lot of power electronics. In future more and more generators will be installed and a high lifetime is necessary. The semiconductors are optimized for high efficiency. But what happens, when a lightning strikes in a generator? (Fig. 1)

To answer this question, the behavior of power semiconductors obverse surge currents and transient voltages will be research. The experimental results will be compared with analytic calculations (Fig. 2).

Hochtemperatur – Supraleiter

Dipl.-Ing. Alexander Henning

Hochtemperatur-Supraleiter eröffnen künftig interessante neue Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten in Energienetzen. Der supraleitende Zustand ist abhängig von drei Umgebungsbedingungen: der Stromdichte J , der Temperatur T , und der magnetischen Flussdichte B . Beim Überschreiten einer dieser kritischen Größen setzt die Normalleitung ein. Bisher wurde am Institut die Abhängigkeit des elektrischen Widerstands von der Temperatur und der Stromdichte untersucht und eine neue Gleichung gefunden die diesen Zusammenhang beschreibt. Es ist bisher allerdings kein 3D-Rechenmodell bekannt, dass alle drei kritischen

Größen in sich vereint und somit das Verhalten von Hochtemperatursupraleitern in Abhängigkeit von diesen Größen realitätsnah nachbilden kann. Insbesondere der Einfluss von Fremd- und Eigenmagnetfeldern ist bei einer Vielzahl von Anwendungen von großem Interesse.

Ziel ist es, mit Hilfe des Rechenmodells das Verhalten von Hochtemperatur-Supraleitern für technische Anwendungen nachzubilden. Dabei wird angestrebt vom supraleitenden, über den Übergangsbereich (Flux Flow) bis zum normalleitenden Zustand alle Fälle zu beschreiben und damit z. Zt. fehlende Aussagen zur Dimensionierung von supraleitenden Geräten in der Energietechnik, wie z.B. Kabeln und Strombegrenzern, zur Verfügung zu stellen. Im Vordergrund der parallel erforderlichen Materialuntersuchungen stehen Dünnschichten auf Metallbändern („Coated Conductors“ oder supraleitende Bänder der 2. Generation).

Die Abbildungen 1-3 zeigen die Ergebnisse einer typischen Supraleitersimulation mit einem Transportstrom der dem 1,5fachen des kritischen Stromes J_C entspricht ($J_C = 1 \times 10^{10} \text{ A/m}^2$).

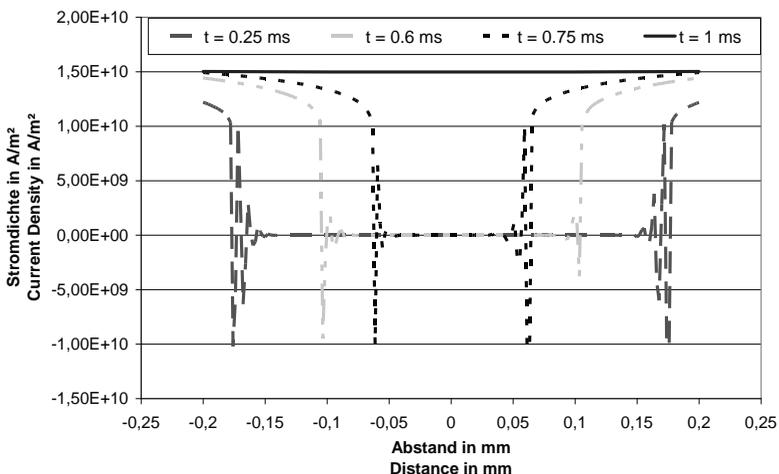


Abbildung 1: Stromdichteverteilung über den Querschnitt des Leiters zu verschiedenen Zeiten bei einer eingepprägten Transportstromdichte von $J/J_C = 1,5$

Figure 1: Current density across the cross-section at different times with a current density of $J/J_C = 1.5$

Simuliert wurde ein runder Supraleiter in Quasi-2D (unendlich langer Leiter) mit einem Radius von 0,2 mm. Als Transportstrom wurde eine Gleichstrom angenommen, der innerhalb 1 ms auf seinen Maximalwert, der dem 1,5fachen des kritischen Stromes J_C entspricht ($J_C = 1 \times 10^{10} \text{ A/m}^2$), ansteigt. Bild 1 zeigt die Stromdichte über dem Querschnitt des Leiters zu

verschiedenen Zeiten. Die Stromdichte dringt von außen in den Leiter ein bis die kritische Stromdichte J_C erreicht ist. Der Supraleiter ist nun vollständig vom Strom durchsetzt und ist bei einem weiteren Anstieg der Stromdichte nicht mehr länger supraleitend, sondern verhält sich wie ein normalleitendes Material. Die Schwingungen die in Abbildung 3 zu erkennen sind, sowie die unscharfen Übergänge von stromdurchflossenen Bereichen zu nicht stromdurchflossenen Bereichen, sind Artefakte der numerischen Berechnung, die durch Interpolation in den finiten Elementen entstehen. Dieses Verhalten ist in guter Übereinstimmung mit den bekannten Theorien über die Supraleitung. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die zeitliche Entwicklung der Stromdichte, der Temperatur sowie der elektrischen Leitfähigkeit. Wie in Abbildung 2 zu sehen, wurde der Supraleiter über einen Zeitraum von 100 ms berechnet, es zeigt ebenfalls die Temperaturabhängigkeit des Leitwertes des Supraleiters. Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt der Kurven aus Abbildung 2. Die für Supraleiter typische stark sinkende Leitfähigkeit bei steigender Stromdichte ist hier gut zu erkennen.

Die Ergebnisse dieser und auch anderer Simulationen zeigen also, dass das bisher entwickelte Simulationsmodell gut mit den Theorien zur Supraleitung übereinstimmt. Die weiteren Arbeiten konzentrieren sich nun darauf, den vom Magnetfeld abhängigen Leitwert bzw. die magnetfeldabhängige kritische Stromdichte $J_C(B)$ in das Simulationsmodell zu integrieren, sowie die Parameter des Modells an reale Supraleiter (Coated Conductors) anzupassen.

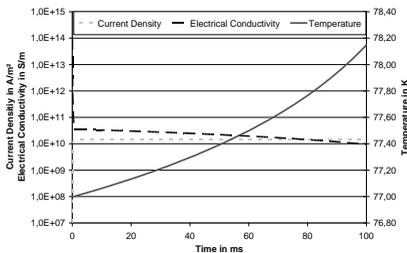


Abbildung. 2: Stromdichte, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur in einem Supraleiter in Abhängigkeit der Zeit. Der Transportstrom entspricht dem 1,5fachen kritischen Strom ($I/I_C = 1,5$)

Figure. 2: Current Density, temperature and electrical conductivity over time ($J/J_C = 1.5$)

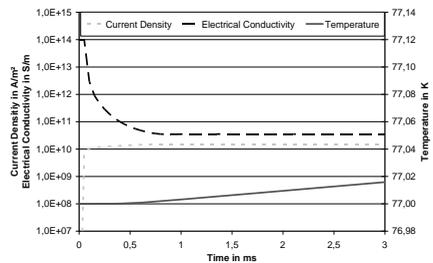


Abbildung. 3: Ausschnitt von Abbildung 1.

Dargestellt werden Stromdichte, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur in einem Supraleiter in Abhängigkeit der Zeit. Der

Transportstrom entspricht dem

1,5fachen kritischen Strom ($I/I_C = 1,5$)
Figure. 2: Cutout-view of Fig. 1

Parallel zu den Simulationen wird der Widerstand von Coated Conductors, also Supraleitern der 2. Generation, in einer eigens für diesen Zweck gebauten Versuchsanlage in Abhängigkeit von unterschiedlichen externen Magnetfeldern und unterschiedlichen Transportströmen gemessen. Der Transportstrom selbst ist ein rechteckförmiger Stromimpuls der mit 4 A/ns ansteigt, eine max. Amplitude von 800 A und eine Pulsbreite von 0,5-1 ms hat. Die Versuchsanlage bietet die Möglichkeit externe Magnetfelder parallel zur Probenoberfläche in Höhe von 1,2 T und senkrecht zur Probe in Höhe von 600 mT zu erzeugen.

Im Rahmen einer Kooperation mit der Siemens AG Corporate Technology (CT PS 3) wird die hochspannungsfeste Auslegung der einzelnen Komponenten eines supraleitenden Hochspannungsstrombegrenzers (FCL) auf Basis der Coated Conductors durchgeführt.

High-Temperature Superconductors (HTS)

Dipl.-Ing. Alexander Henning

HTS opens many new possibilities for new applications in the field of electrical power applications. The superconducting state depends on 3 critical values temperature T , magnetic flux density B and current density J . If one of these values is exceeded the superconducting state breaks down and the HTS develops an electrical resistance. So far no simulation tool is known, which emulates all three critical parameters of a HTS. A simulation tool which incorporates all three critical parameters is of great interest for the dimensioning of applications. The objective of this work is to develop a simulation scheme which allows an emulation of superconductors under the influence of all critical values.

Some results of recent simulations are shown in Fig. 1, Fig. 2 and Fig. 3. These Figures show the results of an exemplary simulation with a current of $I/I_C = 1.5$. Fig. 1 shows the current density with respect to the cross-section of the superconductor at different times. The current density penetrates the superconductor with the rising transport current from the surface to the inner regions until J_C is reached. That the transition from the area with current flow to the area without current flow is not sharp is an artefact of the numerical approach (interpolation in finite elements). After the current exceeds I_C the current flow has spread over the entire cross-section of the superconductor. A further increase of the current means the conductor is no longer superconducting and works now like a normalconducting material. Thus the current density now rises equally over the entire cross-section. This behavior is in good agreement to the known critical state models. In Fig. 2 and Fig. 3 the development of the current density, the electrical conductivity and the temperature over time are shown at a point near the surface of the superconductor. The model was calculated up to 100 ms (Fig. 1), but for a better visibility of the transition-region the curves in Fig. 3 are shown only up to 3 ms. Up to 1 ms the strong decrease of the conductivity in relation with the rising current density can be observed, which is typical for superconductors. In Fig. 2 the further progression of the curves

can be seen. The Figure shows, that with the rising temperature the electrical conductivity is still decreasing, which is again typical for superconductors.

In summary the model shows a good conformity to the known behavior of superconductors. Especially the penetration of the current into the superconductor is reproduced very well as well as the current dependent conductivity.

Simulation von Niederspannungslichtbögen

Dipl.-Ing. Julia Riß

Niederspannungsschaltgeräte wie Motorschutz- oder Leitungsschutzschalter finden eine weite Anwendung sowohl in der Hausinstallation als auch in Niederspannungsverteilungen in der Industrie. Sie werden eingesetzt um Betriebs- sowie Kurzschlussströme auszuschalten. Der im Falle einer Schalthandlung bzw. Kontaktöffnung entstehende Lichtbogen stellt das wesentliche Element bei der Abschaltung des Stromes dar. Der Lichtbogen muss nach der Kontaktöffnung schnellstmöglich zum Verlöschen gebracht werden. Dies wird durch die Erhöhung der Lichtbogenspannung über die treibende Netzspannung erreicht. Die Spannungserhöhung wird durch unterschiedliche Mechanismen erzielt: Der Verlängerung des Lichtbogens durch divergierende Laufschienen, der Kühlung des Bogens und als wirkungsvollsten Mechanismus der Aufteilung des Lichtbogens in mehrere Teillichtbögen an so genannten Löschblechen.

Um den aufwendigen Entwicklungsprozess von Schaltgeräten durch Erprobung mit realen Prototypen zu verkürzen und um das Verständnis der physikalischen Vorgänge im Lichtbogen zu erweitern, werden in jüngerer Zeit zunehmend Messungen durch Simulationen ergänzt.

In dem Lichtbogen treten komplexe Wechselwirkungen zwischen elektromagnetischen und gasdynamischen Prozessen auf. Die beschreibenden Größen dieser Prozesse sind: Die magnetischen Kräfte, der Stromfluss, die Gasströmung, die Wärmeleitung und die Wärmestrahlung. Bislang wurden für die Simulation eines Lichtbogens das CFD (Computational Fluid Dynamics) Programm ANSYS CFX und das Multiphysics Programm ANSYS miteinander gekoppelt. Seit der Programmversion CFX 12.0 existiert in CFX das Modul „electromagnetic hydrodynamics“ als Beta-Feature. Hiermit wird zusätzlich zur Gasdynamik die Berechnung der Elektromagnetik in CFX ermöglicht. Somit ist eine Kopplung der Programme ANSYS und ANSYS CFX nicht mehr notwendig.

Um die Aufteilung des Lichtbogens am Löschblech zu beschreiben, müssen die Fallgebiete des Lichtbogens am Übergang zwischen Plasma und Metall berücksichtigt werden. Für die Nachbildung der makroskopischen Prozesse im Fallgebiet wird eine nichtlineare Spannungs-Stromdichte-Kennlinie verwendet. Durch diese Kennlinie wird berücksichtigt, dass bei der Bildung eines Fußpunktes zunächst eine gewisse Zündspannung überschritten werden muss, bevor sich bei zunehmender Stromdichte eine nahezu konstante Fallgebietsspannung von

10 V einstellt. Die nichtlineare Kennlinie kann auf unterschiedliche Weisen in das Simulationsmodell in ANSYS CFX implementiert werden. Dies geschieht entweder in Form eines Kontaktwiderstandes als Übergangsbedingung zwischen den Elektroden und dem Plasma (Modell 1) oder die Kennlinie wird mithilfe des spezifischen elektrischen Widerstandes in einer dünnen Elementschicht, die die Elektroden ummantelt, berücksichtigt (Modell 2).

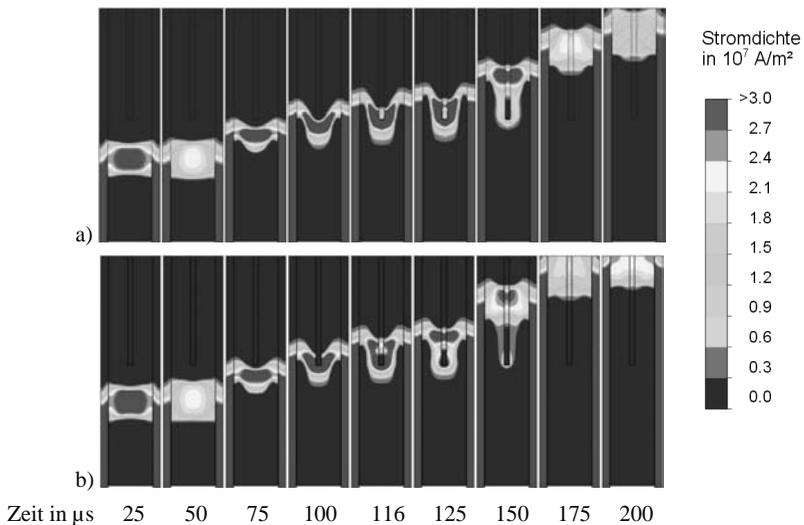


Abbildung 1: Stromdichteverteilungen eines Lichtbogens bei Verwendung von
a) Modell 1 und b) Modell 2

Figure 1: Current density distributions by using a) model 1 and b) model 2

Abbildung 1 zeigt Stromdichteverteilungen der beiden unterschiedlichen Implementierungen des Fußpunktmodells. Bei dem Modell 1 erfolgt die Wanderung des Lichtbogens kontinuierlich in Richtung Löschblech. Der Lichtbogen wölbt sich zunächst um das Löschblech herum, allerdings bilden sich die Fußpunkte jeweils direkt an der Löschblechunterkante. In dem Modell 2 hingegen bilden sich nach der Umwölbung des Löschblechs Fußpunkte 3,5 mm oberhalb der Löschblechunterkante aus.

Mit beiden Modellen kann eine Umwölbung des Löschblechs und ein Stromfluss in parallelen Pfaden um und durch das Löschblech hindurch nachgebildet werden. Das Modell 2 weist eine bessere Übereinstimmung mit der Realität auf, da sich die Fußpunkte in einem gewissen Abstand zu der Löschblechunterkante bilden.

Simulation of low-voltage arcs

Dipl.-Ing. Julia Riß

To interrupt the electric circuit in low voltage switching devices, an electric arc has to be extinguished quickly. This is achieved by cooling and elongating the arc or by splitting the arc into several series arcs by metallic splitter plates. Nowadays simulations of electric arcs play an important role for a better understanding and for a reduction of the development process.

