

# **Jahresbericht 2007**



**Inhaltsverzeichnis - Table of contents**

	Seite - Page
Vorwort - Preface	4
1 Personelle Besetzung - Staff	6
2 Lehre - Lectures	8
2.1 Vorlesungen und Praktika - Lectures	8
2.2 Studienseminare - Student Lectures	11
2.3 Studienarbeiten – Student Research Projects	11
2.4 Diplomarbeiten - Diploma Thesis	12
3 Berichte aus Forschung und Entwicklung - Abstracts on Research Projects*	13
3.1 Kurzberichte aus laufenden Vorhaben - Abstracts on Research Projects*	13
3.1.1 Arbeitsgruppe Energiesysteme - Working Group Energy Systems*	13
3.1.2 Arbeitsgruppe Materialien und Plasmen - Working Group Materials and Plasmas*	19
3.1.3 Arbeitsgruppe Schaltgeräte - Working Group Switching Devices*	26
3.2 Dissertationen - Dissertations*	36
4 Besondere Ereignisse - Special Events*	43
4.1 Berichte von besonderen Ereignissen - Reports on Special Events*	48
5 Veröffentlichungen und Vorträge – Publications	57
5.1 Berichte in den Medien - News	59

\* with english part

Liebe Freunde,

Niedersachsen steckt voller Energie! Die Windkrafttechnologie, die Erdgasförderung und -speicherung, der Biomasseanbau und -nutzung sowie die geplanten Kraftwerke führen Niedersachsen in das Spitzenfeld der Energieerzeuger. Mit dieser Botschaft wurde im Dezember von Ministerpräsident Christian Wulff der Startschuss für den Betrieb des Energieforschungszentrums Niedersachsen gegeben. Wir und die anderen energietechnischen Institute der TU Braunschweig sind aktiv an diesem großartigen Projekt beteiligt. Die Arbeiten der ca. 50 beteiligten Institute werden am traditionsreichen Bergbaustandort Goslar zusammengeführt, der in einer guten halben Autostunde von Braunschweig aus zu erreichen ist.

Unter diesen Randbedingungen habe ich im November den Ruf auf die Professur „Komponenten und Systeme der elektrischen Energietechnik“ an der TU Braunschweig angenommen. Damit hat endlich alles seine gute Ordnung gefunden. Unsere neu gewählte Struktur der drei Arbeitsgruppen hat sich hervorragend bewährt und dies nicht zuletzt durch deren Leiter, die sich hier hochmotiviert in die Entwicklung der Forschungsarbeiten einbringen. Dies können Sie an unseren zahlreichen Forschungsaktivitäten sehen, die in diesem Bericht kurz vorgestellt werden. Deshalb haben wir uns entschlossen, den Jahresbericht wieder jährlich herauszugeben.

Die Erweiterung der bisherigen Forschungsthemen bildet die Basis für die notwendige gute Verknüpfung zwischen den Arbeitsgruppen. So wird in Zukunft der Bereich Supraleiter vom Schaltelement „Strombegrenzer“ über die Isoliermaterialien bei tiefen Temperaturen bis zur Integration in die Energiesysteme reichen. Gleiches gilt für die Themen Bordnetze für Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeuge und Hochspannung-Gleichstrom-Übertragung für den Transport von regenerativ erzeugtem Strom. In allen Bereichen ist das Zusammenspiel zwischen neuen Energiesystemen und den dafür benötigten Komponenten entscheidend. Hier dürfen Sie auf unsere Veröffentlichungen im nächsten Jahr gespannt sein.

Wir freuen uns, dass wir in diesem Jahr fünf Promotionen vermelden können. Die Freude wird allerdings ein wenig getrübt durch die Schwierigkeit, personellen Ersatz in diesen Zeiten eines begrenzten Absolventenangebotes zu erhalten. Wir haben diese Klippe aber bisher immer mit Erfolg umschifft und wünschen den Herren Doktoren sowie ihren Nachfolgern viel Erfolg bei der Bewältigung der anstehenden Aufgaben.

Im Februar 2007 ging unser allseits beliebter und sehr geschätzter Werkstattleiter, Herr Hans-Jürgen Rietz, in den wohlverdienten Ruhestand. Auch Herr Dietmar Obst, der in Hallendorf unzählige Bauteile für die Kernfusionsexperimente unserer Forschungspartner herstellte, geht zum Ende des Jahres in Rente. Ins Berufsleben verabschiedeten wir am 31. Januar Herrn Juri Leinweber, der erfolgreich seine Gesellenprüfung abgelegt hat. Ihnen allen sei für ihre stets sehr gute Arbeit gedankt und unsere guten Wünsche für die weitere Zukunft begleiten sie.

Die Nachfolge in der Werkstattleitung übernimmt Frau Kerstin Rach, der wir viel Erfolg bei ihrer Aufgabe und der anstehenden Werkstattzusammenlegung wünschen. Die Zusammenlegung ist die Folge der offiziellen Schließung der Versuchsanlage Hallendorf zum 30. April. Die Institutswerkstatt wird im Bereich der Hochspannungshalle durch umfangreiche Umbaumaßnahmen vergrößert. Herzlich begrüßen wir unsere neue Auszubildende, Frau Jenny-Sue Jabs, und unseren neuen Mitarbeiter, Herrn Michael Biethan, die uns bei den anstehenden Arbeiten kräftig unterstützen werden.

Bei vielen Veranstaltungen präsentierten wir unsere Forschungsarbeiten. So waren wir auf der Hannover Messe mit einem Gemeinschaftsstand des Forschungsverbundes Energie Niedersachsen vertreten, an dem wir auch den niedersächsischen Ministerpräsidenten, Herrn Christian Wulff, und unseren Forschungsminister, Herrn Lutz Stratmann, begrüßen durften. Auch das zweite „Braunschweiger Supraleiter-Seminar“ war ein großer Erfolg. Hier entwickelt sich die Keimzelle für zukünftige Forschungsprojekte, die von der Industrie aufmerksam verfolgt wird.

In der Weiterbildung haben wir ein Transferprojekt mit der Universidade Federal Fluminense in Rio de Janeiro entwickelt. Das erste „International Program of Energy“ führte eine Gruppe von zehn brasilianischen Wissenschaftlern zu einem intensiven wissenschaftlichen und kulturellen Austausch nach Braunschweig.

Unter den Lehrenden besteht wohl kein Zweifel mehr, dass die Nachwuchswerbung in den Ingenieur- und Naturwissenschaften eine unserer wichtigsten Aufgabe darstellt. Mit dieser Zielstellung haben wir uns unter großem personellem Aufwand mit einem eigenen Stand an der IdeenExpo beteiligt, einer aufwändigen Informationsveranstaltung für Schüler auf dem Expo-Gelände in Hannover.

Die Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik, Physik stellte zum Wintersemester 2007/ 2008 die Diplomstudiengänge auf die Bachelor- und Masterstudiengänge Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik um. Mehr als 200 Erstsemester haben sich für die neuen Studiengänge der Elektrotechnik eingeschrieben. Dabei wird das Interesse der Studenten an den Themen der Energietechnik durch die zahlreichen Studien- und Diplomarbeiten in diesem Jahr gut verdeutlicht. Unser Lehrangebot haben wir durch eine E-Learning Vorlesung „Dezentrale Energiesysteme“, die schon in der ersten Runde von 45 Studenten gehört wird, und ein Praktikum zur Netzplanung erweitert. An dieser Stelle möchte ich unsere neue Lehrbeauftragte, Frau Dr. Katrin Temmen, begrüßen, ihr viel Erfolg wünschen und mich bei allen Lehrbeauftragten bedanken; denn erst durch sie wird unser umfangreiches Lehrangebot ermöglicht.

Ich bedanke mich herzlich bei unseren Partnern aus den Unternehmen und Forschungseinrichtungen, der Deutschen Forschungsgesellschaft, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sowie dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur für die Unterstützung unserer Arbeiten. Zu guter Letzt darf ich Ihnen und uns ein erfolgreiches Jahr 2008 wünschen.

Braunschweig, im Dezember 2007



Michael Kurrat

## 1 Personelle Besetzung des Instituts - Staff (Stichtag 31.12.2007)

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. i. R. 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 Hodorf  Dr.-Ing. Katrin Temmen Warstein  Dr.-Ing. Harald Waitschat Braunschweig
Sekretariat:	Christine Nardmann
AG Energiesysteme:	Dr.-Ing. Ulrich Braunsberger  Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gunnar Bärwaldt Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Deppe Dipl.-Ing. Nassipkul Dyussebekova M. Sc. Nasser Hemdan Dipl.-Wirtsch.-Ing. Magnus Pielke
AG Materialien & Plasmen:	Dipl.-Ing. Michael Budde Dipl.-Ing. Arkadiusz Dziubek Dr.-Ing. Vladimir Ermel
AG Schaltgeräte:	Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening  Dipl.-Ing. Alexander Henning Dipl.-Ing. Florian Körner Dipl.-Ing. Alexandra Mutzke Dipl.-Ing. Thorsten Schrank Dipl.-Ing. Christian Wolf

Technische Angestellte: Norbert Schmidt  
Susanne Wahl  
Bernhard Wedler

Werkstattmitarbeiter: Kerstin Rach (Werkstattleiterin)  
Michael Biethan  
Frank Haake  
Klaus-Dieter Kozowsky  
Reinhard Meyer  
Dieter Pochwat

Auszubildende: Jenny-Sue Jabs

Folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2007 ausgeschieden:

Am 31.01.2007	Juri Leinweber
Am 28.02.2007	Hans-Jürgen Rietz
Am 31.03.2007	Dr.-Ing. Frank Gerdinand
Am 31.03.2007	Dipl.-Ing. Thomas Rüter
Am 31.08.2007	Dr.-Ing. Christian Schulz
Am 30.11.2007	Dr.-Ing. Tobias Braunsberger
Am 31.12.2007	Dietmar Obst

Folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2007 neu hinzugekommen:

Am 07.05.07	Dipl.-Ing. Christian Wolf
Am 09.05.07	M. Sc. Nasser Hemdan
Am 01.07.07	Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Deppe
Am 01.08.07	Jenny-Sue Jabs
Am 01.11.07	Dipl.-Ing. Thorsten Schrank
Am 01.11.07	Michael Biethan

Als wissenschaftliche Hilfskräfte waren seit dem 01.01.2007 tätig:

Carsten Brandes	Benjamin Johannsen	Julia Riß
Björn Bünsow	Martin Köther	Moritz Rosin
Marcus Bunk	Wolfram Kruschel	Bernd Schottel
Bastian Feige	Dominik Ludgen	Andreas Schulz
Stephan Goedecke	Johann Meisner	Orelia Struch
Ingo Gramberg	Lars Nehr Korn	Axel Wehner
Michael Hilbert	Torsten Otto	Eva Maria Witteler
Jan Janßen	Djurk Petersen	Stephan Wrede

## 2 Lehre - Lectures

### 2.1 Vorlesungen und Praktika - Lectures

#### **Professor Dr.-Ing. Michael Kurrat**

**Grundlagen der elektrischen Energietechnik<sup>1</sup>** (WS 07/08) 4 V, 1 Ü  
(gemeinsam mit Prof. Canders)

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

**Numerische Berechnungsverfahren** (WS 07/08) 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

**Rechnerpraktikum Numerische Berechnungsverfahren** (SS 07) 2 Ü

Die Studierenden üben an technischen Beispielen die Anwendung kommerzieller Programmsysteme zur Lösung partieller Differentialgleichungen 2. Ordnung (magnetische und elektrische Feldberechnung) sowie gekoppelter Differentialgleichungen 1. Ordnung.

**Plasmatechnik** (WS 07/08) 4 V

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

**Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauer<sup>2</sup>** (SS07) 4 V, 1 Ü

Im Arbeitsalltag sind die Bereiche Maschinenbau und Elektrotechnik eng miteinander verzahnt. Die Veranstaltung vermittelt daher das Wissen über grundlegende Zusammenhänge der Elektrotechnik, Berechnungsmethoden, Elektrische Energieversorgungssysteme und Betriebsmittel mit dem Ziel, die spätere interdisziplinäre Zusammenarbeit im Beruf zu erleichtern.

**Hochspannungstechnik I** (SS 07) 2 V, 1 Ü

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

---

<sup>1</sup>Pflichtveranstaltung für alle Studierenden der Elektrotechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens Elektrotechnik

<sup>2</sup> Pflichtvorlesung für alle Studierenden des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens Maschinenbau

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

### **Dezentrale Energiesysteme**

(WS 07/08) 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.

### **Übersichtspraktikum „Hochspannungstechnik“**

(WS 07/08) 3 L

### **Aufbaupraktikum „Hochspannungstechnik“**

(SS 07; WS 07/08) 2 L

### **Aufbaupraktikum „Innovative Energiesysteme“**

(WS 07/08) 2 L

### **Aufbaupraktikum „Analyse und Planung von Netzen mit NEPLAN“**

(SS 07) 2 L

### **Dr.-Ing. Ulrich Braunsberger**

#### **Energiewirtschaft im Wandel - Auswirkungen der Liberalisierung**

(SS 07) 2 V

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

### **Dr.-Ing. Katrin Temmen**

#### **Hochspannungstechnik II**

(WS 07/08) 2 V, 1 Ü

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

Übersicht zur Erzeugung hoher Spannungen im Prüffeld • Beschreibung und Berechnung von Systemen zur Messung hoher Spannungen im Prüffeld • Überblick zur Erzeugung hoher Stoß- und Kurzzeitströme im Prüffeld • Grundlagen der

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

**Dr.-Ing. Harald Waitschat**

**Elektrische Energiewirtschaft und Kraftwerke** (WS 07/08) 2 V

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

**Dr.-Ing. Hartmut Knobloch**

**Wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik** (WS 07/08) 2 V

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.

**Dr.-Ing. Gerald Newi**

**Innovative Energiesysteme** (SS 07) 2 V

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.

**Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening**

**Elektrische Energieanlagen I** (SS 07) 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 07/08) 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.

## 2.2 Studienseminare – Student Lectures

Florian Behme	CO <sub>2</sub> -Ausstoß in Deutschland - Stand und Ausblick
Olivia Fohtung	Informationsflussdarstellung von dezentralem Energiemanagement
Ingo Gramberg	Anforderungen der Windenergie an das Netz
Michael Hilbert	Redox-Flow Batterien
Martin Köther	300 V DC Schaltgeräte
Dominik Ludgen	Energieverbrauch von Ein- und Mehrfamilienhäusern in der Zukunft im Vergleich
Björn Thiele	Übertragungstechniken für die Anbindung von Offshore-Windparks
Christian Wolf	ITER – Kernfusion in Europa

## 2.3 Studienarbeiten - Student Research Projects (Bearbeitungszeit 10 Wochen)

Ajmal Aqsa	Experimentelle Untersuchung dielektrischer Kennwerte und TE-Aktivität von feuchtigkeitsgealterten Isolierstoffen (Budde)
Florian Behme	Experimentelle Untersuchung dielektrischer Kennwerte und TE-Aktivität von künstlichen Hohlräumen (Budde)
Sören Brüggemann	Entwicklung und Inbetriebnahme einer Pulsgeneratorsteuerung (Wilkening)
Björn Bünsow	Entwicklung einer variablen thermischen Last für einen Mini-Blockheizkraftwerk-Versuchsstand (Schulz)
Amel Bent Youssef Charni	Elektrische Charakterisierung der Mikrofluidik-Komponenten und Teilentladungen in Mikrostrukturen (Dziubek)
Kai Glemnitz	Analyse der Veränderung des Einspeiseverhaltens eines Windparks durch Ergänzung Elektrolyseur und BHKW (Bärwaldt)
Michael Hilbert	Charakterisierung der Koronabelastung von Isolierstoffen (Braunsberger, T.)
Henk Horstmann	Analyse und Ermittlung von Potenzialen für KMU im Zusammenschluss zu Unternehmenskooperationen am Beispiel des KIM e.V. (Pielke)
Marina Jankowski	Innovatives Energieversorgungskonzept (Schulz)
Jan Janßen	Einfluss der Gasart auf die Barrierenentladungen in Mikrofluidikkomponenten (Dziubek)
Thomas Liptay	Unbundling im Netzmanagement (Pielke)
Tatiana Prost	Einsatz eines atmosphärischen Plasmaverfahrens zur Oberflächenmodifizierung von Mikrostrukturen (Dziubek)
Nico Richter	Vergleich der internationalen Verfahrensansätze einer Anreizregulierung und den Auswirkungen auf die Netzbetreiber (Pielke)
Malek Ben Mongi Saied	Elektrische Charakterisierung der Mikrofluidik-Komponenten und Teilentladungen in Mikrostrukturen (Dziubek)

Thorsten Schrank	Elektrothermische Simulation einer Stromabnehmerplatte für den Anschluss von Brennstoffzellen (Mutzke)
Philipp Stöber	Analyse der Wirtschaftlichkeit verschiedener Betriebsweisen von Mini-BHKW (Pielke)
Thorsten Stoppelkamp	Erarbeitung des Praktikums „Innovative Energiesysteme“ (Schulz)
Björn Thiele	Entwicklung einer Versuchsroutine für einen Mini-BHKW-Versuchsstand (Schulz)
Patrick Thomsen	Generierung probabilistischer Haushaltslastprofile unter Berücksichtigung der VDEW-Lastprofile (Bärwaldt)
Axel Wehner	Wirtschaftlicher Einsatz von HTS-FCL in Energieversorgungsnetzen (Henning)
Christian Wolf	Modellerstellung für Barrierenentladungen in Mikrohohlräumen (Dziubek)
Lia Zhu	Potenzial regenerativer Brennstoffe in der Region Braunschweig (Bärwaldt)

## 2.4 Diplomarbeiten – Diploma Thesis (Bearbeitungszeit 6 Monate)

Michael Blaz	Aufbau einer Versuchsanlage zur Messung der kritischen Größen eines Supraleiters (Henning)
Sören Brüggemann	Analyse von Versorgungsnetzstrukturen bei dezentraler Erzeugung (Pielke)
Benjamin Deppe	Analyse und Fortentwicklung des Energiebeschaffungsprozesses eines Energieversorgungsunternehmens (Bärwaldt)
Heiko Emmermann	Chancen- und Risiken-Bewertung von Objekt- und Arealnetzen für regionale Energieversorger (Pielke)
Jan Kulesa	Versorgungsqualität als wirtschaftliche Kenngröße (Pielke)
Dominik Ludgen	Entwurf eines Algorithmus zur Erstellung von Day-Ahead-Fahrplänen für den Verbundbetrieb von Mini-BHKW in Mehrfamilienhäusern (Schulz)
Patrick Pias	Konzeptstudie einer Netzstrategie zur Effizienzsteigerung in der leitungsgebundenen Energieversorgung unter Berücksichtigung der zukünftigen Qualitätsregulierung (Pielke)
Christian Raab	Abbildung und Simulation eines netzorientierten Energiemanagementsystems (Bärwaldt)
Thorsten Schrank	Aufbau und Inbetriebnahme einer Versuchseinrichtung zur technologischen Weiterentwicklung von Überspannungsableitern (Wilkening)
Patrick Thomsen	Erweiterung eines probabilistischen Ansatzes zur Bestimmung von individuellen Haushaltslastprofilen (Bärwaldt)
Waldemar Weber	Aufbau und Inbetriebnahme einer Versuchseinrichtung zur Entwicklung von Niederspannungs-DC-Schaltgeräten (Wilkening)

### **3 Berichte aus Forschung und Entwicklung - Abstracts on Research Projects**

#### **3.1 Kurzberichte aus laufenden Forschungsvorhaben - Abstracts on Research Projects**

##### **3.1.1 Arbeitsgruppe Energiesysteme - Working Group Energy Systems**

###### **Speichersystem zur Veredelung von Erneuerbarer Energie**

Gunnar Bärwaldt

Der Ausbau von Windenergie- und Photovoltaikanlagen ist auch im zurückliegenden Jahr gefördert durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) vorangetrieben worden. Da die Förderung einzig auf die Quantität der Erneuerbaren Energieerzeugung und nicht auf die Qualität abzielt, werden somit auch die stochastischen Fluktuationen der Energieerzeugung zunehmen. Abhilfe könnte hier eine Veredelung des erzeugten Stromes durch ein Speichersystem schaffen.

Auf Basis einer ersten Abschätzung zur Dimensionierung eines Speichersystems für einen Windpark wurde ein elektrischer Energiespeicher für den Einsatz im Haushalt ausgelegt, beschafft und steht dem Institut nun zu Forschungszwecken zur Verfügung. Herausforderung war es, die Komponenten derart anzusprechen, dass der Bezug elektrischer Energie zeitlich vom Verbrauch entkoppelt werden kann. Gleichzeitig konnten so die stochastischen Fluktuationen der Energieerzeugung durch die Photovoltaikanlagen ausgeglichen und somit vom Netz fern gehalten werden. Diese Veredelung wird anhand Abbildung 1 illustriert. Zu sehen sind die Systemkomponenten PV-Erzeugung, Verbraucher, Netzanbindung und elektrischer Energiespeicher. Deutlich zu erkennen sind die gelben rechteckförmigen Verläufe des Energiebezugs und der Unterschied zum stark schwankenden Verlauf der zu erwartenden Energieflüsse ohne Speichersystem.

Das untersuchte System ist ferner in der Lage, durch ein gezieltes Lademanagement den Vorgaben des Netzbetreibers entsprechend zu einer bestimmten Zeit und in einer bestimmten Höhe elektrische Energie zu beziehen. Diese netzorientierte Betriebsweise wurde schon beim Betrieb von Mini-Blockheizkraftwerken diskutiert und erlaubt auch hier eine optimale Auslastung der Betriebsmittel und somit einen effizienteren Netzbetrieb.

Nachdem der technische Nutzen und die Einsatzmöglichkeiten experimentell und durch Simulation untersucht wurden, bleibt zu diskutieren, unter welchen Rahmenbedingungen der Betrieb solcher Systeme auch wirtschaftlich lohnend ist – und für wen.

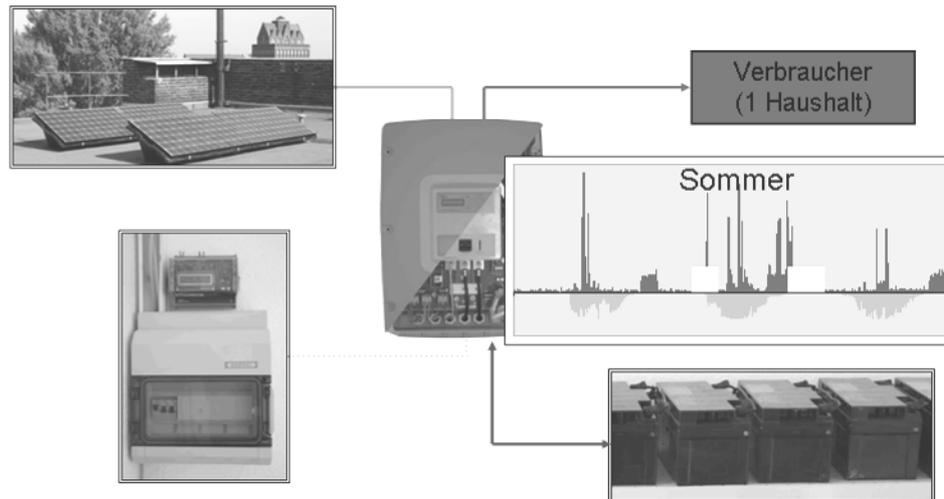


Bild 1: System für den experimentellen Veredelungsprozess  
 Figure 1: System for an experimental improvement-process

### Storage system to improve renewable energy production

Gunnar Bärwaldt

The development of wind and photovoltaic energy production went on during the last year, still driven by the “Act on Granting Priority to Renewable Energy Sources” (Erneuerbare Energien Gesetz – EEG). As a matter of fact, the EEG focuses on the quantity of produced energy only and not on the quality. Thus, the stochastic fluctuations of wind power production will rise. To come along with this, one could use storage systems to improve the power quality.

Based on a first approach of dimension a storage system for a wind farm, a smaller energy storage for the use in households has been designed, installed and is now available for research purposes. The major challenge has been to decouple delivery and consumption of electrical energy but now we are able to analyse the systems behaviour and to impact the energy flow out of the distribution system. As it is illustrated with figure 1 the fluctuations from photovoltaic and consumer have no longer any impact on the network.

In addition the system is able to react on external input by the system operator for example. Volume, moment and duration of energy delivery can be influenced to establish a grid-oriented operating method. This method has been discussed in conjunction with the integration of micro CHP units and allows an optimal utilisation of assets.

After investigating the technical benefit and the possible areas of application in an experimental and simulated way it is to discuss, under which conditions the economy of the whole system is given.

## Neue Vorlesung – neue Form: eLearning „Dezentrale Energiesysteme“

Benjamin Deppe

Mit Beginn des Wintersemesters 2007/2008 wird an dem Institut eine neue Vorlesung mit dem Titel „Dezentrale Energiesysteme“ angeboten. Dabei ist neben der Vorlesung auch die Form der Erstellung und Präsentation neu. Erstellt wird die Vorlesung gemeinsam von der TU Braunschweig, der TU Clausthal und der Uni Oldenburg. Somit steht sie auch allen Studenten an den genannten Universitäten zur Verfügung und ermöglicht einen breiteren Wissensaustausch. Durch diese Art der Vorlesung ist es möglich, den Studenten in Braunschweig Vorlesungsinhalte aus der Energiewirtschaft mit einem Hintergrund aus der Informatik bieten zu können. Gleichzeitig können den Studenten in Oldenburg elektrotechnische Grundlagen vermittelt werden, die für das Verständnis der dezentralen Energiesysteme notwendig sind.

Die Vorlesungsinhalte werden den Studenten in Form von Vorlesungsaufzeichnungen über das Internet vermittelt. Ergänzt wird diese Vermittlung durch alt bekannte Übungen, die an jeder Hochschule durch einen Betreuer gehalten werden. Diese Form der Lehre wird als Blended-Learning bezeichnet. Dabei werden die Vorlesungen vorab aufgezeichnet und dann den Studenten zur Verfügung gestellt. Durch dieses Vorgehen werden die Terminpläne der Dozenten und der Studenten entlastet. Der Dozent kann die Vorlesung halten, wenn es sein Terminplan zulässt, ohne regelmäßige Vorlesungen zu halten. Die Studenten können sich ebenso die Vorlesung ansehen, wenn es ihr Stundenplan zulässt ohne Überschneidungen befürchten zu müssen.

Aus Braunschweig werden zu der Vorlesung die Themengebiete Energietransport, Energiespeicher, Prognose des Energieverbrauches wirtschaftliche Aspekte sowie Erkenntnisse aus aktueller Forschung und ein Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen beigeleitet. Aus Clausthal kommen Beiträge zu der Energieerzeugung, Lastflussrechnungen, Energiespeicher sowie ebenfalls Erkenntnisse aus aktueller Forschung sowie eine zentrale Übung, bei der die Studenten einen Energiepark steuern sollen. Oldenburg liefert Beiträge aus dem Bereich der Informatik, dabei insbesondere IT-Lösungen für die Vorhersage des Energieverbrauches sowie Grundlagen der Informationstechnologie.

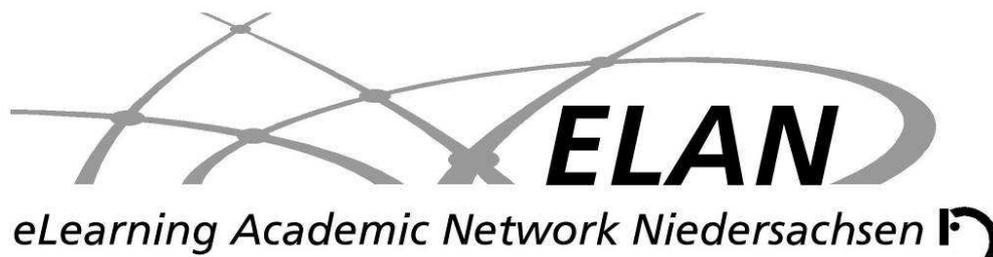


Bild 1: Logo des ELAN-Projektes des Landes Niedersachsen  
Figure 1: ELAN project logo

Gefördert wird dieses Vorlesungskonzept vom Land Niedersachsen im Rahmen des ELAN III (eLearning Academic Network) Projektes. Diese dritte und letzte Phase baut auf den

Vorgängerprojekten auf, in denen die Hochschulen bei der Bereitstellung entsprechender Infrastrukturen unterstützt wurden.