The behaviour of an arc in low voltage switching devices is characterized by a complex interaction between electromagnetic forces, current flow, gas dynamics, heat conduction and radiation. For the simulation the program ANSYS CFX is used. A model to describe the electrode falls of an arc is necessary to simulate the splitting process. Therefore a nonlinear voltage vs. current density curve is used to model these electrode falls in a simplified way. To include this curve into the simulation different implementations are possible: The curve is implemented either as contact resistance of a domain interface or by using a discrete layer. In Figure 1 simulation results of both models are shown.

Untersuchungen zum Lichtbogenverhalten bei unterschiedlichen Löschmechanismen

Dipl.-Ing. Bernd Schottel

Zum Ableiten von hohen Strömen und der Gewährleistung einer sicheren Trennung vom Netzbetrieb haben sich Funkenstrecken besonders bewährt. Ihr Vorteil liegt darin begründet, dass sie bei kleinem Volumen hohe Energiedichten umsetzen können. Die Zündung der Funkenstrecke kann durch verschiedene Ergänzungen an der Funkenstrecke erreicht werden. Dabei muss die Funkenstrecke im Netzbetrieb eine sichere galvanische Trennung darstellen und im Fehlerfall den hohen Strom sicher ableiten. Dabei stellt die Löschung des Lichtbogens nach dem Zündvorgang die eigentliche Schwierigkeit dar. Denn nach dem Fehlerfall soll die Funkenstrecke wieder von dem leitenden in den nichtleitenden Zustand übergehen. Das bedeutet

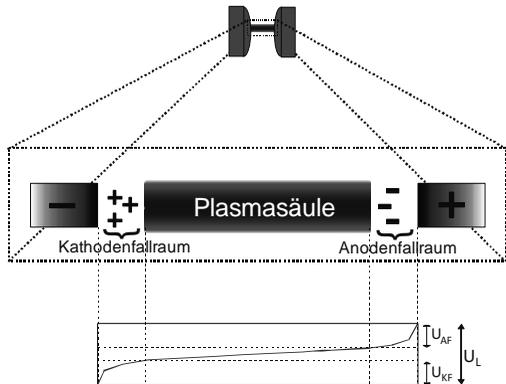


Abbildung 1: Lichtbogen mit Plasmasäule und Anoden- und Kathodenfall

Figure 1: Electric arc with plasma column and anode- and cathode fall

für die Funkenstrecke, nachdem der Strom bei möglichst geringem Energieumsatz abgeleitet ist, einen hohen Energieumsatz aufzubauen, damit die zugeführte Energie geringer als die abgegebene Energie ist und somit der Lichtbogen verlöscht. Dabei macht man sich den Aufbau des Lichtbogens zu Nutze (Abbildung 1). Durch geeignete Konstruktion der Funkenstrecke kann eine Erhöhung der Lichtbogenspannung erreicht werden. Zum einen durch Vervielfältigung der Lichtbogens, dies führt zu einer Mehrzahl des Anoden- und Kathodenfallraums, und zum anderem zur Kühlung des Lichtbogens.

Dieses Forschungsprojekt soll dabei verschiedene Möglichkeiten untersuchen eine Funkenstrecke im Fehlerfall als gut leitend aufzubauen und zudem den Lichtbogen nach Abklingen des Fehlerfalls wieder zu löschen. Es wurde dazu bisher eine Analyse und Beurteilung vorhandener und neuer Möglichkeiten zur Löschung des Lichtbogens durchgeführt, auf dessen Grundlage weitere Untersuchungen und Experimente folgen. Verschiedene Kriterien wie die Materialwahl, die Funkenstreckengröße und Geometrie werden untersucht.

Analysis of electric arc behaviour at several arcing mechanism

Dipl.-Ing. Bernd Schottel

During operation of power systems, many different faults can occur. These faults have to be controlled and so it is necessary to carry high currents. Spark gaps are especially effective to handle this because they are able to convert high energy density into small volumes.

But there are many difficult problems by mains operation. At first, it must be warranted a cut off to earth. At the second point, if there is a fault and the current flows through the spark gap, it is necessary to break the electric arc. But why is it so necessary? The electric arc connects the mains operation with earth and so the mains pushes current into the electric arc for duration of one alternation. The process to current zero crossing can take up to 10 ms, this introduce a high energy input. To solve this problem the spark gap needs a system to break the electric arc.

In this research project different opportunities will be analyzed. Important is that the spark gap has to be a good electric conductor at the fault, and afterwards has to break the electric arc very fast. For this purpose, there has been started an analysis to collect new and existing possibilities with suitable tests.

Experimentelle Untersuchung des Löschverhaltens von Gleichstromschaltgeräten für Niederspannungsanwendungen

Dipl.-Ing. Thorsten Schrank

Aktuell gewinnen Gleichstromnetze zur Energieübertragung immer mehr Bedeutung. Im Bereich der Hochspannung liegt dies an ihren günstigen Übertragungseigenschaften über lange Strecken (HGÜ). Bei Niederspannung liegt es vor allem an dem Bestreben Energie zukünftig möglichst regenerativ zu erzeugen und umweltschonend zu nutzen. Anwendungen sind insbesondere von Brennstoffzellen oder Photovoltaikanlagen gespeiste Netze sowie der mobile Einsatz aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung des Antriebsstranges von Kraftfahrzeugen (Abbildung 1). Batteriespannungen von bis zu 500 Volt und Verbraucherleistungen im Bereich von 100 kW

sind schon heute in zahlreichen Elektrofahrzeugen anzutreffen, und zukünftig könnten diese Werte weiter steigen. Als wesentliches Element solcher DC-Netze haben Schaltgeräte zum einen die Aufgabe die Lasten zu steuern und einen stabilen Betrieb zu gewährleisten, zum anderen müssen sie in Fehlerfällen oder Gefahrensituationen die Netze freischalten und die Sicherheit der Anlagen und Bediener garantieren. Die wachsenden Anforderungen stellen für künftige Schaltgeräte eine besondere Herausforderung dar, da speziell für mobile Anwendungen möglichst geringe Abmessungen und ein geringes Gewicht gefragt sind.

Ziel dieses Forschungsprojekts ist die systematische Weiterentwicklung des Ausschaltverhaltens unterschiedlicher Löschmechanismen und die Untersuchung innovativer Schaltprinzipien anhand geeigneter Modellschalter. Dabei sollen auch neue Kammermaterialien wie etwa spezielle Verbundwerkstoffe untersucht werden (Abbildung 2). Die Untersuchungsergebnisse sollen dazu beitragen höhere Nennspannungen schalten zu können und Schaltgeräte leistungsfähiger zu machen.

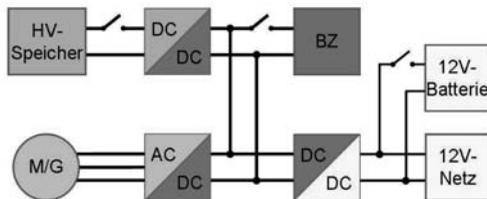


Abbildung 1: Bordnetz mit Schaltgeräten

Figure 1: vehicle electrical system with switchgear



Abbildung 2: Modellschalter und

Schaltkammereinsatz aus Verbundmaterial

Figure 2: Model switch and composite arcing chamber insert

Ziel dieses Forschungsprojekts ist die systematische Weiterentwicklung des Ausschaltverhaltens unterschiedlicher Löschmechanismen und die Untersuchung innovativer Schaltprinzipien anhand geeigneter Modellschalter. Dabei sollen auch neue Kammermaterialien wie etwa spezielle Verbundwerkstoffe untersucht werden (Abbildung 2). Die Untersuchungsergebnisse sollen dazu beitragen höhere Nennspannungen schalten zu können und Schaltgeräte leistungsfähiger zu machen.

Ziel dieses Forschungsprojekts ist die systematische Weiterentwicklung des Ausschaltverhaltens unterschiedlicher Löschmechanismen und die Untersuchung innovativer Schaltprinzipien anhand geeigneter Modellschalter. Dabei sollen auch neue Kammermaterialien wie etwa spezielle Verbundwerkstoffe untersucht werden (Abbildung 2). Die Untersuchungsergebnisse sollen dazu beitragen höhere Nennspannungen schalten zu können und Schaltgeräte leistungsfähiger zu machen.

Experimental investigation of the arc quenching behaviour of DC switching devices for low-voltage applications

Dipl.-Ing. Thorsten Schrank

The effort for efficient use of energy leads to a rising application of direct current technology. To name but a few examples there are photovoltaic systems, fuel cells, and the increasing electrification of the power train of vehicles (Figure 1). Vehicle electrical systems operate at a rated voltage up to 500 V DC and the electric loads exceed 100 kW; both values are likely to increase in future. Switchgear is an essential part of the electrical system to control normal operation or to break the current in case of error.

The objective of the research project is the systematic advancement of the breaking behaviour of appropriate arc quenching concepts, and the investigation of innovative switching principles based on suitable model switches. In addition, arcing chamber materials such as special composites are to be examined (Figure 2). The findings should allow controlling higher voltages and making switchgear more powerful.

Experimentelle Untersuchung des Bogenlaufs und der Oberflächentemperatur an Transversal-Magnet-Feld-Kontakten im Vakuum

Dipl.-Ing. Christian Wolf

Aufgrund wachsender Bedenken gegenüber der Umweltverträglichkeit von SF₆-Schaltgeräten gewinnen Vakuumschalter immer größere Bedeutung. Trotz jahrzehntelangen Einsatz fehlen jedoch etliche Kenntnisse über die genauen Prozesse im Vakuumbogen und seiner Wechselwirkung mit den Kontaktsystemen, die notwendig sind, um eine gewünschte Simulation des Bogenverhaltens voranzutreiben.

Es ist das Ziel dieses Forschungsthemas, Vakuumschaltlichtbögen mit Effektivströmen bis zu 60 kA optisch experimentell zu untersuchen und zu analysieren. Formen, Bewegung und Verhaltensweisen der Vakuumbögen auf Transversal-Magnetfeld-(TMF-) Elektroden unterschiedlicher Größen und

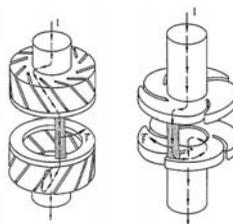


Abbildung 1: Transversal-Magnetfeld (TMF)-Kontakte

Figure 1: Transverse-magnetic-field (TMF)-contacts

Designs (Abbildung 1) sollen hierbei erfasst und beschrieben werden. Gewonnene Erkenntnisse werden während des Forschungsprojekts mit Computersimulationen beteiligter

Projektpartner verglichen, um eine Optimierung beim Bau von Vakuumschaltkammern mit TMF-Kontakten zu erreichen. Mithilfe eines optischen Aufbaus und unter Einsatz einer digitalen Hochgeschwindigkeitskamera (>30.000 Bilder/Sekunde) werden Aufnahmen des rotierenden Vakuumbogens aus zwei um 90° versetzten Perspektiven erstellt und mit Strom- und Spannungskennlinien verglichen, wodurch unterschiedlichen Bogenformen wechselnde Leistungswerte zugeordnet werden können. Abbildung 2 zeigt Einzelbilder aus einer Videoaufnahme, in der beide Perspektiven nebeneinander abgebildet werden, mit zugehörigem Strom- und Spannungsdiagramm; die Zeitpunkte der Aufnahmen sind im Diagramm markiert. Anhand der Aufnahmen werden zu einzelnen Zeitabschnitten Bewegungsgeschwindigkeit und Stromdichtewerte ermittelt, die sich zwischen den verschiedenen Kontaktformen teilweise stark unterscheiden. Durch die unterschiedlichen Blickwinkel kann eine genaue Bogenwanderung während des Ausschaltvorgangs erfasst werden. Hierbei zeigt sich, dass der erste Ort der Bogenzündung den Bogenweg auf der Kontaktoberfläche maßgeblich beeinflusst

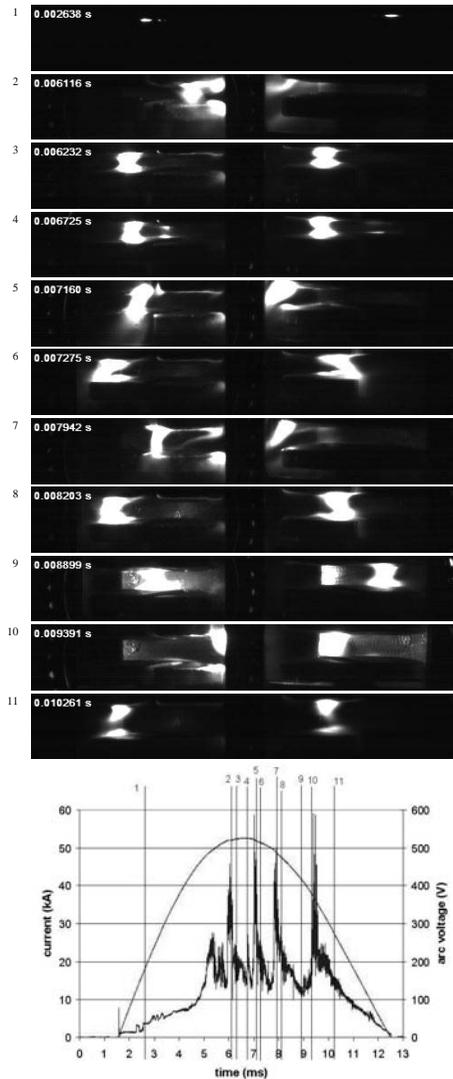


Abbildung 2: Vakuumbogenformen (oben); Strom-Spannungs-Diagramm mit Zeitpunkten der Bogenformen (unten)

Figure 2: Vacuum arc appearances (top); current-voltage-diagram with time stamps of arc appearances (bottom)

Experimental investigation of high current arc movement and surface temperature on TMF-contact systems in vacuum

Dipl.-Ing. Christian Wolf

Vacuum interrupters are a common switchgear technology in the medium voltage area. Most of the circuit breakers are equipped with electrodes using the transverse-magnetic-field (TMF) design (shown in figure 1) forcing the electric arc on a circular motion. The research project aims at the analysis of the arc behaviour between the contacts, such as arc velocity, current density and typical behaviour patterns. The developed test setup allows recordings of the arc from two 90 degrees displaced views. Figure 2 shows an arc sequence of a breaking operation as well as the according current and voltage curves. Indicated time stamps apply to frames above. Each frame shows the two perspectives divided in the middle. By means of the high-speed movies parameters like velocity and current density can be derived. The arcing track can also be followed, which indicates that it is strongly dominated by the first ignition spot at the beginning of the interrupting procedure.

3.4 Arbeitsgruppe HVDC - Working Group HVDC

Leistungsverluste in HGÜ- Systemen

Dr.-Ing. Vladimir Ermel

Der steigende Einsatz der erneuerbaren Energiequellen in nationalen Netzen erfordert eine stärkere Berücksichtigung der HGÜ-Systeme. Die dafür verwendeten Leistungs- AC/DC Konverter verursachen Energieverluste, die zum großen Teil durch die Schaltvorgänge entstehen. Die Untersuchungen der Leistungsverluste in zurzeit breit verwendeten IGBT-Schaltern stehen im Vordergrund dieser Untersuchungen.

Ein fairer Markt erfordert dafür eine Einführung von präzisen Energiemesseinrichtungen. Die Sicherstellung einer elektrischen Messung der Energieverluste der Konverter tragen zu der Entwicklung der präzisen Metrologie für HGÜ- System bei.

Die in der HGÜ-Leitung entstehenden Transienten weisen ein breites Frequenzspektrum auf. Die Gleichspannung und die unter Last sich entwickelnden Oberwellen stellen die untere Grenze des Frequenzbereiches dar. Die obere Grenze liegt im Bereich mehrerer MHz, die durch die Schaltvorgänge im Konverter und den sich durch die Streufelder im HGÜ-Netz entwickelnden Transienten entsteht. Das Leistungsdichtespektrum von entstehenden Transienten (Abbildung 1) bestimmt den Messfrequenzbereich für eine ausreichend geringe Messunsicherheit.

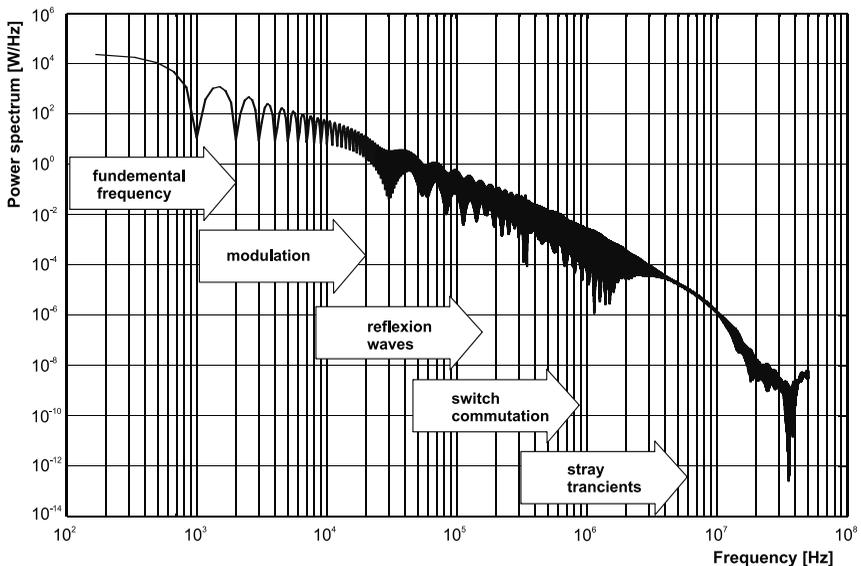


Abbildung 1: Leistungsdichtespektrum des einphasigen Gleichstromstellers

Figure 1: Power spectrum of one phase converter

Power loss in HVDC

Dr.-Ing. Vladimir Ermel

The rising emplacement of the renewable energy sources into national grid requires introduction of the HVDC transmission systems. Applied AC/DC converters effect power losses in the grid, these generally develop during switching runs. The investigations of the power losses in presently broadly used IGBT-switches make possible an optimal design of the converter station. Therefore the effectiveness of the energy grid rises.

The optimal use of the regenerative energy from far away of each other mounted power stations presupposes a development of the global transmission energy system. A fair market requires for it an introduction of the precise energy measuring instruments. Investigation of the energy loss on the converter station contributes to the development of the precise metrology for HVDC system.

HVDC line outlines a broad spectrum of harmonics. The low-frequency components are located between the harmonics of the HVDC fluctuation waves and the fundamental frequency. The upper border lies in the range of several MHz, which result themselves from switching in converters and the transient waves developing over the action of the stray fields in the HVDC. The power density spectrum (figure 1) determinates the metrology frequency range necessary for the highest accuracy measurement.

Kalibrierung eines Transientenrekorders

Dipl.-Ing. Johann Meisner

PTB Braunschweig

AG 2.32 Hochspannungs- und Traktionsenergiemesstechnik

Die Übertragung der elektrischen Energie mittels Gleichstrom erlebt seit einigen Jahrzehnten einen rasanten Aufstieg. Speziell die Gleich- und Wechselrichtung der Spannung mittels IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) ist aufgrund vieler Vorteile eine interessante Lösung für die Energieübertragung auf langen Strecken. Die in diesen Schaltelementen entstehenden Verluste haben einen erheblichen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Hochspannungs-Gleichstromübertragung und müssen sowohl zu Optimierungs- als auch zu Abrechnungszwecken exakt bestimmt werden.

IGBTs sind fähig, hohe Ströme (bis zu

einigen kA) bei hohen Spannungen (bis zu 6,5 kV) innerhalb einiger Millisekunden zu schalten. Dies stellt besondere messtechnische Herausforderungen dar. Insbesondere in Kombination mit einer galvanischen Trennung zwischen Lastkreis und Messdatenverarbeitung ist das Gleichgewicht der drei relevanten Größen, *Abtastrate*, *Speichertiefe* und *vertikale Auflösung*, von Bedeutung. Mehrere Modelle von Transientenrekordern wurden in den

getätigten Untersuchungen auf ihre Funktionalität und Genauigkeit in diesem Einsatzgebiet geprüft. Eine mindestnotwendige Abtastrate von 100 MS/s, eine Auflösung von 14 Bit sowie galvanisch getrennte Messköpfe mit integriertem A/D-Wandler waren dabei Grundvoraussetzung. Das Ziel dieser Untersuchungen war es ein optimales Messmittel für transiente, sich wiederholende Vorgänge zu finden. Hierbei sollten allerdings nicht nur die Eigenschaften des Transientenrekorders sondern auch die der Spannungs- und Stromsensoren mit in die Unsicherheitsbetrachtung einfließen.



Abbildung 1: Transientenrekorder mit galvanisch getrennten Messköpfen

Figure 1: Transient recorder with isolated probes



Abbildung 1: Unterschiedliche Spannungsmessmittel

Figure 1: Different voltage probes

Vergleichsmessungen mit PTB-Normalen in den Bereichen Gleichspannung und Wechselspannung haben gezeigt, dass die Messunsicherheit solcher Systeme abhängig von der Eingangsfrequenz im Bereich von 1×10^{-5} bis 1×10^{-2} liegt. Weitere Untersuchungen dieser Art, wie z.B. die Bestimmung des Einflusses der Temperatur, die differentielle und integrale Nichtlinearität und die Sprungantwort des Messsystems, werden aufbauend an diese

Ergebnisse durchgeführt. Zur Kalibrierung werden bewährte Methoden der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt sowie die Norm IEC 61083 – „Digitalrekorder für Stoßspannungsprüfungen“ eingesetzt. Die Referenzmessgeräte und –kalibratoren der PTB

werden als zurückgeführte Messmittel mit bekannten Messunsicherheiten eingesetzt. Das Ziel dieser Arbeit ist ein umfangreiches Kalibrierzertifikat für den Transientenrekorder mit vier potentialfreien Messköpfen.

Calibration of a Transient Recorder

Dipl.-Ing. Johann Meisner

PTB Braunschweig

WG 2.32 High-voltage and Traction Energy Measuring Techniques

During the last few decades, transmitting electric energy by means of direct current has experienced a rapid increase. Especially IGBTs (insulated gate bipolar transistors) to convert direct current into alternating current and vice versa are, due to their numerous advantages, an interesting solution for the transmission of energy over long distances. The losses caused in these switch elements have a considerable influence on the efficiency of high-voltage direct current transmission and have to be determined very accurately for the purpose of billing and optimisation.

IGBTs are able to switch high currents (of up to several kA) at high voltages (of up to 6.5 kV) within only a few milliseconds. This represents a particular metrological challenge. Especially when combined with a galvanic isolation between the load circuit and the processing of the measured data, the balance between the three relevant measurands *sampling rate*, *memory depth* and *vertical resolution* is of great importance. In the course of these investigations, several models of transient recorders have been tested with regard to their functioning and accuracy in this application area. The pre-conditions were a minimum sampling rate of 100 MS/s, a resolution of 14 Bit and galvanically isolated probes with an integrated A/D converter. These investigations were aimed at finding an optimal measuring device for transient, recurring processes. It was, however, important that not only the properties of the transient recorder were taken into account for the calculation of the measurement uncertainty, but also those of the voltage and current sensors.

Comparison measurements against PTB standards in the fields of d.c. and a.c. voltage have shown that the measurement uncertainty of such systems lies in the range from 1×10^{-5} to 1×10^{-2} , depending on the input frequency. Further, similar investigations (in order to determine, e.g., the influence of the temperature, the differential and integral non-linearity and the step-function response of the measuring system) are being carried out based on these results. Calibration is performed with established methods of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), as well as IEC Standard 61083 – "Digital recorders for measurements in high-voltage impulse tests". PTB's reference measuring instruments are used as traceable measuring equipment with known measurement uncertainties. The aim of this work is to establish an exhaustive calibration certificate for the transient recorder with four potential-free probes.

Entwicklung rückföhrbarer Messm6glichkeiten zur Bestimmung der Verluste an HGÜ-Umrichtern

Dipl.-Ing. Enrico Mohns

PTB Braunschweig

AG 2.35 Messwandler

Im Rahmen eines von der EU gef6rderten Gemeinschaftsprojektes an dem mehrere europäische Metrologieinstitute und Universitäten beteiligt sind, beschäuft sich die TU Braunschweig gemeinsam mit der PTB an Umrichtern – hier im speziellen an dem Aufbau einer auf nationale Normale r6ckföhrbare Messm6glichkeit zur Bestimmung der integralen Verluste an Umrichtern. Hintergrund ist die im europäischen Raum zunehmende Anwendung der im Vergleich zur Wechselspannungsübertragung über große Distanzen verlustärmeren Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ). Eine Anwendung ist beispielsweise der zum Erreichen der Klimaschutzziele zunehmende Einsatz von Offshore Windparks, bei dem großflächig elektrische Energie aus der Windenergie auf dem Meer geerntet wird. Eine wirtschaftliche Übertragung mit Wechselspannung ist typischerweise auf einige zehn bis etwa hundert Kilometer begrenzt. Diese Einschränkung lässt sich durch die Übertragung elektrischer Energie mithilfe hoher Gleichspannungen umgehen.

Die Verluste einer solchen Übertragung setzen sich aus dem Anteil der Verluste für die Übertragung über die Leitung und dem Verlustanteil der Umrichter, welche die Gleichspannung in eine Wechselspannung oder umgekehrt konvertieren, zusammen. Die Leitungsverluste sind dabei weitestgehend berechenbar. In Umrichtern hingegen setzen sich die Verluste wiederum aus mehreren Anteilen, den Schaltverlusten, den Leitungsverlusten innerhalb des Umrichters sowie den Verlusten in den Netzfiltern zusammen. Verluste in Umrichtern gehen daher im großen Maßstab in die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen ein. Sie stellen somit ein wichtiges Qualitäts- und Entscheidungskriterium bei der Projektierung solcher Anlagen dar. Die r6ckföhrbare Messung der Verlustleistung soll daher einen Beitrag für die Güte und Genauigkeit des in den technischen Daten angegebenen Wirkungsgrades eines Umrichters leisten.

In Abbildung 1 ist die mögliche Realisierung des Wirkungsgrad-Messsystems am vereinfachten Beispiel eines einphasigen Umrichters gezeigt. Der Leistungsfluss ist vom Gleich- zum Wechselspannungsnetz gerichtet. Geeignete Spannungs- und Stromwandler passen auf beiden Seiten des Umrichters die Spannungen und Ströme mit ausreichender Genauigkeit auf die Eingangsspannungsbereiche eines Digitizer an. Mit Hilfe eines Eingangsschalters werden diese Messsignale nacheinander den beiden Kanälen des zweikanaligen Digitizers zugeordnet und dort nacheinander mit hoher Auflösung abgetastet. Ein an den Digitizer angeschlossener Messrechner liest die zusammenhängenden Abtastwerte

aus, führt anschließend die notwendigen Rechenoperationen durch, und gibt den Wirkungsgrad des Umrichters aus. Schwierigkeiten sind im Zusammenhang mit den zeitlichen Signalverläufen zu erwarten. So stellen beispielsweise die Gleichspannungen und –ströme ebenso keine reinen Gleichsignale dar, wie auch die Wechselspannungen und –ströme keine rein

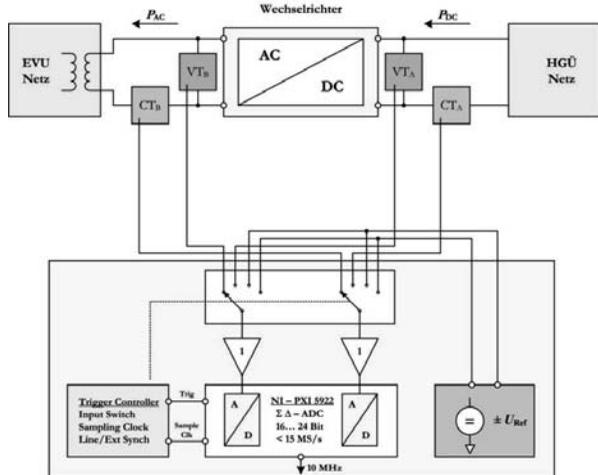


Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines Messsystems zur Bestimmung des Wirkungsgrades eines Umrichters in der vereinfachten Darstellung eines einphasigen Betriebes

sinusförmigen Signale darstellen. Der Grund für dieses Verhalten liegt in der getakteten Betriebsweise von Umrichtern, aber auch in der Netzqualität des Versorgungsnetzes, an das der Umrichter angeschlossen ist, und stellt somit eine der Herausforderungen dar. Die Kalibrierung der Strom- und Spannungswandler muss daher diese Signaleigenschaften berücksichtigen, und die relevanten Eigenschaften der Wandler unter solchen Betriebsbedingungen durch geeignete Messverfahren sichtbar machen.

Development of traceable reference standards to determine the power efficiency of HVDC converters using power analyzers

The implementation of an HVDC transmission grid into the European ac power grid is of increasing importance in the near future, as the HVDC energy transmission is crucial for a successful uptake of renewable energy sources in the grid. A European research program, supported by the European Union is intended to provide metrology support for the needs of HVDC energy transmission. Energy losses of an HVDC transmission system can be directly evaluated in economical terms. For investors deciding on system alternatives, accurate knowledge of expected losses is an important part of project evaluation. For this reason proper measurement of losses in HVDC systems is indispensable [1]. One of the dominating contributors to power losses in an HVDC transmission is the converter valve itself.

One outcome of this project is to establish standards for determining power losses of a converter by measuring its integral power efficiency. Due to the required high analogue

bandwidth when assessing the power efficiency of converters, so-called power analyzers with bandwidths of several hundreds of kHz are widely used. To offer traceable calibration of power analyzers, a precise wideband power standard with inputs for ac and dc signals has to be developed. For emulating typical signals of a converter, a multi-channel digital waveform generator generates low-level voltages. Digital and analogue low-pass filters process the signals to ensure high signal fidelity with a controlled bandwidth. These signals are fed to wideband voltage and transconductance amplifiers to generate separately the ac and dc test voltages and currents. These signals are connected to the power analyzer (device under test) and to the reference measurement system, consisting of wideband voltage and current transducer and a multi-channel 24 bit digitizer. The maximum sampling frequency of 15 MHz of the digitizer is sufficiently high for the requirements of a potential reference system. A computer processes the sampled signals, calculates the ac and dc power and subsequently, the power efficiency. These results are used for the calibration of the device under test. A measurement uncertainty in the order of 0.01 % for the ac and dc electrical power of the reference system is intended. This is necessary to offer uncertainties of 0.03 % when calibrating the measurement quantity “power efficiency”.

For evaluating a converter under true operational conditions, a setup with both commercial or self-constructed converters and a calibrated power analyzer will be tested. The challenging tasks of the work are to develop high accurate test methods and test setups for the voltage and current transducers and for the digitizer, which are the crucial components of the reference standard.

[1] Publishable JRP Summary for Project ENG07 (HVDC) „Metrology for High Voltage Direct Current“, <http://www.euramet.org>

3.5 Dissertationen - Dissertations

Technisch-wirtschaftliche Systembetrachtung zur netzorientierten Integration von Mini-Blockheizkraftwerken

Magnus Pielke

Tag der mündlichen Prüfung: 30.04.2010

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat
 2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Hofmann
 3. Prüfer: Dr.-Ing. Harald Waitschat
- Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Meins

Diese Arbeit liefert eine technisch-wirtschaftliche Systembetrachtung zur Integration von Mini-Blockheizkraftwerken (Mini-BHKW) der Hausenergieversorgung in das Netz der öffentlichen Stromversorgung. Im Rahmen dieser Untersuchung wird die Bedeutung der dezentralen Energiewandlung durch Mini-BHKW für die öffentliche Stromversorgung analysiert und deren Einfluss auf den Betrieb von elektrischen Verteilungsnetzen quantifiziert. Darauf aufbauend wird ein netzorientierter Verbundbetrieb vorgestellt, der neben der Energieversorgung der Wohnobjekte auch die Anforderungen des elektrischen Verteilungsnetzes berücksichtigt.

Anhand einer Marktpotenzialabschätzung für Mini-BHKW zur Hausenergieversorgung in Deutschland können Szenarien abgeleitet werden, die verschiedene Markterschließungsgrade beschreiben. Zur Simulation des BHKW-Betriebs dienen zum einen Messdaten von Ortsnetztransformatoren sowie probabilistische Lastgänge für elektrische Energie sowie zur Heizwärme und Trinkwarmwasserwärme zum anderen. Die Simulation ist damit in der Lage Auswirkungen der dezentralen Energiewandlung im Versorgungsnetz sowie in der Hausenergieversorgung anhand wesentlicher Kennzahlen zu beschreiben.