### **New eLecture „Distributed Energy Systems“**

Benjamin Deppe

With the new semester, we will offer the new lecture „Distributed Energy Systems“. This lecture is created by the TU Braunschweig, TU Clausthal and University of Oldenburg. The referent will be recorded, and the students can view the lecture, when ever they want. The lecture is aided by the ELAN (e-learning Academic Network) project of Lower Saxony.

### **Vergleich gemessener und simulierter elektrischer Lastgänge für einen Niederspannungsnetzbezirk**

Nassipkul Dyussembekova

Die in Kraftwerken erzeugte elektrische Energie wird über ein Netz aus miteinander verbundenen Übertragungs- und Verteilungsleitungen zu den Verbrauchern übertragen. Diese Netze sind bei ihrer Errichtung in ihren Komponenten so ausgelegt, dass die vorgeschriebenen Toleranzen hinsichtlich der Spannungshöhe und geringer Spannungsverluste eingehalten werden. In einem solchen Netzbezirk ändert sich jedoch im Laufe der Zeit die Verbrauchsstruktur. Es ergibt sich ein anderes Verbrauchsverhalten durch die Veränderung der Verbraucheranzahl oder durch das Einfügen neuer Komponenten, wie z. B. Blockheizkraftwerke. In solchen Fällen ist es vorteilhaft, wenn man auf einfache Weise bestimmen kann, ob das vorhandene Netz immer noch die erforderliche Versorgungsqualität aufweist.

Diese Möglichkeit sollte exemplarisch an einem bekannten Netzbezirk erprobt werden. Dazu eignete sich in besonderer Weise ein begrenztes Siedlungsgebiet, von dem die Verbrauchsdaten während eines ganzen Jahres aufgezeichnet vorlagen. Dazu wurden aus der kartographischen Darstellung des Netzbezirks, die für die elektrische Simulation benötigten Daten ermittelt und für das in dieser Arbeit verwendete Netzberechnungsprogramm NEPLAN aufbereitet.

Das gesamte untersuchte Netz besteht aus 5 Umspannstationen und der Verkabelung von bis zu 471 Hausanschlüssen mit insgesamt 693 Zählern. In diesem Netzbezirk wurden im Jahr der Messung 2.676.954 kWh elektrische Energie verbraucht. Die Besonderheit dieses Netzbezirks ist das Vorhandensein von Nachtspeicherheizungen in einem Teil der Wohnungen.

Als ersten Schritt zur Beurteilung der Brauchbarkeit des Simulationsprogramms wurden Lastflussberechnungen unter Berücksichtigung der Lastprofile des VDEW für jede Jahreszeit (Winter, Sommer und Übergangszeit) und für unterschiedliche Wochentage (Werktag, Samstag und Sonntag) durchgeführt. Beispielhaft für die erhaltenen Ergebnisse sind in den Bildern 1 und 2 die Lastflüsse dargestellt, wie sie an einem Wintertag für Hausanschlüsse ohne und mit Nachtspeicherheizung ergeben. Die Anzahl der Anschlüsse bei jeder Verbrauchergruppe betrug ca. 100; für die Diagramme wurden die Daten auf jeweils einen

Hausanschluss umgerechnet. Man erkennt eine prinzipielle Übereinstimmung der Verläufe von gemessenen und errechneten Werten.

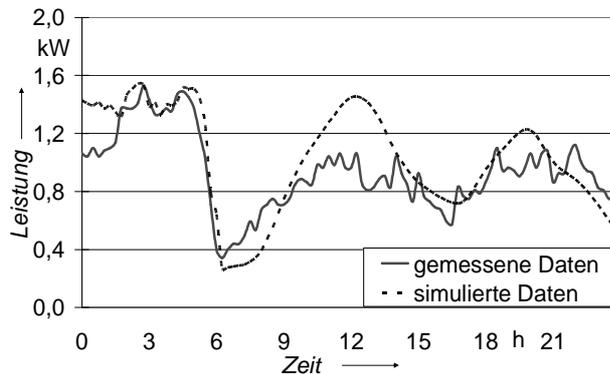


Bild 1: Vergleich der gemessenen und simulierten Daten für eine Wohneinheit mit Nachtspeicherheizung

Figure 1: Comparison of the measured and simulated data with off-peak storage heating

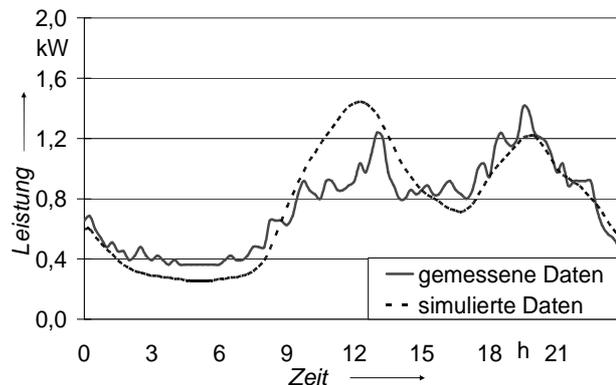


Bild 2: Vergleich der gemessenen und simulierten Daten für eine Wohneinheit ohne Nachtspeicherheizung

Figure 2: Comparison of the measured and simulated data without off-peak storage heating

### Comparison between measured and simulated electrical load-trends for a low-voltage area

Nassipkul Dyussebekova

From the cartographical description of the grid area, the technical data needed for simulation were acquired and prepared for the power-line simulation software NEPLAN.

The electrical data and characteristics of electrical components were used as input data for the simulation software NEPLAN. Thereby the voltage levels for individual nodes were determined. To evaluate the simulation software the power-flow calculations considering the load-profiles for each season (winter, summer, transitional period) and for different week-days (working-day, Saturday and Sunday) were done. The special feature of this district is the off-peak storage heating. The results of the simulation and measured data are compared in Figure 1 and 2. There is a good accordance between measured and calculated data for different accommodation units for both with and without off-peak storage heating.

### Strategien zur wirtschaftlichen Netzoptimierung

Magnus Pielke

Die Verabschiedung der Anreizregulierung im September 2007 beschließt eine neue Form der Netzentgeltgenehmigung und damit eine neue Basis für das Wirtschaften der Netzbetreiber. Die Regulierungsformel sieht eine Reduktion der Netzentgelte gemäß einem Produktivitätsfortschritt und einem Abbau von Ineffizienzen vor. Die Identifizierung von Ineffizienzen erfolgt über einen Effizienz-Benchmark mit anderen Netzbetreibern. In den

ersten beiden Regulierungsperioden von 2009 bis 2014 und von 2014 bis 2019 sind diese Ineffizienzen abzubauen.

Spätestens zur zweiten Regulierungsperiode soll zur Wahrung der Versorgungsqualität trotz erhöhten wirtschaftlichen Drucks eine Qualitätsregulierung mit aufgenommen werden. Bestandteil der Qualitätsregulierung sind Sicherheit, Produktqualität, Zuverlässigkeit und Service, während in der derzeitigen Diskussion der Fokus auf die Zuverlässigkeit gelegt wird. Die Zuverlässigkeit kann dabei über die DISQUAL-Kenngrößen SAIDI (System Average Interruption Duration Index), SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), ENS (Energy not supplied) und VoLL (Volume of lost load) abgebildet werden.

Um Investitions- und Instandhaltungsstrategien dem neuen Rechtsrahmen anzupassen, ist eine Abbildung der Regulierungskonzepte für die eigene Unternehmung unerlässlich. Hierzu wird anhand von Modellen das Qualitätselement der Regulierungsformel nachgebildet und liefert die Einordnung der Unternehmung in den Qualitätsvergleich. Damit kann ein Rückschluss auf die wirtschaftlichen Auswirkungen getroffen werden. Anhand der Analyse der Einzelkennwerte können bereits vereinfacht Optimierungspotenziale identifiziert werden.