Die Gegenüberstellung der entwickelten Integrationsstrategie mit dem wärmegeführten BHKW-Betrieb erfolgt nach einer technischen Bewertung auch wirtschaftlich. Hierbei erfolgt eine Einordnung der Betriebsweise mit der dynamischen Kapitalwertmethode. Dabei werden zur Motivation der netzorientierten Betriebsweise verschiedene monetäre Anreizsysteme vorgestellt und im Anschluss technisch und wirtschaftlich bewertet.

Die Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchungen liefern im Weiteren Ansätze für die Entwicklung von Geschäftsmodellen für einen netzorientierten BHKW-Verbundbetrieb. Hierbei werden die verschiedenen Marktteilnehmer, die als Betreiber geeignet erscheinen, diskutiert und das Verfahren zur Realisierung eines Energieliefer-Contractings in der Wohnungswirtschaft beschrieben.

Die Ergebnisse zeigen, dass der dargestellte BHKW-Verbundbetrieb sowohl technisch als auch wirtschaftlich große Vorteile dem wärmegeführten Betrieb gegenüber liefert. Die

Diskussion der rechtlichen Rahmenbedingungen zeigt jedoch, dass die Umsetzung dieses Verfahrens auf Basis eines Energieliefer-Contractings eine Anpassung der aktuellen Förderrichtlinien sowie eine Schärfung und Abstimmung der Rechtslage in der Wohnungs- und Energiewirtschaft erfordert.

Techno-economical system analysis for grid-oriented integration of micro CHP-units

This thesis provides a technological and economical system analysis of integration strategies for combined-heat-and-power (CHP) micro units into the main electricity supply. The relevance of CHP micro units for the main electricity supply will be investigated. Their impact on the system load of distribution networks will be quantified by different simulations. Based on these results a grid oriented operation mode will be developed, which takes needs of the main electricity supply into account.

In consideration of a market potential analysis, scenarios will be derived which describes the market development on the one hand side and shares of CHP power in distribution networks on the other hand side. The simulations use probabilistic load profiles for electrical and thermal demand of households as well as measured data of a low voltage network district. With this information it is possible to describe the impact of distributed energy resources for the main energy supply by operating figures. Beside a technical analysis of the operation mode, an economical evaluation will be elucidated. Therefore the dynamical net present value method will be used. The main attention will be focused on the CHP operator. To motivate the operator taking part in an interconnected CHP-operation, different monetarily incentive systems will be calculated.

At the end different business models will be developed. They describe how several market members are able to interact as the operator of a group of interconnected CHP units. Based on energy contracting as a main business model, price models will be evaluated. The economical analysis ends with a discussion of the regulatory framework.

The results show that the developed grid-oriented operation mode of CHP micro units offer advantages in economical as well as technological aspects. But a realization of this concept needs adjustments in the current guideline to encourage the use of CHP units as well as in the Energy Industry Act as well as in the tenancy law.

Gefährdungsbetrachtung von PEM-Brennstoffzellen hinsichtlich des Einsatzes in explosionsgefährdeten Betriebsstätten

Thomas Horn

Tag der mündlichen Prüfung: 18.05.2010

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

2. Prüfer: Prof. Dr. Uwe Schröder

3. Prüfer: Dr.-Ing. Ulrich Johannsmeyer

Vorsitzender: Prof. Dr. Achim Enders

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Beurteilung von Zündgefahren, welche von einer Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle vor dem Hintergrund des Einsatzes in explosionsgefährdeten Betriebsstätten ausgehen. Die Ergebnisse der Einschätzung des Gefährdungspotentials dienen als Grundlage zur Entwicklung eines möglichen Explosionsschutzkonzeptes.

Unter Würdigung der Methodik einer Risikobeurteilung wird zunächst eine geeignete Vorgehensweise für eine Zündgefahrenbeurteilung der innovativen Technologie entwickelt. Über eine analytische, rein theoretische Betrachtung erfolgt die Identifikation wirksamer Zündquellen und deren Ursachen. Dabei werden die zur Verfügung stehenden Informationen unter Berücksichtigung von möglichen Fehlerzuständen einbezogen. Die Darstellungsform der Ergebnisse der Gefahrenidentifikation hinsichtlich potentieller Zündquellen geschieht anhand eines Ereignisablaufdiagramms. Daraus sind die verschiedenen Kausalitätsketten ersichtlich, die zum Auftreten einer potentiellen Zündquelle für eine die Brennstoffzelle umgebende explosionsfähige Atmosphäre führen können.

Die Einbindung der Ergebnisse experimenteller Versuche an Brennstoffzellentestanordnungen ermöglicht eine qualitativ orientierte Einschätzung der Auftretswahrscheinlichkeit wirksamer Zündquellen. Es werden verschiedene Fehlerszenarien des Ereignisablaufdiagramms nachgestellt, um deren Kritikalität festzustellen. Dabei werden die Auswirkungen einer explosionsartigen Verbrennungsreaktion innerhalb einer Brennstoffzellentestanordnung, die Entzündbarkeit von Wasserstoff/Luft-Gemischen während des Brennstoffzellenbetriebs, die Zündfähigkeit innerer Zündquellen und das Erwärmungsverhalten bei Brenngasübertritt, Kurzschluss und Eduktverarmung untersucht.

Auf Grundlage der Zündgefahrenbeurteilung erfolgt die Entwicklung eines Explosionsschutzkonzeptes, welches die Auftretswahrscheinlichkeit wirksamer Zündquellen in ausreichendem Maße reduziert.

Risk assessment of PEM-Fuel Cells for the use in explosion hazardous areas

The aim of this study is to assess the potential ignition risks which arise from a polymer electrolyte fuel cell that is operated in explosion hazardous areas. The results of this risk assessment are used as a basis for the development of a possible explosion protection concept. Taking due account of the general method of a risk assessment, a suitable procedure is, first of all, developed for an assessment of the ignition risks of this innovative technology. Via an analytical, purely theoretical study, effective ignition sources and their possible causes are identified. For this, the available information will be used, whereby possible fault conditions will be taken into account. The results of the identification of potential ignition sources are shown in an event diagram. In this diagram, the different causation chains are to be seen which can lead to the occurrence of a potential ignition source for an explosive atmosphere surrounding a fuel cell.

By integrating also the results of experiments which have been carried out on fuel cell test objects, a qualitative estimation of the probability of effective ignition sources becomes possible. Different fault conditions of the event diagram are investigated in order to discover critical states. In this process, the effects of an explosive combustion reaction within the test cell, the flammability of hydrogen/air-mixtures during fuel cell operation, the ignitability of inner ignition sources and the incremental heating in the case of fuel crossover, short circuit and educt depletion are investigated.

On the basis of the ignition source assessment, an explosion protection concept is developed which reduces the probability of the occurrence of effective ignition sources to a sufficient degree.

Bewertung des Einflusses von Risiko auf die Kostenwirksamkeit von CDM-Projekten aus der Sicht von EU-EHS Compliance-Investoren

Peter Wiedenhoff

Tag der mündlichen Prüfung: 22.12.2010

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

2. Prüfer: Prof. Dr. Manfred Fishedick

Vorsitzender: Prof. Dr. Achim Enders

Die Handelspreise von ausgeschütteten Certified Emission Reductions (CER) innerhalb des Europäischen Emissionshandelssystems (EU-EHS) sind bekannt. Dagegen sind CER-Gestehungskosten im Rahmen des Clean Development Mechanism (CDM) nicht transparent. Ein Maß für die Kostenwirksamkeit einer Projektbeteiligung ist der zur Realisierung eines CDM-Projekts erforderliche minimale CER-Preis. Da CDM-Projekte in Entwicklungsländern umgesetzt werden, unterliegen diese vielfältigen Risiken, die bei der Berechnung der Preisuntergrenze zu berücksichtigen sind. Bisherige Studien fokussieren zumeist qualitative Risikobewertungen. Methoden zur Bestimmung des monetären Einflusses der Risiken auf die CDM-Gestehungskosten und CER-Preisuntergrenze liegen bislang nicht vor.

Die vorliegende Studie adressiert diese Forschungslücke und stellt ein Modell zur Bestimmung der Kostenwirksamkeit von CDM-Projektbeteiligungen unter Berücksichtigung der Risiken aus der Perspektive von EU-EHS Compliance-Investoren dar. Für jeden Projekttyp wird ein charakteristisches Objekt mit typischen Leistungsgrößen definiert und sein Einsatz in verschiedenen Ländern modelliert. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt für jedes Projektcluster bestehend aus Projekttyp und Gastgeberland. Zugehörige Treibhausgaseinsparungen werden berechnet und in die finanzielle Bewertung integriert. Als Ergebnis wird die CER-Preisuntergrenze als Maß für die Kostenwirksamkeit in Euro (EUR) pro CER bestimmt.

Die Risikobewertung erfolgt durch Erweiterung des Modells um einen Simulationsansatz, der Wirtschaftlichkeits- und CER-Mengen-Risiken berücksichtigt. Risikofaktoren werden durch Verteilungen auf die zugrunde liegende Datenbasis angepasst. Monte-Carlo-Simulationen führen zu Verteilungsfunktionen für risikoangepasste Preisuntergrenzen zu jedem Projektcluster. Die statistische Auswertung ermöglicht die Angabe eines monetären Risikoaufschlags.

Exemplarisch wird das Modell auf die Projekttypen Windenergie, Stromerzeugung aus Deponiegas sowie industrielle Abwärmegewinnung angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Risiken einen deutlich höheren Einfluss auf die Kostenwirksamkeit haben wie erwartet. Dieser spiegelt sich in Abhängigkeit der Projektcluster in einem bis zu dreistelligen EUR-Aufschlag wider.

Der wissenschaftliche Mehrwert der Studie liegt in der Integration quantitativer Risikobewertungen in die Kostenwirksamkeitsbestimmung. Über die statistische Auswertung von CER-Preisuntergrenzen auf Basis risikoangepasster Preisverteilungen lassen sich Projektcluster mit einer Preiserwartung unterhalb des Marktpreises identifizieren. Die Erkenntnisse tragen somit nicht nur zum CDM-Marktverständnis bei, sondern unterstützen unmittelbar die Definition einer CDM-Investitionsstrategie.

The Influence of Risk on CDM Cost Effectiveness from the Perspective of EU-ETS Compliance Investors

While the trading prices of issued Certified Emission Reductions (CERs) within the European Union Emissions Trading Scheme (EU-ETS) are transparent, there is limited knowledge about the actual origination cost of Clean Development Mechanism (CDM) projects. Minimum CER prices required for financial viability of a CDM project idea define a measure for CDM cost effectiveness and indicate the floor price for project participation. As CDM projects are located in developing countries, they face substantial implementation and performance risks that need to be considered for CDM cost effectiveness calculation. As existing studies primarily focus on qualitative risk assessment, there is a lack of a monetary evaluation of risk impact on CDM origination cost and CER floor price.

The present study intends to close this gap and introduces a model for calculation of CDM cost effectiveness taking risks into account from the perspective of EU-ETS compliance investors. The analysis is based on available CDM project data. To ensure comparability of results, a standardized project with characteristic technical parameters is defined for every project type and virtually installed in various developing countries. For every cluster of project type and host country, investment profitability is calculated. Associated greenhouse gas (GHG) emission reductions are determined and integrated into the financial analysis. As a result, the CER floor price specifying CDM cost effectiveness is derived and indicated in Euros (EUR) per CER.

A simulation based risk model is developed and integrated into the CDM cost effectiveness calculation. The risk model considers investment profitability and CER quantity risks and calculates a risk premium to consider the expected financial impact on the CER floor price. Risk factors are modeled by fitting probability distributions to underlying base project data. Monte-Carlo simulation (MCS) results in a distribution of risk-adjusted CER floor prices for every project cluster.

The model is applied to renewable energy technology, energy efficiency, and methane avoidance projects. Risk influence on CDM cost effectiveness is exemplarily analyzed for wind onshore projects, landfill gas (LFG) power generation, and waste heat recovery (WHR) installations. Model output shows that risk has a higher than expected financial impact which may result in risk premiums of up to three-digit EUR amounts per CER.

The study results provide a scientific added value through integration of financial evaluation of risk impact into CDM cost effectiveness calculation. The resulting risk-adjusted CER price distributions for CDM cost effectiveness enable the statistical analyses of CER floor prices. Project clusters with CER price expectations below traded market prices can be identified. Thus, the outcome not only contributes to CDM market understanding. It also supports the definition of a CDM investment strategy.

4 Besondere Ereignisse - Special Events

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

06.01.2010

VDE BV BS Vorstandssitzung

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Michael Hilbert

08.01.2010

Promotion Florian Exl zu dem Thema „Einflussfaktoren auf die Bewertung der Hydrophobieigenschaften von Isolierwerkstoffen“ in München

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

11.01.2010

Vortrag Ringvorlesung „Heißes Thema Klimakrise“

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

20.01.2010

Sitzung des Lenkungskreis Zähl- und Messwesen des FNN

Teilnehmer: Benjamin Deppe

22.01.2010

Exkursion zum Kraftwerk Mehrum

Teilnehmer: Dr. Harald Waitschat, Dominik Ludgen

26.01.2010

FEN Treffen AG 1

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Magnus Pielke

27.-29.01.2010

Abstimmungstreffen: TÜBITAK - 2+2

Kooperation, Dr. Mushin Mazman

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Phillip Gronstedt

03.02.2010

Doktorprüfung N. Möring zu dem Thema

„Wasserdampfdurchlässigkeit von Komposit-Hohlisolatoren,“ in Darmstadt

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

05.02.2010

3. Mentorentreffen

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Phillip Gronstedt

08.02.2010

VDE BV BS Vorstandssitzung

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dominik Ludgen

10.-13.02.2010

11. Symposium Energieinnovation in Graz

Teilnehmer: Dr. Magnus Pielke, Gunnar Bärwaldt, Benjamin Deppe

12.02.2010

Studienseminar – Energie mit Hochspannung betrachtet



15.-16.02.2010

FEN Doktorandenseminar in Hannover

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Phillip Gronstedt, Dominik Ludgen

16.02.2010

EFZN und FEN Vorstandssitzung in Hannover
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

19.02.2010

Projekttreffen ETG Taskforce „Demand Side
Management“ in Frankfurt a. Main
Teilnehmer: Phillip Gronstedt

23.-24.02.2010

CIGRE WG D1.27 Meeting in Winterbach
Teilnehmer: Dr. Michael Budde, Michael
Hilbert

02.03.2010

Siemens Wirtschaftsforum in Braunschweig
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

02.-04.03.2010

Carbon Market Insights in Amsterdam
Teilnehmer: Peter Wiedenhoff

05.03.2010

Doktorprüfung Ming Tang zu dem Thema
„Widerstandsverteilung von Schaltlichtbögen
in Selbstblasleistungsschaltern während der
Stromnulldurchgangsphase“
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

08.03.2010

Teilentladungs-Seminar für die Firma KKT
Frölich
Teilnehmer: Dr. Michael Budde, Michael
Hilbert

09.-10.03.2010

Treffpunkt Netze 2010 in Berlin
Teilnehmer: Benjamin Deppe

16.-17.03.2010

Ziehl II in Bonn
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Michael
Blaz, Alexander Henning

13.04.2010

FEN Vorstandssitzung in Hannover
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

13.04.2010

Sitzung Lenkungskreis Zähl- und Messwesen
des FNN
Teilnehmer: Benjamin Deppe

14.04.2010

Mitgliederversammlung „Neuausrichtung VDE
Bezirksverein Braunschweig“
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Michael
Hilbert

16.04.2010

EFZN - Tagung Entwicklung Elektrizitätsnetze
in Göttingen
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

15.-16.04.2010

Teilnahme als Gutachter beim Focus
Schülerwettbewerb
Teilnehmer: Michael Hilbert

19.-23.04.2010

FEN auf der Hannovermesse
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Phillip
Gronstedt, Dominik Ludgen

20.04.2010

Meeting des Local Organizing Committes der
ISDEIV

22.04.2010

Vortrag Tec to You auf der Hannover Messe 2010

Teilnehmer: Phillip Gronstedt

26.04.2010

VDE BV BS Vorstandssitzung

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Michael Hilbert

29.04.2010

EFZN-Vorstandssitzung in Goslar

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

30.04.2010

Erwin-Marx-Stiftung Vorstandssitzung in Braunschweig

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

30.04.2010

Doktorprüfung Magnus Pielke zu dem Thema „Technisch-wirtschaftliche Systembetrachtung zur netzorientierten Integration von Mini-Blockheizkraftwerken“ an der TU Braunschweig



30.04.2010

Besuch der Firma Philips Health Care aus Hamburg

Teilnehmer: Dr. Michael Budde

04.05.2010

Ringvorlesung des Institutes

04.-05.05.2010

TAE-Seminar „Epoxidharze in der Elektrotechnik“

Teilnehmer: Dr. Michael Budde

06.05.2010

FEN AG I Sitzung in Hannover

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Magnus Pielke

12.05.2010

Projekttreffen ETG Taskforce „Demand Side Managment“ in Frankfurt a. Main

Teilnehmer: Phillip Gronstedt

18.05.2010

Doktorprüfung T. Horn zu dem Thema „Gefährdungsbetrachtung von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen hinsichtlich des Einsatzes in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

20.05.2010

FNN, 4. Forumssitzung in Berlin

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

21.05.2010

FNN Forum und Förderkreis in Berlin

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

25.-27.05.2010

Pfingstexkursion nach Nürnberg
Organisation: Christian Wolf, Lena Thiele
(EMV)

27.05.2010

Einweihung Fraunhofer IST in Braunschweig
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

31.05.-01.06.2010

Besuch der Firma Phenix Tech und Huntsman
AM in Basel
Teilnehmer: Dr. Michael Budde, Michael
Hilbert

03.06.2010

OFFIS-Tag 2010 „Internet der Energie“ in
Oldenburg
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

08.06.2010

Forum Elektromobilität in Berlin
Teilnehmer: Gunnar Bärwaldt

09.-10.06.2010

FNN/ETG Tutorial Schutz und Leittechnik in
Ulm
Teilnehmer: Benjamin Deppe

13.-17.06.2010

Master-Studiengang PUC in Rio de Janeiro
Teilnehmer: Phillip Gronstedt

15.06.2010

Jährliche Sicherheitsbelehrung aller
Institutsmitarbeiter

16.06.2010

Tagung - Smart Metering – ein Blick auf den
Kundennutzen und die technischen
Möglichkeiten in Wien
Teilnehmer: Benjamin Deppe

17.06.2010

Einweihung EFZN in Goslar
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

17.06.2010

Workshop - Künstliche Intelligenz an der TU
Braunschweig
Teilnehmer: Benjamin Deppe

19.06.2010

TU Day 2010 „Zukunft der Energie“

23.-24.06.2010

5. Braunschweiger Supraleiterseminar
Organisatoren: Alexander Henning, Oliver
Stadel (IOT), Michael Blaz



28.06.2010

VDE BV BS Vorstandssitzung
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Michael
Hilbert

28.06.-29.06.2010

5. NFF Workshop, Vienenburg
Teilnehmer: Gunnar Bärwaldt

29.06.-30.06.2010

FEN AG1-Treffen in Braunschweig
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Magnus
Pielke, Phillip Gronstedt, Marcus Bunk

01.07.2010

LithoRec Gesamttreffen in Braunschweig
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Gunnar Bärwaldt, Hannes Haupt

02.-04.07.2010

MS Wissenschaft in Braunschweig
Teilnehmer: Gunnar Bärwaldt, Michael Hilbert

07.07.2010

Semesterabschlussgrillen des Instituts

08.07.2010

Exkursion Gemeinschaftskraftwerk Grohnde
Teilnehmer: Dr. Harald Waitschat, Marcus Bunk

09.07.2010

Projekttreffen ETG Taskforce „Demand Side Management“ in Frankfurt a. Main
Teilnehmer: Phillip Gronstedt

10.07.2010

Doktorfeier von Dr.-Ing. Magnus Pielke

15.07.2010

Studienseminar – Herausforderung an die Energieversorgung im Nordbahnhof in Braunschweig



22.-23.07.2010

Jährliches Strategietreffen des HTEE
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Gunnar Bärwaldt, Dr. Michael Budde, Dr. Magnus Pielke, Dr. Ernst-Dieter Wilkening

29.07.2010

Virtual meeting IEC TC 42 MT 18
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

01.-06.08.2010

Applied Superconductivity Conference ASC 2010 in Washington
Teilnehmer: Michael Blaz, Alexander Henning

09.-10.08.2010

Präsentationstraining am HTEE

18.-19.08.2010

Projekttreffen ETG Taskforce „Demand Side Management“ in Magdeburg
Teilnehmer: Phillip Gronstedt

22.-27.08.2010

Cigre Session 2010 in Paris
Teilnehmer: Dr. Ernst-Dieter Wilkening

23.-24.08.2010

FEN Doktorandenseminar, OFFIS in Oldenburg
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Magnus Pielke, Phillip Gronstedt, Marcus Bunk

24.08.2010

FEN Vorstandssitzung, OFFIS in Oldenburg
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

24.08.2010

EFZN Vorstandssitzung, OFFIS in Oldenburg
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

30.08.-03.09.2010

ISDEIV 2010 in Braunschweig

Ausrichter: HTEE



07.-08.09.2010

Kick-off meeting EMRP HVDC in Borås, Schweden

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Vladimir Ermel

09.09.2010

LATEC Energie-Seminar in Braunschweig

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Phillip Gronstedt

08.-10.09.2010

Netzwerkpartnerstagung, RWE Die Netzwerkpartner

Teilnehmer: Dr. Magnus Pielke

13.-17.09.2010

ICLP 2010 in Cagliari

Teilnehmer: Dr. Ernst-Dieter Wilkening

14.09.2010

Behörden-Staffelmarathon Team HTEE/EMV

Teilnehmer: Ingo Gramberg, Phillip Gronstedt, Alexander Henning, Iris Thelen

14.09.2010

VDE Diskussionsveranstaltung - „Gleichspannung Kontaktverhalten“ in Ettlingen

Teilnehmer: Björn Bünsow, Thorsten Schrank

15.09.2010

Projektvorstellung im Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Peter Wiedenhoff

16.09.2010

BDEW Fachtagung Energie und Wasser in Teschow

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

20.09.2010

Sitzung Lenkungskreis Zähl- und Messwesen des FNN

Teilnehmer: Benjamin Deppe

20.09.2010

Kick-Off meeting der Landesinitiative Brennstoffzellen und Elektromobilität

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Gunnar Bärwaldt

20.-22.09.2010

EELMS 2010 in Pisa

Teilnehmer: Dr. Ernst-Dieter Wilkening, Björn Bünsow

21.-22.09.2010

EURAMET „Smart Grid“ Projekttreffen in Delft

Teilnehmer: Phillip Gronstedt

22.09.2010

Doktorprüfung Victoria Lopez zum Thema

„Untersuchungen der inneren und äußeren Festigkeit von Epoxidharzisoliersystemen“ im Schering Institut Hannover

Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

23.09.2010

Festveranstaltung 10 Jahre Energiepark
CUTEC
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

27.-28.09.2010

ETG-Fachtagung „Isoliertesysteme bei Gleich-
und Mischfeldbeanspruchung“
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Michael
Hilbert, Dr. Vladimir Ermel

04.10.2010

VDE BV BS Vorstandssitzung
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

07.10.2010

Besuch der VW-Konzernforschung Antriebe
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Michael
Budde, Michael Hilbert

07.10.2010

Projekttreffen ETG Taskforce „Demand Side
Management“ in Frankfurt a. Main
Teilnehmer: Phillip Gronstedt

18.-22.10.2010

2. eCarTec in München
Teilnehmer: Gunnar Bärwaldt

21.-22.10.2010

EFZN Workshop in Goslar
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

26.10.2010

EFZN Vorstandssitzung in Goslar
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

26.10.2010

BHKW in der Wohnungswirtschaft, BHKW
Konferenz in Berlin
Teilnehmer: Dr. Magnus Pielke, Arne
Damasch

27.10.2010

Studium Generale
Teilnehmer: Hannes Haupt, Marcus Bunk

02.-03.11.2010

3. Tagung der Autoverwerter in Hohenroda
Teilnehmer: Gunnar Bärwaldt

03.-04.11.2010

FEN Doktorandenseminar in Hannover
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Magnus
Pielke, Phillip Gronstedt, Marcus Bunk

04.11.2010

FEN Vorstandssitzung in Hannover
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

03.-05.11.2010

ANSYS Conference & 28. CADFEM Users'
Meeting in Aachen
Teilnehmer: Prof. Manfred Lindmayer, Julia
RiB

07.-09.11.2010

VDE/ETG Kongress „Smart Cities“ und e-
studentday Elektromobilität in Leipzig
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat, Dr. Magnus
Pielke, Marcus Bunk, Phillip Gronstedt
Benjamin Deppe, Michael Hilbert

11.11.2010

Vortrag des Jahres von GI, VDI, VDE
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

15.11.2010

Einführung des neuen Institutauftritts unter
dem Namen elenia



15.-16.11.2010

6. NFF Workshop in Vienenburg
Teilnehmer: Gunnar Bärwaldt

22.11.2010

EFZN Forschungsbereich Energiewandlung
und Veredelung Workshop in Goslar
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

23.11.2010

Sitzung IEC TC 42 MT 18 in Bonn
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

24.11.2010

Jahreshauptversammlung VDE BV BS
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

25.-26.11.2010

Hessisches Klimaschutzforum in Darmstadt
Teilnehmer: Dr. Magnus Pielke

25.11.2010

8. CIGRE/CIRED-Informationsveranstaltung
Teilnehmer: Benjamin Deppe

01.12.2010

Vortrag „Elektromobilität – ohne Verzicht in
die Zukunft!“ in Hanau
Teilnehmer: Hannes Haupt

02.-03.12.2010

Vortrag Intelligente Netzstation in Kloster
Eberbach
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

03.12.2010

258. PTB-Seminar „Desertec –
Herausforderungen für Metrologie und
technische Zusammenarbeit“
Teilnehmer: Benjamin Deppe, Ole Binder

15.12.2010

EFZN Mitgliederversammlung in Goslar
Teilnehmer: Prof. Michael Kurrat

17.12.2010

Betriebsausflug und –versammlung elenia

22.12.2010

Doktorprüfung Peter Wiedenhoff zu dem
Thema „Bewertung des Einflusses von
Risiko auf die Kostenwirksamkeit von
CDM-Projekten aus der Sicht von EU-EHS
Compliance-Investoren“ an der TU
Braunschweig

4.1 Berichte von besonderen Ereignissen - Reports on Special Events

Das 24th „International Symposium in Discharges and Electrical Insulation in Vacuum“ (ISDEIV) vom 30.08. bis 03.09.2010 in Braunschweig

Dr.-Ing. Michael Budde

Eine Konferenz der kurzen Wege mit einem anspruchsvollen wissenschaftlichen Programm, außerordentlichen Rahmenprogrammveranstaltungen und Hilfsbereitschaft an jeder Stelle waren die Wünsche des Local Organizing Committees für das 24th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. Im Vorfeld der Konferenz sollte zudem eine häufige und zeitnahe Korrespondenz mit den Teilnehmern eine positive Erwartungshaltung erzeugen. Kurzum: es sollten keine Fragen und Wünsche offen bleiben.

Mit dem Braunschweiger Hotelangebot in der Innenstadt war es möglich, alle Übernachtungswünsche in verschiedensten Preiskategorien bei kürzester Entfernung zum Konferenzgebäude (Haus der Wissenschaft, s. Abbildung 1) zu bedienen. Dies unterstreichend stand als zusätzlicher Bonus erstmalig allen Teilnehmern ein kostenloses Konferenzticket zur Verfügung, so dass für die Dauer der Tagung die Transportmittel der Braunschweiger Verkehrs-AG benutzt werden durften. Für die späten Abendstunden und die etwas entfernten

Rahmenprogrammveranstaltungen stand darüber hinaus ein kostenloser Bus-Shuttle-Service bereit.

Als Veranstaltungsort der Konferenz diente das neue „Haus der Wissenschaft“ (ehemalige Pädagogische Hochschule), in der wir alle notwendigen Funktionen unterbringen konnten. In dem umgebauten Gebäude wurde größtenteils modernste Konferenztechnik installiert, die nur punktuell durch uns ergänzt werden musste. Damit stand ein kompletter Konferenz-Service inkl. W-LAN-Versorgung im gesamten Gebäude bereit.



Abbildung. 1: Veranstaltungsort „Haus der Wissenschaft“

Figure 1: Conference venue ‘House of Science’

Das wissenschaftliche Programm wurde am Montag, den 30. August 2010, mit dem Vortrag des diesjährigen Walter P. Dyke-Preisträgers für außerordentliche Leistungen auf dem Gebiet der Vakuumforschung Prof. Rod Latham eröffnet. Es sollten noch acht weitere „Oral Sessions“, sechs „Poster Sessions“, zwei „Short Courses“ und eine „Panel Discussion“ in der Woche folgen.

Als weiteres wissenschaftliches Ergebnis wurde erstmalig seit 20 Jahren wieder der Preis für den besten Jungwissenschaftler, der Chatterton Young Investigator Award, wieder nach Deutschland an unsere Darmstädter Kollegen vergeben. Darüber hinaus wurde Prof. Kurrat in das Permanent International Scientific Committee der ISDEIV berufen.



Abbildung 2: Gruppenfoto der Teilnehmer vor dem TU-Altgebäude

Figure 2: Participants photograph in front of the main building of the TU Braunschweig

Das Rahmenprogramm für alle Teilnehmer startete in Form der Welcome Reception im italienischen Restaurant „La Cupola“, welches im obersten Geschoss des Hauses der Wissenschaft untergebracht ist. Am darauffolgenden Montagabend folgte der Empfang des Niedersächsischen Wissenschaftsministeriums im Braunschweigischen Landesmuseum mit anschließendem Besuch des Burgplatz Open Airs „Der Freischütz“. Den Höhepunkt bildete der Mittwoch mit einer Symposium Tour zum Phaeno, dem VW-Werk und der Autostadt in Wolfsburg. Nach fünfstündiger Tour wurde der Tag durch das Symposium Dinner im mittelalterlichen Altstadttrathaus Braunschweigs als Empfang der Stadt Braunschweig gekrönt.

Weitere sechs Ausflüge parallel und nach der Konferenz sollten unseren Besuchern Braunschweig als Stadt der Kultur und der Wissenschaft dauerhaft in Erinnerung halten. Die fast 200 Teilnehmer der Konferenz (Abbildung 2) dankten uns unsere sorgfältige Planung und Durchführung dann auch mit überschwänglichem Lob und mit kleinen Geschenken. Der Chairman des Permanent International Scientific Committee, Dr. Andre Anders, bezeichnet diese Konferenz sogar als „das am besten organisierte ISDEIV aller Zeiten“.



Abbildung 3: Gruppenfoto der Helfer am Ende der Konferenz
Figure 3: Volunteers photograph at the end of the conference

Das 24. ISDEIV 2010 kann daher sowohl wissenschaftlich als auch kulturell ein großer Erfolg genannt werden. Ein Erfolg, der im Kern auf das Local Organizing Committee unter Vorsitz von Prof. Kurrat in Braunschweig fußte, allerdings ergänzt wurde durch ca. 15 weitere externe Mitglieder, die uns insbesondere in der wissenschaftlichen Vorbereitung des Symposiums zu unterstützen wussten. Der Dank gilt ebenso unseren Kollegen und studentischen Hilfskräften des HTEE, so dass in der Konferenzwoche das Helferteam gut 40 Personen umfasste (Abbildung 3).

Für die außerordentliche finanzielle Unterstützung danken wir ABB, Plansee SE, Schneider Electric und Siemens, die einen Großteil der Sponsormittel zur Verfügung stellten. Damit waren Umfang und Details der Veranstaltungen in dieser besonderen Ausprägung möglich.

Zu danken gilt es auch der Stadt Braunschweig mit dem Stadtmarketing, der Volkswagen AG, der Wolfsburger Verkehrs GmbH, dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur, dem Braunschweigischen Landesmuseum, Herrn Bernd Opitz und Herrn Prof. Gerd Biegel für ihre vielfältige Unterstützung vor und während der Konferenz.