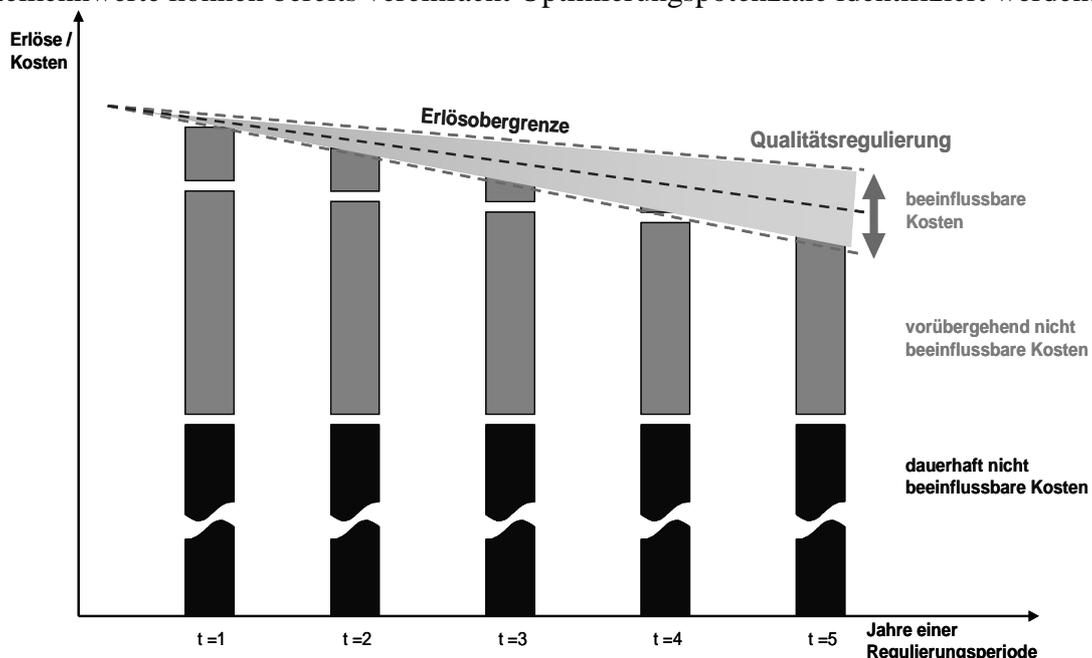


Bild 1: Schematischer Verlauf der regulierten Erlösobergrenze und Netzkosten

Figure 1: Schematic developing of regulated earnings and grid costs

## Strategy for an economic grid optimisation

Magnus Pielke

In September 2007 the incentive regulation of network operators is passed which fixes a new kind of grid-usage fee regulation. So network operators have to handle with a legal framework which applies a new orientation of economical behaviour. The model of the regulation aims a reduction of grid-usage fees depending on the production effectiveness on the one hand and efficiency of the network operator on the other hand. The identification of inefficiency will be figured out by efficiency benchmarks with comparable network operators.

These inefficiencies have to be eliminated during the first two periods of regulation with durations of five years each.

At the latest a quality regulation saving the quality of supply will be installed to the beginning of the second period of regulation in 2014. This regulation is built by four parts: safety, product quality, reliability and services. At the moment the main part of the regulation is the reliability. This will be measured by DISQUAL-data SAIDI (System Average Interruption Duration Index), SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), ENS (Energy not supplied) and VoLL (Volume of lost load).

Optimizing the investment and maintenance-strategies for the new legal framework is very important. Therefore the regulation concept will be represented in a model to figure out the standing of the company in the quality comparison. With this analysis the comparison of the different data may show potentials for optimizations.

### 3.1.2 Arbeitsgruppe Materialien & Plasmen – Working Group Materials and Plasmas

#### Korona- und Ozonbelastung mit einem 31-Nadel-Elektroden-System

Tobias Braunsberger

Um die mechanischen, chemischen und elektrischen Beanspruchungen für Silikonisolatoren in einem Prüfverfahren zu verbinden, werden im Rahmen eines Rundversuchs der CIGRE Working Group D1.14 „Material properties for non ceramic outdoor insulation“ in Zuarbeit für die IEC die Auswirkungen von Korona und Ozon auf Werkstoffe für Freiluftisolatoren untersucht. Die Belastungsanordnung besteht aus einer Hochspannungs-Elektrode mit 31 Nadeln, siehe Bild 1. Die Prüflinge werden mechanisch gedehnt wodurch eine Beanspruchung aus den drei verschiedenen Belastungsarten elektrisch (Korona), chemisch (Ozon) und mechanisch (Verspannung) resultiert. Die Versuche mit Ozonbildung laufen in einem Exikator unter sehr trockener Luft ab, außerdem kann ein ständiger Luftfluss injiziert werden.

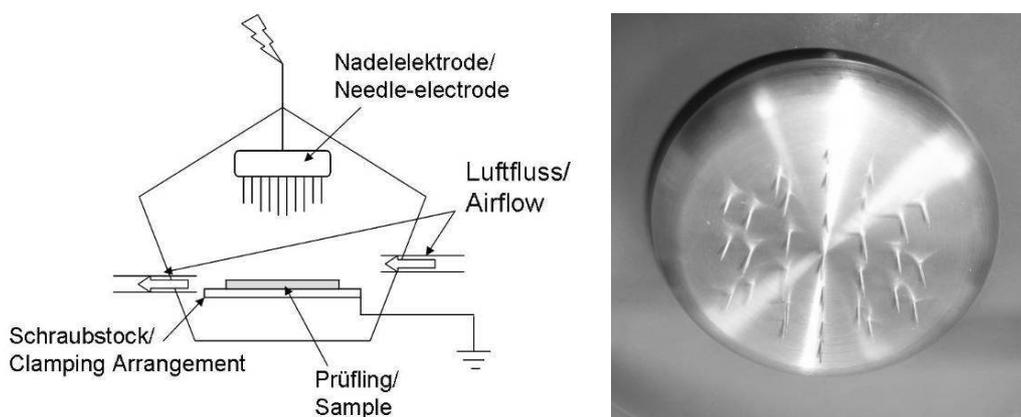


Bild 1: Versuchsaufbau des Korona-und-Ozon-Versuchs und Nahansicht der Hochspannungselektrode mit 31 Nadeln

Figure 1: Set-up of the corona-and-ozone test and close view of the high voltage electrode equipped with 31 needles

Zum einen wird die Teilentladungsenergie der Koronaentladung während der Belastungsdauer ermittelt, um die Mechanismen der Ozonentstehung unter Korona und somit Materialschädigung genauer bestimmen zu können.

Zum anderen werden die zu untersuchenden Silikonprüflinge vor und nach der Belastung verschiedenen Bewertungsmethoden unterzogen, um die Beständigkeit des Materials gegenüber dieser kombinierten Beanspruchung darstellen zu können. Hierzu gehören die Untersuchung des Oberflächenwiderstandes über ein Frequenzspektrum von 10 Hz bis 2 MHz, die Ermittlung des dielektrischen Verlustwinkels und die Beurteilung der Hydrophobie durch Randwinkelmessung. An einigen Prüflingen entstehen mit bloßem Auge erkennbare Risse ( $>500\ \mu\text{m}$ ). Bild 2 zeigt die nicht belastete bzw. die 100 Std. belastete Oberfläche einer Prüflingsplatte in einer Mikroskopaufnahme. Die Risse senkrecht zur Wirkungsrichtung der Zugspannung (im Foto von links nach rechts) sind breiter.

Während der Belastung des Prüflings entstehen an den Nadeln der Hochspannungselektrode feine Verästelungen eines Zersetzungsproduktes. Die geplante Untersuchung dieses Stoffes soll ebenfalls Erkenntnisse liefern zu den Vorgängen während der Belastung.

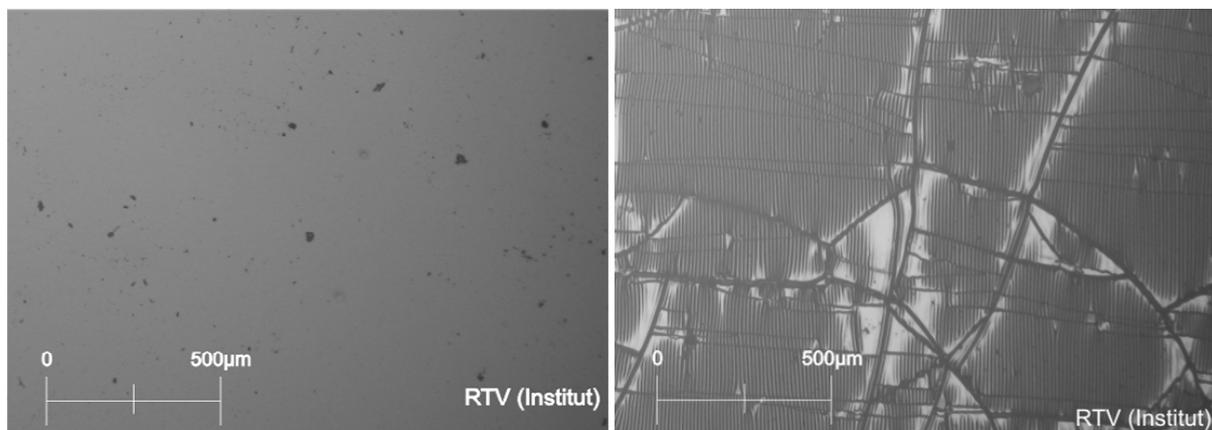


Bild 1: Mikroskopaufnahmen eines Prüflings vor und nach 100 Stunden Belastung  
Figure 1: microscopic views of a surface before and after 100 hours treatment

### **Corona and ozone stress provoked by a 31-needle-electrode system**

Tobias Braunsberger

In the cadre of the round-robin-test inside the CIGRE working group D1.14 the effects of corona and ozone on materials for outdoor insulation is tested. The experimental arrangement consists of a high voltage electrode with 31 needles to provoke corona. The specimens are mechanically elongated during the experiments which proceed at very dry air. There is a possibility of a permanent flow of dry air inside the test cell. See Figure 1.

The partial discharge energy of the corona discharges is measured during the experiments to determine the mechanisms of ozone generation during corona and the resolving material degradation.

The treated samples are subject to various evaluation methods before and after the stress periods to determine the material's resistance against this combined electrical, chemical and

mechanical stress. Therefore, surface resistance, dielectric loss factor as well as hydrophobicity (contact angle) are measured. On some samples cracks can be seen by the naked eye. Figure 2 shows microscopic views of a sample surface before and after an 100-hour-treatment. The cracks vertical to the mechanical tension are wider. During the stress period, the needles show some kind of material accumulation which shall also be subject to investigation.

## Teilentladungsdiagnose von Mikrohohlräumen in Epoxidharzisolierungen und ihre Modellierung

Michael Budde

Die Zustandbewertung einer elektrischen Isolierung findet im allgemeinen mit integralen Verfahren oder aber mit Teilentladungsmessungen statt, die die lokalen und begrenzten Defekte eines Materials auffinden können. Mit solchen diagnostischen Messungen werden unterschiedliche Ziele verfolgt: neue Isolationssysteme werden auf ihre Tauglichkeit überprüft oder aber sie betreffende Entwicklungsprozesse werden optimiert.

Für die zustandsorientierte Wartung und Instandhaltung gewinnt die Teilentladungsanalyse ebenso eine immer größere Bedeutung, weil die Auswertung der Messresultate es zulässt, die Wartungs- und Instandhaltungskosten direkt auf die beteiligten Betriebsmittel zu fokussieren. So können die Gesamtkosten über die Lebensdauer des Betriebsmittels wesentlich verringert werden.

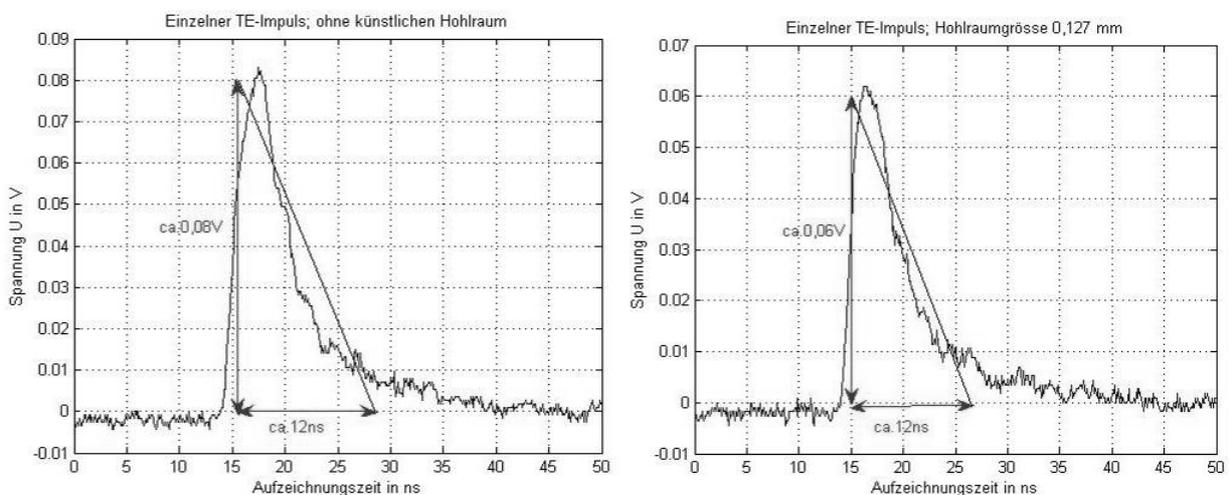


Bild 1: Einzelner Teilentladungsimpuls eines natürlichen (links) und eines künstlich geschaffenen Mikrohohlraums (rechts).

Figure 1: Single PD pulse of a natural (left) and an artificially created micro cavity (right).

Weitere Fragen, die in diesem Zusammenhang aufgeworfen werden, sind die, ab welcher Größe Mikrohohlräume mit moderner Teilentladungsmesstechnik noch detektierbar sind und welchen Einfluss die Mikrohohlraumgröße und damit die Teilentladungsintensität auf das Altern und/oder die Zerstörung der Isolierung hat. Ein weiterer Aspekt dieses Projekts sind die negativen Effekte der feuchtigkeitsinduzierten Alterung, die alle Materialeigenschaften betreffen und diese deutlich verschlechtern. So werden z.B. die dielektrischen Werte

(dielektrischer Verlustfaktor, relative Permittivität) durch eindringende Feuchtigkeit erhöht und erzwingen eine zusätzliche Feldverdrängung aus dem Epoxidharz in die Mikrohohlräume mit geringerer Permittivität, die wiederum die Teilentladungsintensität befördern. Das heißt, dass schon zuvor TE-aktive Hohlräume höhere TE-Pegel aufweisen bzw. bisher noch nicht aktive Hohlräume die Einsatzbedingungen überschreiten können.

### **Partial discharge diagnostics of micro cavities in epoxy insulating materials and their modelling**

Michael Budde

The state evaluation of an electric insulation using diagnostic measuring technique generally takes place with integral procedures or with partial discharge measuring and analysis technology, which can detect local and limited defects. With such diagnostic measurements different goals are pursued: new insulating systems are examined in order to judge their suitability in the context of development processes regarding the adopted new materials, production technologies or construction principles. For the condition-oriented maintenance and service partial discharge measurement and analysis got more and more important, because evaluation of the measurement results allows focussing the maintenance costs directly at the concerned operating facilities. Thus the life cycle costs can be substantially reduced with increased process security.

In this contribution exemplary specimens of mineral filled epoxy resin are measured and evaluated by partial discharge intensities. Thereby possible cavity sizes are related to the partial discharge intensity. The gas discharge process, which appears during a partial discharge, is well-known for larger cavities (starting from 1 mm in diameter). This knowledge must be examined regarding their transferability for naturally and artificially produced micro cavities (fig. 1). Here the question arises, starting from what size on micro cavities with modern partial discharge measuring methods are to be detected and starting from which order of magnitude (height of apparent charge, diameter) they are relevant for aging and/or destruction of the insulator.

The negative effects of humidity-induced aging concern all material properties, e.g. dielectric values (dielectric loss factor, relative permittivity) degrade and enforce the field displacement from the epoxy resin into the micro cavities with less permittivity. The measurements of artificial micro cavities pursue the aim to show similar PD levels like the ones mentioned before. Additionally, the process of field displacement by humidity-aging is also shown.

### **Innenbehandlung von Mikrofluidik-Komponenten mit Atmosphärendruck-Plasmen**

Arkadiusz Dziubek

In dem Projekt Mikroplas (Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut und weiteren industriellen Projektpartnern) finden die zur Behandlung von großen Oberflächen bekannten Methoden im Mikrobereich ihre Anwendung. Die Barrieren-Entladungen bei Atmosphärendruck, die die Oberfläche der Substrate verändern, werden hier für die Modifizierung der inneren Oberflächen von gekapselten Mikrofluidik-Komponenten eingesetzt (Bild 1).

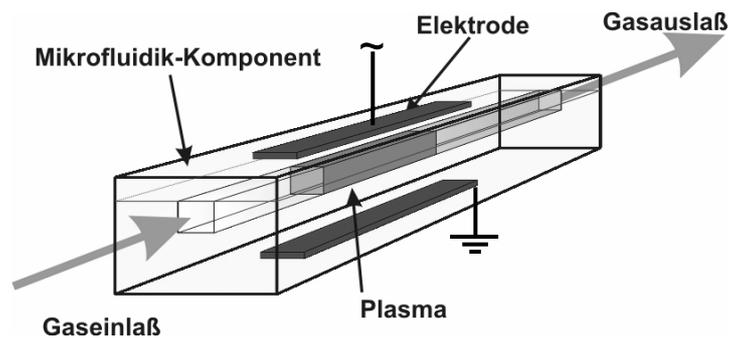


Bild 1: Prinzip der Behandlung der Mikrofluidik-Komponenten mit Atmosphärenplasma  
 Figure 1: Schematics of the plasma treatment of microfluidic-component at atmospheric pressure

Mikrofluidik ist ein Gebiet der Mikrosystemtechnik, das sich mit der Handhabung geringster Volumina von Fluiden befasst. Bei der Nutzung des Kapillaritätseffektes transportieren die Mikrofluidik-Komponenten kleinste Volumina von Flüssigkeiten.

Die Mikrofluidik-Komponenten werden auf vielen Gebieten wie in der medizinischen Diagnostik (Analyse von DNA und Proteinen) der Wirkstoffforschung (Entwicklung neuer Medikamente) und der Chemie (Mikroreaktoren, -dosiersysteme, -ventile) eingesetzt. Im Allgemeinen liegt der große Vorteil von Mikrofluidik-Komponenten in sehr kleinen Volumina von Testflüssigkeiten, also werden sehr kleine Mengen von Reagenzien benötigt. Außerdem ist das Reaktionstempo sehr schnell. Die Querschnittsabmessungen der Transportkanäle (Kapillaren) liegen bei einigen 100  $\mu\text{m}$ .

Normalerweise werden die Oberflächeneigenschaften auf der Gesamtlänge der Kanäle einheitlich verändert, z.B. werden die Kanäle hydrophilisiert. Für einige Anwendungen ist es aber nötig, die Behandlung auf einen möglichst kleinen Bereich im Kanal zu begrenzen. Dadurch ist es möglich z.B. einen hydrophoben Stopp in einem ansonsten hydrophilen Kanal zu erzeugen.

Mit dem Einsatz von 2-Draht-Elektroden, die senkrecht zum Kanal positioniert sind, wurde die Ausbreitung der Entladung auf einen Abschnitt von etwa 1,5 mm begrenzt. Eine deutliche Verbesserung und Begrenzung der Entladung wurde durch den Einsatz einer Mehrelektroden-Anordnung (Bild 2a) erreicht.

Die Geometrie der Elektroden wurde mit Hilfe eines Feldberechnungsprogramms optimiert. Die Entladung wird dabei auf eine Länge von weniger als 1 mm begrenzt. Das Bild 2b zeigt die Lichterscheinung einer Entladung in dem optimierten Reaktor. Die besten Ergebnisse wurden für Gasgemische mit 50% Helium und 50% Stickstoff sowie 50% Argon und 50% Stickstoff erreicht.