Für ausführliche Informationen wird noch zwei weitere Jahre die Internetpräsenz des 24. ISDEIV unter www.isdeiv2010.de zu finden sein.

The 24th ‘International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum’ from August 30 – September 3, 2010 in Braunschweig

Dr.-Ing. Michael Budde

A conference of short distances with a challenging academic program, associated with social program events and willingness to help at any point, the desires of the participants were the aims of the Local Organizing Committee for the 24th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. A frequent and timely correspondence with participants in the run-up to the conference should also produce a positive expectation. In short, no questions should be left to be desired.

Accommodations in different price categories, scientific and cultural highlights, social program in medieval buildings and a conference venue (house of science, Figure 1) with full service – all in minimum distance to each other – made a contribution to this intention. A conference ticket for all delegates to use the public transport system for free was emphasizing this.

The scientific program started on Monday, August 30th 2010, with the lecture of this year’s Walter P. Dyke Awardee for outstanding achievements in the field of vacuum research, Prof. Rod Latham. It should be followed by eight further oral sessions, six poster sessions, two short courses and a panel discussion in the week.

The price of the best young scientist, the Chatterton Young Investigator Award, returned to Germany after 20 years to our colleagues in Darmstadt. In addition, Prof. Kurrat was admitted to the Permanent International Scientific Committee of the ISDEIV.

The social program contained three evening receptions and seven conference tours to present the region of Braunschweig in the best way. In the end, the round about 200 participants (Figure 2) acknowledged our careful planning and execution with exuberant praise and even small gifts. The Chairman of the Permanent International Scientific Committee, Dr. Andre Anders, called this conference even “the best organized ISDEIV of all time”.

The 24th ISDEIV 2010 can be called a great scientific and cultural success. A success that was based on a core of the Local Organizing Committee, chaired by Prof. Kurrat in Braunschweig, but was supplemented by about 15 other external members, who assisted us in the preparation of the scientific part of the symposium. Special thanks also to our colleagues and student

assistants of the HTEE, so that in the conference week, the team of helpers grew up to 40 people (Figure 3).

We thank ABB, Plansee SE, Schneider Electric and Siemens for the extraordinary financial support.

For detailed information the conference website will be still available for the next two years at www.isdeiv2010.de.

Lob in sechs Sprachen für den Klostergarten – Rahmenprogramm der ISDEIV 2010 in Braunschweig

Quelle: Braunschweiger Zeitung vom 15. September 2010

Während sich die Ehegatten beim „24th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum“, ausgerichtet vom Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen der TU Braunschweig, über Hochspannungstechnik vertiefend austauschten, entspannten die Ehefrauen im Kräutergarten der Klosterkirche Riddagshausen. Die Universität, Frau Thelen (links) vom Institut und die Internationale Woman Association hatte ein würziges Programm ohne Grenzen für die Begleiterinnen der Wissenschaftler zusammengestellt. Der Schaugarten mit allerlei Kräutergewächsen wurde auf Japanisch, Koreanisch, Englisch, Französisch und Russisch bestaunt. Pfarrer Günzel Schmidt führte in englischer Sprache durch die Klosterkirche und Kantor Hans-Dieter Karras gab in der internationalen Sprache der Musik zum Abschluss ein Orgelkonzert.



Exkursionswoche 25.– 27.05.2010: Reise nach Nürnberg

Dipl.-Ing. Christian Wolf

Die Pfingstexkursion, die jedes Jahr von unserem Institut in Kooperation mit dem Institut für EMV durchgeführt wird, hatte dieses Jahr den Raum Nürnberg zum Ziel. Wie im vergangenen Jahr konnten durch einen dankbaren Einsatz von Studienbeitragsmitteln erneut 44 Studenten und Doktoranden dazu begeistert werden, an der Fahrt teilzunehmen und den Reisebus bis auf den letzten Platz auszufüllen.

Am Dienstagmorgen nach Pfingsten ging es los, um am Vormittag als erstes Ziel der Reise das von E.ON Wasserkraft geführte Pumpspeicherkraftwerk Waldeck I zu besichtigen. Fachkräfte führten uns hier durch die Maschinenhalle, worauf folgend das Speicherbecken bei strahlendem Sonnenschein besichtigt werden konnte. Spät nachmittags erreichte die Gruppe die ausgewählte Unterkunft in der Nürnberger Altstadt, in der wir in Doppelzimmern untergebracht waren. Der Abend war zur freien Gestaltung vorgesehen, so dass sich einige in der hauseigenen Sauna oder dem Fitnessraum vergnügten und andere sich aufmachten, die fränkische Metropole zu erkunden.



Abbildung 1: Maschinenhalle des Pumpspeicher-
kraftwerks Waldeck

Figure 1: Machine room of the pumped storage power
station Waldeck

Nahegelegenes Exkursionsziel am darauffolgenden Morgen waren die Räumlichkeiten der Healthcare-Sektion der Siemens AG in Erlangen, in denen wir im Laufe des Tages über Funktionsweisen medizintechnischer Geräte aufgeklärt wurden sowie die F&E-Abteilung und die Fertigungsstätten verschiedener Magnetresonanztomographen (MRT) unter fachlicher Begleitung besichtigen durften. Nach Beendigung des sehr interessanten Aufenthalts brachte uns der Reisebus zur in Erlangen stattfindenden Bergkirchweih, einem der größten Volksfeste Deutschlands, bei der sich alle Teilnehmer bei einer Maß Bier stärken sowie Ihre Erfahrungen vom Tage austauschen konnten.

Am frühen Morgen des nächsten Tages fanden sich alle Mitreisenden wieder im Bus ein, um das letzte Ziel, die SMA Solar Technology AG in Kassel, anzusteuern. Dort wurden wir herzlich empfangen und bekamen zunächst einen interessanten Überblick über das Betätigungsfeld der Firma, die Solar-Wechselrichter und Überwachungssysteme für Photovoltaikanlagen entwickelt und vertreibt. Anschließend wurde uns Einblick gewährt in

die Produktionsstätten, gefolgt von einer Gesprächsrunde, in der junge Ingenieure aus dem Betrieb den Exkursionsteilnehmern Rede und Antwort zu den Themen Studienschwerpunkte und Berufseinstieg standen. Gegen frühen Abend hielt unser Bus wieder vor dem Haus der Wissenschaft in der Pockelsstraße, so dass alle Teilnehmer mit einem neuen, reichen Erfahrungsschatz zu Ihren Behausungen aufbrechen konnten.



Abbildung 2: Teilnehmer der Exkursion

Figure 2: Excursion participants

Student Excursion May 25 – 27, 2010: Trip to Nuremberg

The destination of our student excursion this year was the region of Nuremberg in the south of Germany. On the way we stopped in Waldeck where E.ON is running a pumped storage hydro power station. The machine room and the reservoir could be visited. In the late afternoon we arrived in the old town of Nuremberg to move into the rooms of our booked hotel, where a part of the participants enjoyed the fitness centre or the sauna and the rest started to explore the city. The next morning we went to the nearby town Erlangen to see the Healthcare sector of the company Siemens, where the R&D department as well as the production area was presented to us. After that interesting visit we headed to the public festival Bergkirchweih to exchange our experiences of the day. The last stop of the excursion was nearby Kassel, where the company SMA Solar Technology has its headquarters. SMA develops and produces inverters and monitoring systems for photovoltaic plants and has the world's highest turnover in that particular area. After a visit of the production sites young engineers answered questions of the participants concerning study priorities and career entry. In the evening we arrived in Braunschweig again with a lot of interesting new experiences and impressions.

2. Gesamttreffen des Verbundprojektes „LithoRec“

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hannes Haupt

Das Projektkonsortium des Verbundprojektes „LithoRec – Recycling von Lithium-Ionen-Batterien“ traf sich am 01.07.2010 zum 2. Gesamttreffen im Senatssitzungssaal der TU Braunschweig. Dort präsentierten die wissenschaftlichen Partner und Industrievertreter ihre jeweiligen Projektergebnisse und nutzten die Gelegenheit zu einem intensiven Erfahrungsaustausch. Eine Neuheit stellte die Präsentation der Firma van Peperzeel B.V. dar, die über die aktuellen Aktivitäten im Bereich Lithium-Ionen-Batterie-Recycling in den Niederlanden informierte.

Die Verbundpartner nutzten die Gelegenheit, sich intensiv über die Herausforderungen der Themenbereiche Sicherheit bei Transport und Lagerung, Analyse des zu erwartenden Altbatterieaufkommens aus elektrifizierten Fahrzeugen, Demontage und Aufbereitung von Batteriesystemen und Gestaltung von Konzepten für Demontage-gerechte Batteriesysteme auszutauschen.



Abbildung. 1: LithoRec Projektkonsortium bei der Auftaktveranstaltung

Figure 1: LithoRec Participants at the opening session

2. Meeting of the research project “LithoRec”

The second meeting of the research project “LithoRec – Recycling of Lithium-Ion-Batteries” took place on the 07/01/2010 at the TU Braunschweig. Scientific and industrial partners used the forum as a possibility to discuss their current results. Additionally the company van Peperzeel B.V. presented the activities concerning Lithium-Ion-Battery recycling in the Netherlands. The main topics during the meeting belonged to the area of transportation and storage safety, an analysis of the expected amount of used batteries from electric vehicles, disassembly of battery modules and concepts for disassembly friendly battery designs.

5. Braunschweiger Supraleiter-Seminar

Dipl.-Ing. Alexander Henning

Am 23. und 24. Juni 2010 fand das 5. Braunschweiger Supraleiter Seminar im Konferenzzentrum „Nordbahnhof“ in Braunschweig statt. Auch in diesem Jahr konnten wir die Erfolgsgeschichte des Braunschweiger Supraleiter Seminars fortsetzen. Organisiert wurde das Seminar, wie auch die Jahre zuvor, vom Institut für Oberflächentechnik, der PerCoTech AG und unserem Institut. Großzügige Unterstützung erhielten wir von der Siemens AG, der Vattenfall Europe Distribution GmbH dem VDE und vom Industrieverband Supraleitung (ivsupra).



Abbildung. 1: Teilnehmer des 5. Braunschweiger Supraleiter Seminars

Figure 1: Group photo of participants of the 5th Seminar

Das Ziel des 5. Braunschweiger Supraleiter-Seminars war es durch Vorträge und Diskussionen die verschiedenen Interessen der Hersteller und Entwickler von supraleitenden Geräten mit den Fragen und Wünschen potentieller Anwender dieser Geräte zusammenzubringen. Es nahmen über 60 Teilnehmer aus Industrie und Forschung sowie von Energieversorgungsunternehmen teil. Die weitesten Reisewege hatten die Teilnehmer und Vortragende aus Österreich, so dass wir voller Stolz sagen können, dass unser Seminar bereits über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt ist. Die Vorträge die während der zwei Tage auf der Veranstaltung gehalten wurden, zeigten die neuesten Entwicklungen aus den Bereichen: supraleitende elektrische Maschinen, supraleitende Strombegrenzer und insbesondere aus der für alle supraleitenden Betriebsmittel notwendigen Kühltechnologie. Aber auch die neuen Ergebnisse und Meilensteine aus der Materialentwicklung wurden gezeigt. Hochinteressant waren die Vorträge von Energieversorgern, die ihre Vorstellungen und Wünsche an eine derartige Technologie vorstellten. Sie zeigten die generellen Voraussetzungen die supraleitende Anwendungen erfüllen sollten, um in einem Energieversorgungsnetz eingesetzt werden zu können. Die Hersteller und Entwickler dieser Geräte zeigten welche vielfältigen und interessanten Möglichkeiten die Supraleitung für die Energieversorgung bietet. Einen kleinen Eindruck von der Veranstaltung können vielleicht

die folgenden Fotos zeigen die wir gleich mit einer Einladung zum 6. Braunschweiger Supraleiter Seminar verbinden wollen, welches vom 11.-12.05.2011 stattfinden wird.



Abbildung. 2: Teilnehmer des 5. Braunschweiger Supraleiter Seminars

Figure 2: Coffee break

The 5th Braunschweiger Superconductivity Seminar

The 5th Braunschweiger Superconductivity Seminar was held on June 23 and 24, 2010, in the historical city of Braunschweig, Germany. As in the last years, this “seminar” was really a national workshop organized by the Institute of High Voltage Technology and Power Systems, the Institute for Surface Technology, both of the Carolo-Wilhelmina University of Braunschweig, and the “PerCoTech AG” company. The event was generously supported by the German utility company Vattenfall Europe Distribution GmbH, the Association for Electrical, Electronic & Information Technologies (VDE), the German Industrial Association “Superconductivity” (ivSupra), and by Siemens AG.

The purpose of this annual workshop (2010) was to enhance communication between electric utilities or authorities, who are potential users of superconducting apparatus, on one side, and the industrial manufacturers and research organizations, who are developing such apparatus, on the other. The workshop was attended by over 60 participants not only from Germany, but also from Austria and the Netherlands. Many of the attendees were electrical engineers from electric utilities and testing institutes. A key technology for superconducting application is

always the cooling of the device or rather the superconductor itself. Therefore several presentations which addressed this issue were held this year. These presentations showed the problem and possible solutions for new and already established cooling techniques.

The way of thinking and the language of engineers in utility companies on one side, and of those active in applied superconductivity on the other, are highly different. Therefore, the workshop organizers would like to encourage all interested parties to attend the 2011 workshop with the aim to help introducing the high-temperature superconductivity apparatus in electrical power applications

TU Day 2010 „Zukunft der Energie“

Dipl.-Ing. Bernd Schottel

Wie in den Jahren zuvor, nahm auch in diesem Jahr unser Institut die Gelegenheit wahr sich dem braunschweiger Publikum beim TU Day vorzustellen. Der diesjährige Campustag fand unter dem Motto „Zukunft der Energie“ statt. Dieses Thema war gerade für unser Institut sehr interessant und so präsentierte das Institut Forschungsthemen an einem Infostand an der Schleinitzstraße (Abbildung 1). Mitarbeiter des Institutes erklärten mit Hilfe von Postern ihre Forschungsthemen. Lautstark aufmerksam wurden die Besucher aber durch unseren aufgestellten Miniatur-Marx-Generator, der mit seinen Überschlügen für beeindruckte Gesichter sorgte. Daneben wurde auch wieder eine Führung durch unsere

Hochspannungshalle angeboten, die wie in jedem Jahr großen Zuspruch bei den Besuchern



Abbildung 1: Instituts-Mitarbeiter präsentieren die Forschungsthemen des Institutes an der Schleinitzstraße

Figure 1: Institute staff present our research projects at the Schleinitzstraße

gefunden hat. Vor allem Kinder aber auch interessierte Erwachsene waren wieder einmal fasziniert von der interessanten technischen Ausstattung des Institutes, mit deren Hilfe Überschlüge an Isolatoren, der Lichtenberg-Versuch und der Betrieb des Tesla-Transformators gezeigt und erläutert wurden. Aber auch der Stand mit dem Bandgenerator verzeichnete wieder einen hohen Besucherandrang. Hier hatte jeder einmal die Gelegenheit seinen Mut unter Beweis zu

stellen und sich auf 150 000 Volt aufladen zu lassen. Natürlich bestand hierbei keine Gefahr für die Teilnehmer. Zur Erinnerung wurde jedem Teilnehmer eine Urkunde mit einem Foto überreicht, das die „hochspannende“ Situation durch die aufgestellten Haare deutlich machte.

TUday 2010 Future of Energy

Since seven years TU Braunschweig presents its institutes and clubs at the TUday. Every year the HTEE takes this opportunity to present its research projects. At the exhibition of institute at Schleinitzstraße everybody could get information about the studies of the institute. Few assistants informed the visitors about new results and responded the questions. Like every year, the guided tour in the high-voltage lab was very popular by our visitors. They got the chance to see high-voltage flash overs or other experiments with “Tesla-Transformer” and the “Lichtenberg-Test”. In front of the institute, visitors could load their bodies onto 150.000 Volt at the “Van der Graff-Generator” and received a certificate with picture as a reward.

Forschungsverbund Energie Niedersachsen auf der Hannover Messe Industrie 2010

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Phillip Gronstedt

Der Auftritt des Forschungsverbund Energie Niedersachsen (FEN) auf der Hannover Messe 2010 hat mittlerweile Tradition. In diesem Jahr präsentierte sich der Verbund zum vierten Mal in Folge mit den erarbeiteten

Forschungsergebnissen dem breiten Fachpublikum. Der Gemeinschaftsstand

Niedersachsen hat hierfür erneut eine ideale Umgebung geboten, Forschungsleistungen neben innovativen unternehmerischen Lösungen unseres Bundeslandes zu präsentieren. Als

Themenswerpunkt wurde der "BHKW-Verbundbetrieb"

gewählt. Die Besucher haben die Möglichkeit bekommen unser

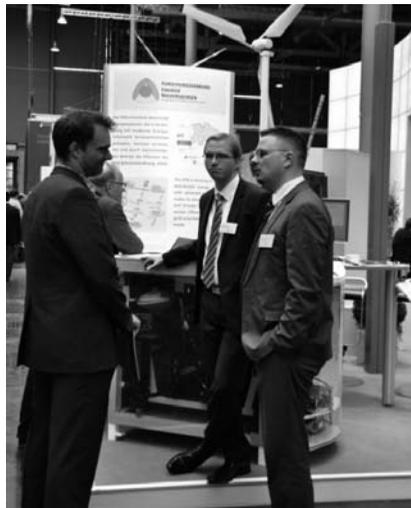


Abbildung. 1: FEN Mitarbeiter präsentieren ihre Forschungsergebnisse dem Fachpublikum der Hannover Messe

Figure 1: FEN staff presents research results to industry professionals on Hannover fair

Hauptexponat ein BHKW der Firma Powerplus anzuschauen und sich über innovative Energiekonzepte zur weiteren Integration dezentraler Erzeugungsanlagen zu informieren. Die Notwendigkeit dieser Konzepte bestätigte sich in vielen Diskussionen, die mit den Fachbesuchern geführt wurden.

Ein elektrisches Netz mit einem hohen Anteil dezentraler Erzeugern stellt insbesondere an die Betriebsführung große Anforderungen. Diesen Anforderungen begegnet der FEN mit einem Ansatz zur netzorientierten Verbundbetriebsweise von Mini-BHKW, ausgerüstet mit einem thermischen Speicher, für den Einsatz in Mehrfamilienhäusern. Durch diese Verbundbetriebsweise gekoppelt mit einer optimierten Einsatzplanung kann eine Vergleichmäßigung des elektrischen Lastganges im Netzbezirk erreicht werden.

Der Forschungsverbund ist seit mittlerweile fünf Jahren im Bereich "Dezentrale Energiesysteme" aktiv und genießt über die Landesgrenzen Niedersachsens hinweg ein hohes Ansehen. Dieses Bild bestätigte sich durch das breite Interesse der Fachbesucher an den aktuellen Forschungsergebnissen des Forschungsverbundes auf der diesjährigen Hannover Messe.

Energy Research Alliance of Lower Saxony at the Hanover Fair 2010

The presentation of the Energy Research Alliance of Lower Saxony and its' research activities at the Hanover Fair has a four year tradition. The efficient usage of virtual power plants build of micro CHP units was focused this year and presented to the industry professionals. A virtual power plant, that combines several different micro CHP units and operates on a composite operation schedule, allows reductions of load fluctuations and therefore helps to integrate the increasing number of distributed power units into the low voltage grid. To this a developed energy management system, based on a standard communication (IEC 61850) is set up to coordinate the usage of each single unit of the virtual power plant.

Since four years the Energy Research Alliance focuses with their investigations on distributed energy systems. Based on their research results the alliance enjoys a good reputation not only in the state of Lower Saxony. This was again shown by the great interest at the Hanover fair 2010.

International Program of Energy 6. September – 15. September 2010

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Phillip Gronstedt

Auch in diesem Jahr hat unser Institut in Kooperation mit der *Universidade Federal Fluminense* aus Rio de Janeiro / Brasilien und Mitarbeitern um Herrn Dr. Detlef Schiel von der PTB in Braunschweig das International Program of Energy in der zweiten und dritten Septemberwoche veranstaltet.

Hierzu haben, wie zuvor in den letzten drei Jahren, eine Vielzahl von Professoren der TU Braunschweig sowie Experten aus dem Umfeld der Universität Fachvorträge zu Themen wie Biokraftstoff, erneuerbare Energien und CO₂-Vermeidung gehalten. Seitens des HTEE referierte neben Professor Kurrat auch Johannes Diedrich.

Als Ergänzung zu den theoretischen Vorträgen wurde das Programm durch Exkursionen in der Region erweitert. Neben Besichtigungen der Werke von Volkswagen, Q-Cells und Enercon, bekamen unsere Gäste auch Einblicke in die deutsche Kraftwerkstechnik mit dem Besuch des Heizkraftwerks Mitte in Braunschweig. Unsere Gäste haben sowohl die Vorträge als auch die Besichtigungen sehr interessiert wahrgenommen und es fand auch abseits der Vorträge ein angeregter fachlicher Austausch statt. Somit kann auch die diesjährige Veranstaltung als voller Erfolg hinsichtlich des angestrebten internationalen Wissenstransfers gewertet werden.



Abbildung 1: Unsere brasilianischen Gäste vor dem Hauptgebäude von Q-Cells in Magdeburg

Figure 1: Our Brazilian guests in front of Q-Cells` headquarter in Magdeburg

International Program of Energy September 6th – September 15th 2010

The HTEE initiated their International Program of Energy this year together with Rio de Janeiro's university, Universidade Federal Fluminense and the PTB in the mid of September 2011. The workshop was a very successful cultural as well as scientific interaction between our Brazilian and our university. Many professors of the TU Braunschweig gave lectures on energy related research topics. Besides professor Kurrat also Johannes Diedrich gave our Brazilian guest some idea of some our interesting fields of research.

Moreover, the workshop was completed by several different site visits such as Volkswagen AG (Wolfsburg), Enercon and Q-Cells (both Magdeburg) as well as the PTB and BS|ENERGY in Braunschweig.

Based on the positive feedback of our Brazilian friends, the program was not just an interesting event from a scientific view, but also a lot of fun with cultural day trips to Hamburg and Berlin. Therefore, we are looking forward to welcome a group of Brazilian students and professionals for another successful seminar in 2011.

Artikel aus der Braunschweiger Zeitung vom 12. Oktober 2010

Von Harald Duin

Wissen aus BS Energieversorgung

Alpha Ventus-Windkraft von der Nordsee. Doch was kommt von der Energie bei uns noch an? Antworten werden von einem europäischen Projekt erwartet, bei dem Ingenieure und Physiker der Technischen Universität Braunschweig und der PTB Braunschweig beteiligt sind.

Neue Wege für den Strom

Braunschweiger Forscher helfen, das europäische Energienetz der Zukunft zu bauen.

Elektrizität - Strom des Lebens. Neue schöne Fotos und Grafiken zeigen, wie aus Visionen Konzeptionen werden. Man nehme das Windkraftwerk Alpha Ventus vor Borkum, seit Frühjahr 2010 in Betrieb. Hier, in der Nordsee, bläst immer Wind. Die Offshore-Anlage kann 50 000 Haushalte mit Energie versorgen. Oder „Desertec“, der Traum von einem Solar-Kraftwerk in der Sahara. Strom soll dereinst von der Wüste nach Europa fließen. Die Kosten für das Giga-



Erster deutscher Offshore-Windpark „Alpha Ventus“, rund 45 km vor der ostfriesischen Insel Borkum (Kreis Leer). Im Vordergrund die Trafo-Plattform mit dem Helikopterdeck. Das Testfeld besteht aus zwölf Windkrafträdern. Mit dem erzeugten Strom können 50 000 Haushalte versorgt werden

Projekt sind freilich kaum kalkulierbar. Aber die Wüste lebt dank einer Idee, die der Club of Rome schon mal in den Siebzigern hatte. Inzwischen entstehen in der Nordsee Windkraftanlagen weitab von der Küste. Das gibt Verluste bei der Übertragung des Stromes. Kann man diese Verluste in erträglichen Grenzen halten? Man kann. Prof. Kurrat von der TU Braunschweig: „Auf großen Strecken geht der Stromtransport nur mit Gleichstrom“ mit geringeren Verlusten im Vergleich zum Wechselstrom.

Mit Gleichstrom experimentierte schon der Erfinder Alva Edison (1847-1931). Das erste zentrale Gleichstromkraftwerk wurde 1882 in der Pearl Street in New York eröffnet. Es versorgte, wie Professor Kurrat weiß, fast 500 Haushalte mit Strom für die Glühlampen.

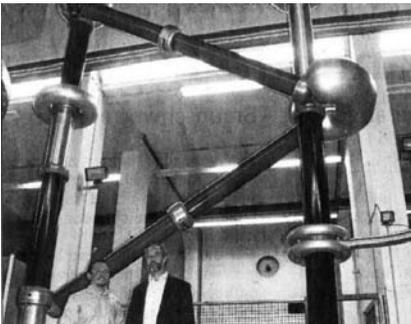


Professor Michael Kurrat
Institut für Hochspannungs-
technik und Elektrische
Energieanlagen

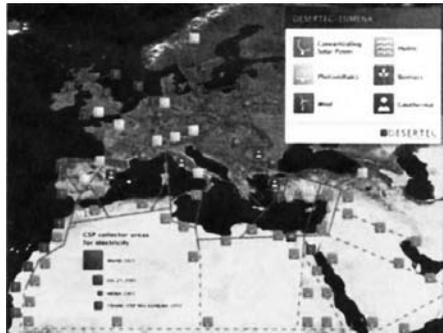
Und auch Braunschweig hatte einen Pionier des Gleichstroms: Erwin Marx (1893-1980). Wie in dem Buch von Helmut Maier nachzulesen, entwickelte Marx, Professor an der Technischen Universität Braunschweig, eine neue Stromrichtertechnik, mit der eine Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung über weite Strecken möglich schien.

Die Nationalsozialisten förderten diese Forschung bis Kriegsende, erhofften sie sich doch dank Marx die Nutzung der gewaltigen norwegischen Wasserkräfte, um die Rüstungsindustrie mit Strom zu versorgen, Marx bekam die technischen Detailprobleme jedoch nie in den Griff.

Haushalte heute funktionieren mit Wechselstrom. Aber Gleichstrom nutzen wir auch, ohne darüber nachzudenken. Computer funktionieren so, auch Solarzellen können nur Gleichstrom erzeugen.



Dipl.-Ing. Johann Meisner von der PTB (links) und Prof. Dr. Michael Kurrat, Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen der TU Braunschweig, wo auch unser Foto entstand



Visionärer Plan: So könnte eine nachhaltige Stromversorgung in Europa, dem Nahen Osten und Nord-Afrika (kurz „Eu-Mena“) einmal aussehen

Skizze: Desertec-Foundation

Jetzt also stehen wir vor einer neuen Dimension der Gleichstrom-Übertragung, und die Ingenieure und Physiker des Institutes für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen der TU Braunschweig und eine Arbeitsgruppe der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) sind mit anderen Projektbeteiligten dabei, die Voraussetzung für ein Gleichstrom-Kabelnetz zu schaffen. Die bisherigen Netze funktionieren nämlich mit Wechselstrom. Eine historische Entscheidung unserer Altvordenen Ende des 19. Jahrhunderts. Geplant ist nichts Geringeres als ein neues Gleichstrom-Übertragungsnetz für ganz Europa – unter Einbeziehung der Windkraft-Anlagen in der Nordsee. Dem neuen Gleichstromnetz steht im Prinzip nichts mehr im Wege, ist es doch inzwischen möglich, auch hohe Leistungen effizient von Gleich- auf Wechselstrom und zurück umzuformen.

Aufgabe der PTB ist es - im Verbund mit anderen metrologischen Staatsinstituten -, den Gleichstrom messtechnisch zu erfassen sowie die Geräte dafür bereitzustellen und sie zu eichen. Das Team um Professor Kurrat hat im Projekt insbesondere die Aufgabe, die Verluste in den Konvertern der Hochspannungs-Gleichstrom-Stationen zu untersuchen und zu verringern. Auch arbeiten die Braunschweiger an Umleitungsszenarien, wenn partiell das Netz ausfallen sollte. Professor Kurrat: “Wir wollen auf keinen Fall den Ausfall des ganzen Netzes.“

Das europäische Hochspannungsnetz mit Gleichstrom wird auch für Projekte wie „Desertec“ benötigt. Photovoltaikanlagen und Elektroautos werden ebenfalls von dieser Forschung profitieren.

Exkursion in das Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marcus Bunk

Auch in diesem Jahr stand im Rahmen der Vorlesung Energiewirtschaft und Kraftwerke die obligatorische Exkursion in das Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde am 08.07.2010 an. Nach erfolgreich bestandener Sicherheitsüberprüfung im Vorfeld der Exkursion durch das LKA Niedersachsen starteten 12 Angehörige der TU Braunschweig gegen 9 Uhr zu einer etwa 1 ½ stündigen Fahrt nach Grohnde. Hierfür wurden eigens VW-Busse zur Personenbeförderung angemietet. Das Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde befindet sich an der Weser im Landkreis Hameln-Pyrmont in Niedersachsen. Es gehört mit seiner Bruttoleistung von 1460 MW zu den größten Kernkraftwerken in Deutschland. Der kommerzielle Betrieb startete zum 01.02.1985.

Vor Ort erwartete uns zunächst eine interessante Einführungsveranstaltung zur Nutzung der Kerntechnologie und zu den politischen Rahmenbedingungen vor dem Hintergrund der Laufzeitverlängerung. Im Anschluss an die Einführung wurden wir zum Mittagessen eingeladen. Im zweiten Teil unseres Besuches wurden Kleingruppen zu je 6 Teilnehmern gebildet, die getrennt voneinander über das Betriebsgelände geführt wurden. In diesen Kleingruppen war es uns auch möglich, das Reaktorgebäude zu betreten und uns von der beeindruckenden Technologie selbst ein Bild zu verschaffen. Nach einer abschließenden Kontrolle bezüglich einer etwaigen Kontamination haben wir gegen Nachmittag die Heimreise angetreten.

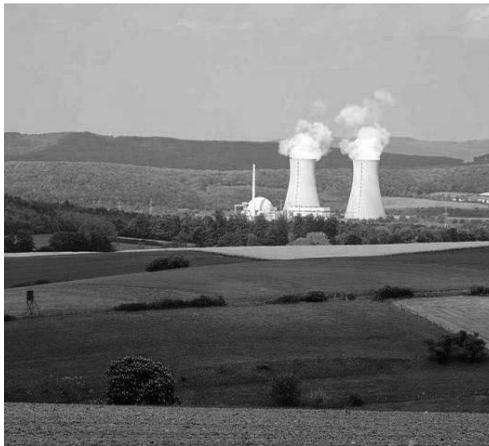


Abbildung. 1: Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde
Figure 1: Nuclear power plant of Grohnde

Excursion to the nuclear power plant Grohnde

On the eight of July our excursion to the nuclear power plant of Grohnde took place. 12 members of the TU Braunschweig have started at 9 o'clock.

The nuclear power plant of Grohnde in Lower Saxony is with a rated power of 1460 MW one of the largest plants in Germany. The day started with an introduction in nuclear technology. After the lunch, we visited in groups of 6 persons the factory premises including the reactor building.

Studium Generale

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hannes Haupt, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marcus Bunk

Auch in diesem Jahr hat sich das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen am Studium Generale der TU Braunschweig mit einem Beitrag beteiligt. Die vom Asta der TU Braunschweig organisierte Veranstaltung soll Studierenden, Eltern, Freunden, Interessierten usw. die Möglichkeit bieten, einen allgemeinen, fächerübergreifenden Einblick in wissenschaftliche Themen zu bekommen.

Etwa 160 Hörer interessierten sich am 27.10.2010 für den von Hannes Haupt gehaltenen Vortrag zum Thema „Hochspannende Elektromobilität –wie tanken wir in der Zukunft?“. Die Veranstaltung gehörte zu den am stärksten besuchten und war demnach ein voller Erfolg. Der Vortrag lieferte einen kleinen Einblick in die denkbaren Technologien bei der Ladung von Elektrofahrzeugen. Darüber hinaus konnten die aktuellen Entwicklungen bei der Batterietechnologie sowie die Auswirkungen ladender Elektrofahrzeuge an den Niederspannungsnetzen skizziert werden. Mit den Ausführungen konnte ein sehr enger Bezug zum Vortrag von Herrn Prof. Canders zum Thema „Hochleistungsantriebe für Elektroautos“ hergestellt werden. Die Resonanz auf die Veranstaltung war durchweg positiv.