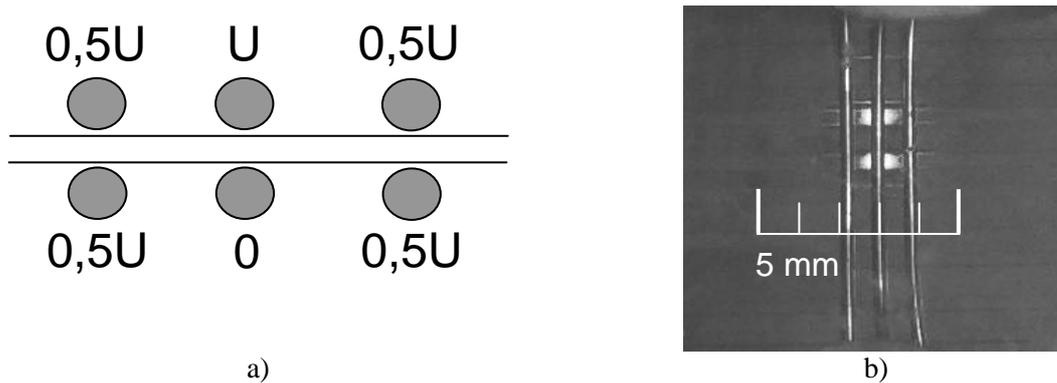


Bild 2: a) Schematische Darstellung der 6-Elektroden-Anordnung zur Erzeugung der lokalen Behandlung b) Lichterscheinung einer räumlich begrenzten Entladung (50% Helium und 50% Stickstoff,  $U_{\text{ampl}} = 13 \text{ kV}$ )

Figure 2 a) Schematics of 6-electrode arrangement used for local treatment of the channel.  
 b) Lightening of the area limited discharge (50% Helium and 50% Nitrogen,  $U_{\text{ampl}} = 13 \text{ kV}$ )

Danksagung: Wir danken dem BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) und den Projektpartnern für die finanzielle Unterstützung.

### Treatment of the sealed microfluidic-components with atmosphere-pressure plasma

Arkadiusz Dziubek

In the Microplas project (cooperation with Fraunhofer Institute and industrial project partners) the methods used for treatment of large surfaces are applied in micro-dimensions. The dielectric barrier discharges (DBD) at atmospheric pressure, which change the surface properties of the substrate, are used for treatment of the inner surfaces of sealed microfluidic-components (figure 1).

Microfluidic belongs to the area of micro system engineering dealing with applications of smallest fluid amounts. The microfluidic-components transport the fluids using capillarity forces. They are applied, for example, for medical diagnostic (DNA analyses), drugs research (design of new drugs) and chemistry (micro reactors, dosing systems). The small volumes of required test fluids used for experiments and the time of reaction are big advantages of microfluidic-components. The dimension of the cross-section of the transportation channels are about some  $100 \mu\text{m}$ . Typically the whole surface of the micro-channels is treated by plasma. But for some applications treatment of the micro-channel has to be limited to small areas only. It could be used to get a hydrophobic stop in the hydrophilic channel.

Using a two-electrode arrangement it was possible to limit the discharge in the channel to about  $1.5 \text{ mm}$ . Enhancement was achieved using a six-electrode arrangement (figure 2a). The reactor was optimised by using a field calculation program. Discharges could be limited to the length smaller than  $1 \text{ mm}$  (figure 2b). For gas mixtures 50 % Helium with 50 % Nitrogen and 50 % Argon with 50 % Nitrogen the best results were achieved.

Acknowledgements: We thank the BMWI (German Federal Ministry of Economics and Technology) and the project partner for their financial support.

## Entwicklung von Barrierenentladungen in Mikrohöhlräumen

Vladimir Ermel

Die Zündung eines Plasmas in einem Mikrohohlraum modifiziert eine dielektrische Oberfläche. Anhand der Gasart und Zündungsbedingungen entstehen raumverteilte Mikroflächen, deren Oberflächenspannung gezielt verändert werden kann.

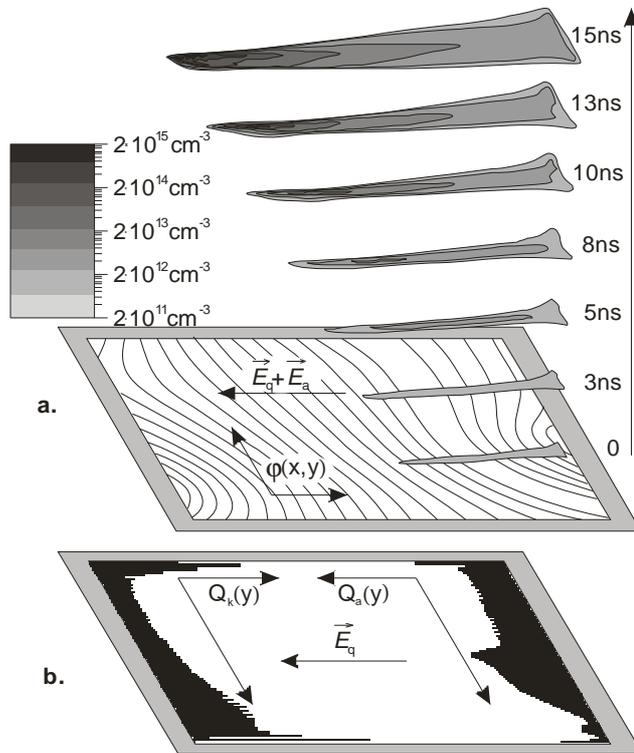


Bild 1: Entwicklung einer Entladung im Mikrohohlraum, (a) Raumverteilung der Elektronendichte einer sich ausbreitenden Entladung im inhomogenen Feld  $\phi(x,y)$  der geladenen Oberflächen und der Plattenelektroden, (b) Aufladung der dielektrischen Barrieren der Kathode  $Q_k(y)$  und Anode  $Q_a(y)$

Figure 1: Development of a micro discharge in the cavity, (a) space distribution of the electron density of a spreading micro discharge in the inhomogeneous field  $\phi(x,y)$  loaded surfaces and plate electrodes, (b) loading of the dielectric barriers of the cathode  $Q_k(y)$  and anode  $Q_a(y)$

Kalte Plasmen entstehen in einem mit dem Gas bei Atmosphärendruck gefüllten Mikrohohlraum. Das Dielektrikum begrenzt die Energieeinspeisung der einzelnen Entladungen durch die Ausbildung des in Gegenrichtung ansteigenden Feldes der aufgeladenen Oberflächen. Damit entstehen dielektrisch behinderte Mikroentladungen.

Die Entwicklung der Mikroentladungen ist an einem 2D-Simulationsmodell untersucht worden. Bild 1a zeigt die Raumverteilung der Elektronendichte einer im Anodenbereich der Mikrokapazität wachsenden Mikroentladung. Die Raumverteilung des Feldes wird bestimmt durch die Addition des äußeren Feldes  $E_a$  mit dem Feld der aufgeladenen Kavitätenoberflächen  $E_q$  (siehe Bild 1b).

Lokale Felder der aufgeladenen Oberflächen beeinflussen die Ionisationsrate im Mikrohohlraum und die Erzeugung der Sekundärelektronen an den Oberflächen. Dadurch entwickeln sich die Mikroentladungen im Bereich der höchsten Raumfeldstärke. Die Gleitentladungen bilden sich entlang der aufgeladenen Wandoberflächen aus.

Die gegenseitige Beeinflussung der im Mikrohohlraum entstehenden Entladungen führt durch die Überlagerung der Felder zum Verlöschen einzelner Streamer oder zum Zusammenfluss mehrerer. Die Zündungsbedingungen für die Raum- und Gleitentladungen sind durch den Spannungsabfall im Hohlraum festgelegt. Damit werden die zusammengesetzten Felder der äußeren Elektroden- und der aufgeladenen Oberflächen miteinbezogen.

Das Forschungsvorhaben wurde in dankenswerter Weise von der VW-Stiftung mit Mitteln des Volkswagen AG gefördert.

### **Development of barrier discharges in micro cavities**

Vladimir Ermel

Plasma ignition in a micro cavity modifies dielectric surfaces. Surface energy of the cavity changes persistently depending on background gas and ignition conditions. Cold plasmas develop in a micro cavity filled with the gas by atmospheric pressure. Dielectric barriers limit an energy supply of discharges by the growth of the field of the loaded surfaces ascending in opposite direction. Thus, dielectric barrier discharges build up.

A development of micro discharges is investigated at a 2D simulation model. Fig. 1a shows the space distribution of the electron density of one in the anode region of micro cavity growing micro discharge. Space distribution of the field is represented by a composition of the outside field  $E_a$  and the field of the loaded cavity surfaces  $E_q$  (see fig. 1b.).

Local fields of the loaded surfaces influence an ionization rate in the micro cavity and the production of the secondary electrons on the surfaces. Micro discharges develop within the region of the high space field strength, as well as expand the slide discharges along the loaded wall surfaces.

Interaction of growing discharges in the micro cavity leads over the field superposition to the convergence of some streamers or quench of those. Ignition conditions for the space and slide discharges are defined by a voltage drop in the cavity. Thus, the interaction of the excitation field of the outside electrodes and the field of the loaded surfaces are taken into account.