Abbildung. 1: Studium Generale
Figure 1: Studium Generale

Studium Generale

On the 27 of October a lecture series of the Asta (Student Committee) Braunschweig took place. The Institute of high voltage technology and electrical power systems has provided a lecture titled “Highly interesting electric mobility –How do we refuel in the future?”. Hannes Haupt has talked in his presentation about charging infrastructure, battery technologies and the effects of loading cars to the grid. With 160 listeners it was a complete success.

Das HTEE war mit an Bord der MS Wissenschaft

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gunnar Bärwaldt, Dipl.-Ing. Michael Hilbert

Zu wechselnden Themen fährt seit 2002 ein Binnenschiff auf deutschen Gewässern als schwimmende Ausstellung. Spannend für die Besucher sind die interaktiven Exponate. Über spielerische Komponenten werden wissenschaftliche Themen greifbar und die Auseinandersetzung mit Wissenschaft macht Spaß.

Jeden Sommer legt die MS Wissenschaft in rund 30 Städten an, von Passau bis Kiel, von Stuttgart bis Magdeburg. Inzwischen hat sich das Ausstellungsschiff als schwimmendes

Science Center etabliert und ist zum Highlight der jeweiligen Wissenschaftsjahre geworden. Energie ist Thema des Wissenschaftsjahres 2010.

An rund 40 Stationen konnten Besucherinnen und Besucher selbst aktiv werden und die Themen Energiegewinnung, -umwandlung, -verteilung und -nutzung am eigenen Körper erfahren: Beispielsweise wie viel Energie in Kohle oder Erdöl gespeichert ist. Diese Themenvielfalt ergänzend war das HTEE mit einem Exponat vertreten, das unterschiedliche Isolationssysteme als die „Aufhänger unseres Stromnetzes“ begreifbar machte. Neben einem Keramik-Isolator und einem Glaskappen-Isolator wurde ein Silikon- bzw. Verbund-Isolator als realitätsnahes Muster ausgestellt.

Zwischen dem 18.05.2010 und dem 07.10.2010 haben in diesem Jahr rund 105.000 Besucher das Energieschiff besichtigt und sich über Grundlagen und Visionen zum Thema Energie informiert. Allein rund 570 Schulklassen haben die Ausstellung besucht; sicher waren auch einige Ingenieure der Zukunft unter Ihnen, die wir begeistern konnten.

Nach der langen Reise auf deutschen Binnengewässern findet das Exponat nun eine dauerhafte Verwendung in unseren Institutsräumlichkeiten.

Dank der guten Arbeit unserer Werkstattmitarbeiter hat das Exponat die Ausstellung unbeschadet überstanden.

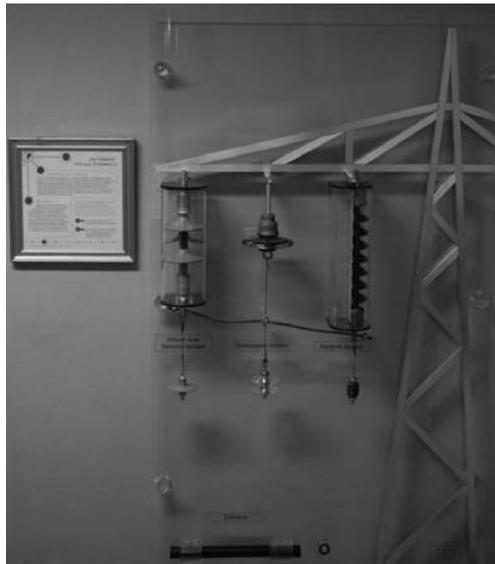


Abbildung. 1: HTEE-Exponat für die MS Wissenschaft 2010

Figure 1: HTEE-exhibit used at MS Wissenschaft 2010

The HTEE on board of the “MS Wissenschaft”

Since 2002, the exhibition ship MS Wissenschaft has been on tour every year with an interactive exhibition as a floating science centre. Throughout every year it visits about 30 cities and targets primarily school classes. The exhibition theme is based on the scientific topic of the year which has been energy in 2010.

At approximately 40 exhibition stations visitors were invited to get in touch with the topics generation, conversion, distribution and consumption of energy. For instance, the question of how much energy is stored in hard coal or crude oil was presented. To further strengthen the variety of exhibits, the HTEE presented different isolation systems and enabled visitors to touch the “hooks of our grid”. Isolators made of ceramic, glassware and silicone were shown as a realistic examples.

Approximately 105.000 guests visited the MS Wissenschaft from May 5th until October 7th. They all took the advantage to get informed about basic principles and future trends in the field of energy. For instance, some 570 student groups joined the exhibition, and we are confident to have inspired some of them to become an engineer.

As our mechanics did an excellent job, the exhibit endured the whole exhibition without any damage. After the long journey through German waterways it is now installed in our institute building for permanent use.

5 Veröffentlichungen und Vorträge - Publications

M. Kurrat

Heißes Thema Klimakrise

Vortrag Braunschweig, 11. Januar 2010

P. Wiedenhoff, M. Kurrat, T. Bruns

*Bewertungsmodell für Beteiligungen an
Clean Development Mechanism -Projekten*

Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft
01/02, 2010, Essen

P. Wiedenhoff

*Quo vadis CDM/II? A critical view from
the investor's perspective*

E-world-Kongress, CO₂ Emissionshandel,
09. Februar 2010, Essen

M. Pielke, M. Kurrat

*Diskussion energiewirtschaftlicher
Rahmenbedingungen für einen Mini-
BHKW-Verbundbetrieb in der
Wohnungswirtschaft*

11. Symposium Energieinnovation, 10.-12.
Februar 2010 TU Graz, Österreich

B. Deppe, A. Kullack, A. Priesing, M. Kurrat, F. Eggert

*Potenziale zur Effizienzsteigerung durch
die Etablierung eines Smart Metering*

11. Symposium Energieinnovation, 10.-12.
Februar 2010 TU Graz, Österreich

B. Bünsow, E.-D. Wilkening

*Verfahren zur Ableitung von Stoßströmen
mit Halbleitern, insbesondere IGBT*

Patentanmeldung, 2010

B. Deppe, A. Kullack, M. Kurrat, F. Eggert

Erwartungen der Kunden

In Fenchel, Hellwig (Hrsg.): Smart
Metering in Deutschland

VWEW Energieverlag, 2010, Frankfurt

P. Wiedenhoff, M. Kurrat, T. Bruns

*Bioenergy CDM projects – Calculating
costs and risks*

Sun and Wind Energy, Heft 03, 2010, Köln

M. Pielke, M. Kurrat

*Netzorientierte Betriebsweise von Mini-
BHKW*

EuroHeat&Power, Report

"Blockheizkraftwerke 2010", 01.03.2010

M. Pielke

*Virtuelle Kraftwerke auf Basis von Mini-
BHKW der Hausenergieversorgung*

1. SophienHofAbende der ABGnova
GmbH, 17.03.2010, Frankfurt am Main

A. Mutzke, T. Rüter, M. Lindmayer, M. Kurrat

*Arc Behavior in Low-Voltage Arc
Chambers*

The European Physical Journal Applied
Physics, Vol. 49, No. 2, 2010

M. Kurrat

Herausforderungen und Lösungen für Verteilungsnetze der Zukunft
EFZN Tagung in Kooperation der BNetzA
„Aktuelle Fragen zur Entwicklung der Elektrizitätsnetze“, 15./16.04.2010,
Göttingen

M. Pielke

Stromspeicherung und Elektromobilität In: Schriftlicher Management-Lehrgang in 6 Lektionen - Technikwissen Stromnetze für Nicht-Techniker
Lektion 6 , Düsseldorf: Euroforum Verlag GmbH, 2010

M. Budde

Teilentladungsdiagnostik von hochbelasteten Isoliersystemen auf Epoxidharzbasis
Technische Akademie Esslingen, Seminar „Epoxidharze in der Elektrotechnik“, 04./05.05.2010, Esslingen

B. Deppe

Gestaltung des Smart Metering als Bindeglied zwischen Mensch und Technik
e-control Informationsveranstaltung: Smart Metering - ein Blick auf Kundennutzen und die technischen Möglichkeiten;
16.06.2010, Wien

N. Hemdan, M. Kurrat

Effect of Integration of Distributed Wind Generation into a Real MV Distribution Network
IEEE General Meeting 2010, "Power Systems Engineering in Challenging Times" Minneapolis, Minnesota, USA, July 25-29, 2010

B. Deppe, M. Kurrat

Künstliche Intelligenz in der Energieversorgung - Anwendung und Grenzen
Heinert, Riedel (Hrsg.): Theorie und Anwendung lernender Algorithmen in den Ingenieurs- und Naturwissenschaften an der TU Braunschweig, Geodätische Schriftenreihe Heft Nr. 25, Braunschweig, 2010

M. Bunk

Ausblick –Stromspeicherung und Elektromobilität
Schriftlicher Management-Lehrgang in 6 Lektionen –Intelligente Stromnetze.
Lektion 6. Düsseldorf: Euroforum Verlag GmbH, 2010

M. Pielke

Technisch-wirtschaftliche Systembetrachtung zur netzorientierten Integration von Mini-Blockheizkraftwerken (Dissertation)
In: Cuvillier Verlag Göttingen, ISBN978-3-86955-352-8, 2010

P. Gronstedt

Stromspeicherung und Elektromobilität

In: Schriftlicher Management-Lehrgang in 6 Lektionen - Technikwissen Stromnetze für Nicht-Techniker. Lektion 6.

Düsseldorf: Euroforum Verlag GmbH, 2010

M. Blaz, M. Kurrat

Influence of Bubble Formation on the Dielectric Behaviour of Liquid Nitrogen
Applied Superconductivity Conference, Washington D.C., 2010

E.-D. Wilkening

HVDC Circuit Breaker

WG B4-52, Cigré, Paris, Frankreich, 22.-28.8. 2010

B. Bünsow, E.-D. Wilkening

Limits of Power-IGBT

21th EEMLS-Meeting, Pisa, Italien, 2010

I. Gramberg, M. Kurrat, D. Gentsch

Investigations on the Dielectric Behavior of Vacuum Circuit Breakers after Switching Operations

24th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, 30.08.-03.09.2010, Braunschweig

C. Wolf, M. Kurrat

Arcing Behaviour on TMF-Contacts at High-Current Interrupting Operations

24th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, Braunschweig, Germany, 30 August - 3 September 2010

V. Ermel, M. Kurrat

IGBT Power Loss

Vortrag Kick -off Meeting EMRP HVDC in Borås, Schweden, 16.09.2010

M. Kurrat

Herausforderungen und Lösungen für Verteilungsnetze der Zukunft
Tagung Teschow, 16.09.2010

M. Kurrat

Forschungsverbund Energie Niedersachsen
10 Jahre Energiepark CUTEC, 23. September 2010 in Clausthal

M. Kurrat, V. Ermel

Transiente Simulation von Teilentladungen in Feststoffen bei Mischfeldbeanspruchung
ETG-Fachtagung 2010: Isoliersysteme bei Gleich- und Mischfeldbeanspruchung, 27.-28. September 2010 in Köln

M. Hilbert, M. Kurrat

Das Dynamische Tropfen-Prüfverfahren bei gleichgerichteter Spannung unter Einfluss der Welligkeit
ETG-Fachtagung 2010: Isoliersysteme bei Gleich- und Mischfeldbeanspruchung, 27.-28. September 2010 in Köln

P. Wiedenhoff, M. Kurrat, C. Dressel

Portfoliooptimierung für Beteiligungen an CDM-Projekten - Portfolios von Projekten des Clean Development Mechanism vor dem Hintergrund zukünftiger CO₂-Preiserwartungen
emw – Zeitschrift für Energie, Markt, Wettbewerb, Heft 5, Oktober 2010, Essen

J. Reiß, M. Lindmayer, M. Kurrat

*Modellierung von Elektrodenfallgebieten
mithilfe einer nichtlinearen Spannungs-
Stromdichte-Kennlinie*

ANSYS Conference & 28. CADFEM
Users' Meeting, 3.-5.11.2010, Aachen

**B. Deppe, A. Schwarz, M. Kurrat, F.
Eggert**

*Smart Metering als Basis für ein
Verbrauchs- und Erzeugungsmanagement*
VDE Kongress 2010, 08.-09.11.2010 in
Leipzig

P. Gronstedt, M.Kurrat, D. Ludgen

*BHKW Verbundbetrieb für die
Wohnungswirtschaft – Eine
Bestandsaufnahme und mögliche
Perspektiven*

VDE Kongress 2010, 08.-09.11.2010 in
Leipzig

M. Pielke

*Herausforderungen und Lösungen für
Verteilnetze der Zukunft*
Hessisches Klimaschutzforum 2010, 25.-
26.11.2010 in Darmstadt

M. Kurrat

*Herausforderungen und Lösungen für
Verteilungsnetze der Zukunft*
Kloster Eberbach, 02.12.2010

5.1 Berichte in den Medien - News

*Preisverleihungen der Doktoranden der
TU Braunschweig*

05.02.2010, TU-Braunschweig, Notiz Blog

*„Carbon Scout“ Untersuchung von UN-
Klimaschutz-projekten am Institut für
Hochspannungstechnik und Elektrische
Energieanlagen*

10.02.2010, TU-Braunschweig, Notiz Blog

*Carbon-Scout – Modell und Forum zur
Kosten- und Risikoanalyse von CDM-
Projekten*

24.02.2010, Exportnews Erneuerbare
Energien

*Drittmittel: EFZN wirbt 15,4 Millionen
Euro*

03.03.2010, Goslarsche Zeitung

*Bioenergy CDM projects- Calculating
costs and risks*

März 2010, Sun and Wind Energy, Issue
03/07

Energieforscher suchen Alternativen

18.06.2010, Hannoversche Allgem.
Zeitung

Wanka gibt das Startsignal

18.06.2010, Goslarsche Zeitung (Titelblatt)

*Geballte Ladung an Energie-
Informationen*

18.06.2010, Goslarsche Zeitung (Innenteil)

*Kronleuchter im Bauch der MS
Wissenschaft*

03.07.2010, Braunschweiger Zeitung

Wie aus Biomasse Strom wird

04.07.2010, Neue Braunschweiger

Der Donnergott grollt

15.07.2010, Braunschweiger Zeitung

*Bei Solardächern nicht nur eitel
Sonnenschein*

29.07.2010, Braunschweiger Zeitung,
Ausgabe Salzgitter

*Mobilität stärkstes Thema unserer
Forschungs-Region*

08.09.2010, Braunschweiger Zeitung

*Lob in sechs Sprachen für den
Klostergarten (ISDEIV 2010)*

15.09.2010, Braunschweiger Zeitung

Universität unterstützt Hersteller

04.10.2010, Automobilwoche-
Sonderausgabe IZB Wolfsburg

*Wieviel Energie aus Offshore Anlagen
kommt wirklich an?*

04.10.2010, Sonnenseite.com/Aktuelles

*Portfoliooptimierung für Beteiligungen an
CDM-Projekten*

Okt. 2010, emw- Zeitschrift für Energie,
Markt, Wettbewerb

Wissen aus

Braunschweig/Energieversorgung

Neue Wege für den Strom

12.10.2010, Braunschweiger Zeitung

Leser fragen Jürgen Trittin:

*Energietechnik Experte Prof. Jürgen Kind
im Gespräch mit Jürgen Trittin*

12.10.2010, Braunschweiger Zeitung

*Verbraucher zahlen nächstes Jahr mehr
für Strom*

23.10.2010, Braunschweiger Zeitung

Für Ökostrom fehlen die Leitungen

30.10.2010, Braunschweiger Zeitung

Studienbeginn für über 3000

Studienanfängerinnen und

Studienanfänger

Nov. / Dez. 2010, Carolo-Wilhelmina
Newsletter

Windstrom aus dem Bergwerk

03.11.2010, Süddeutsche Zeitung

Kontakt:

Technische Universität Braunschweig
Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen
Schleinitzstr. 23
38106 Braunschweig
Telefon: +49 531 391-7737
Telefax: +49 531 391-8106
elenia@tu-braunschweig.de

www.tu-braunschweig.de/elenia