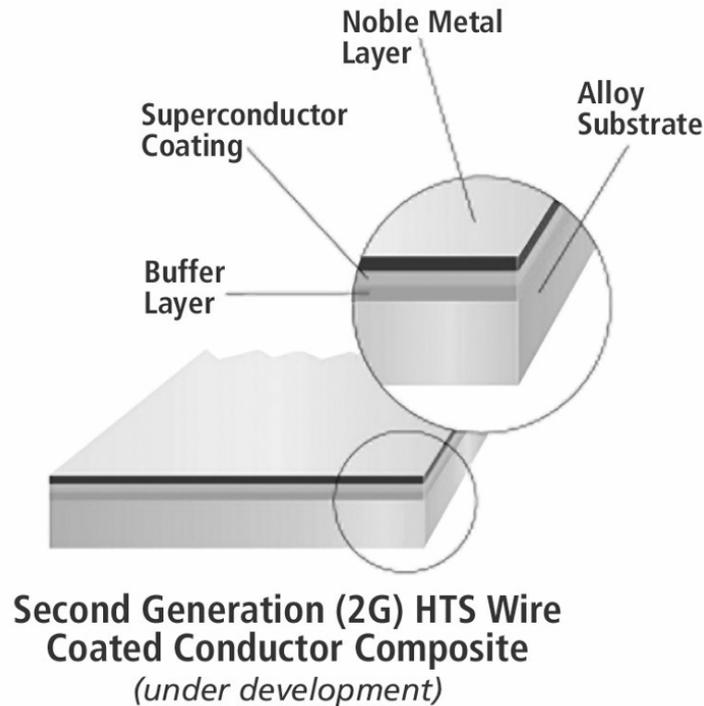
The research project was promoted by the VW foundation with means of Volkswagen AG.

### **3.1.3 Arbeitsgruppe Schaltgeräte - Working Group Switching Devices**

#### **Hochtemperatur – Supraleiter**

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, das 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.



Quelle: American Superconductor

Bild 1: Schematische Darstellung eines supraleitenden Drahtes 2. Generation („Coated Conductor“)  
Figure 1: Schematic depiction of a 2nd generation superconducting tape („Coated Conductor“)

Zur Nachbildung dieser Vorgänge soll ein 3D-Rechenmodell für das gekoppelte Eindringen von Strömen und Magnetfeldern in den Supraleiter bei gleichzeitiger Stromstärke-, Temperatur-, und Magnetfeldabhängigkeit entwickelt werden. Ein solches Modell würde es erlauben, neben dem Übergang des Leiters in die Normalleitung auch das Verhalten im supraleitenden Zustand nachzubilden. Hiermit können Aussagen über Hystereseverluste sowie zusätzlich auftretende Wechselstromverluste sowohl im supraleitenden Bereich als auch im Übergangsbereich in die Normalleitung getroffen werden. Mit dem zu entwickelnden Verfahren sollen systematische Simulationen unterschiedlicher supraleitender Materialien unter Berücksichtigung verschiedener Supraleiterdaten durchgeführt werden.

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). Ein solcher Leiter wird schematisch in Bild 1 gezeigt. Das Verfahren soll aber auch für die Berechnung von Massivmaterial und Silber-Matrix-Leitern eingesetzt werden. Die für diese Untersuchungen notwendige Versuchsanlage wurde im Rahmen einer Diplomarbeit aufgebaut und erste Messungen bereits durchgeführt.

In Zusammenarbeit mit der Siemens AG Corporate Technology (CT PS 3) wird die hochspannungsfeste Auslegung der einzelnen Komponenten eines supraleitenden Strombegrenzers (FCL) auf Basis der Coated Conductors durchgeführt.

In einer Studienarbeit wurden mögliche Einsatzorte eines supraleitenden Strombegrenzers innerhalb des Energieversorgungsnetzes der Stadt Braunschweig untersucht und ermittelt. Es stellte sich heraus, dass die Eigenbedarfsversorgung des Heizkraftwerks Mitte ein sehr gut geeigneter Einbauort für einen FCL darstellt. Da dieser Einbauort zusätzlich ein idealer Platz für einen Langzeittest darstellt, werden momentan Gespräche zwischen der Siemens AG, der Energienetze Braunschweig GmbH (en|bs), der Braunschweiger Versorgungs-AG & Co. KG (BS|Energy) und unserem Institut geführt, um hier ggf. einen Prototypstrombegrenzer zu installieren.

## **High-Temperature Superconductors (HTS)**

Alexander Henning

HTS opens many new possibilities for new applications in the field of electrical power applications. The superconducting state depends on the three 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.

## **Kapazitives Schalten im 24 kV-System mit Vakuumschaltern**

Florian Körner

Im Netzbetrieb wird an einen Vakuum-Leistungsschalter eine Vielzahl von Anforderungen gestellt. Dazu gehört neben dem Unterbrechen von Kurzschlussströmen und einer ausgeprägten dielektrischen Festigkeit auch das zuverlässige Schalten von Kapazitäten. Die jeweiligen Vorschriften für die Auslegung und Prüfung des Leistungsschalters sind in der internationalen Norm IEC 62271-100 festgelegt.

Das Unterbrechen von Kurzschlussströmen ist eine der höchsten Anforderungen an einen Leistungsschalter. Im Gegensatz dazu treten beim Ausschalten kapazitiver Lasten nur vergleichsweise geringe Ströme auf, die typischerweise bei einigen hundert Ampere liegen. Beim Einschalten einer ungeladenen Kapazität können deutlich höhere Ströme von mehreren Kiloampere auftreten; die thermische Belastung durch diese Ströme kann zu einem Verschweißen der sich schließenden Kontaktstücke führen. Bei der folgenden Schalteröffnung werden diese Verschweißungen getrennt und eine beschädigte und dadurch aufgeraute Kontaktoberfläche bleibt zurück.

Nach dem Abschalten einer kapazitiven Last wird der Schalter von einer Spannung bis zum doppelten Scheitelwert der Netzspannung beansprucht. Kann der Leistungsschalter dieser Belastung nicht standhalten, so treten Rückzündungen auf. Eine Rückzündung kann durch

Umladevorgänge an der kapazitiven Last eine Spannungsvervielfachung auslösen, die den Schalter und andere Betriebsmittel im Netz gefährden. Beim kapazitiven Schalten kommt demzufolge dem dielektrischen Verhalten des Kontaktsystems eine besonders hohe Bedeutung zu. Maßgeblichen Einfluss auf dieses Verhalten hat neben der Geometrie des Vakuumschalters das zur Herstellung der Kontaktstücke verwendete Kontaktmaterial.

Für Kontaktstücke von Leistungsschaltern wird fast ausschließlich ein Verbundwerkstoff aus den Komponenten Kupfer und Chrom verwendet. Durch das Konzentrationsverhältnis, weitere Zusatzstoffe und die Wahl bestimmter Herstellungsverfahren können die Eigenschaften des Verbundwerkstoffes für den Einsatz als Kontaktmaterial optimiert werden.

Im Rahmen von Versuchsreihen werden verschiedene Kontaktwerkstoffe das kapazitive Schalten mit Vakuumschaltern verglichen. Zu diesen Untersuchungen gehören Schaltversuche an einer synthetischen Schalterprüfanlage und einem Vakuum-Versuchsschalter. Die zu prüfenden Kontaktstücke werden in ein demontierbares Vakuum-Versuchsgefäß eingesetzt und anschließend evakuiert. Die Schaltversuche bestehen aus Ein- und Ausschaltungen, die eine Beanspruchung des Schalters im Netzbetrieb nachbilden (Bilder 1 und 2).

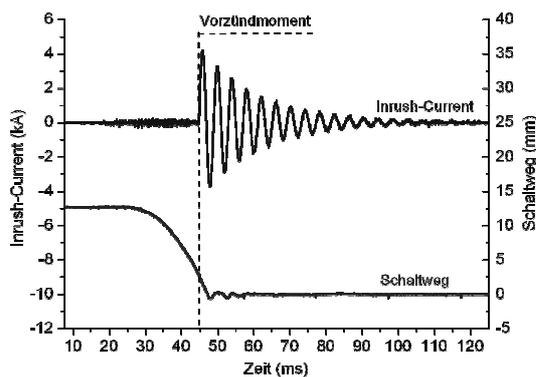


Bild 1: Oszillogramm einer Einschaltung mit Vorzündung  
 Figure 1: Oscillogram of making operation with pre-arcing

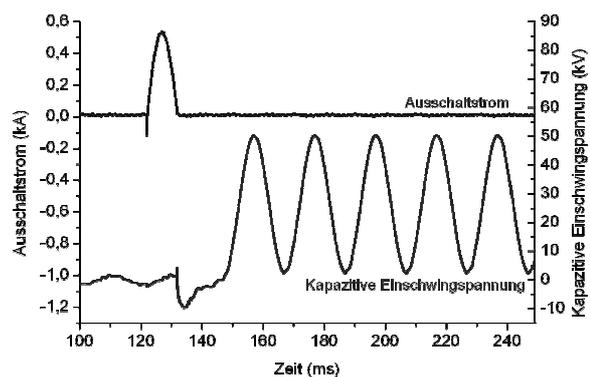


Bild 2: Oszillogramm einer Ausschaltung  
 Figure 2: Oscillogram of breaking operation

Das Auftreten von Rückzündungen während der Belastung der Schaltstrecke durch die kapazitive Einschwingspannung sowie der Moment der Vorzündung beim Schließen der Kontaktstücke geben Aufschluss über das dielektrische Verhalten des Kontaktsystems (Bild 3). Dieses Verhalten wird maßgeblich durch den Zustand der Kontaktoberflächen bestimmt, der aus den vorangegangenen Schalthandlungen und Belastungen resultiert.

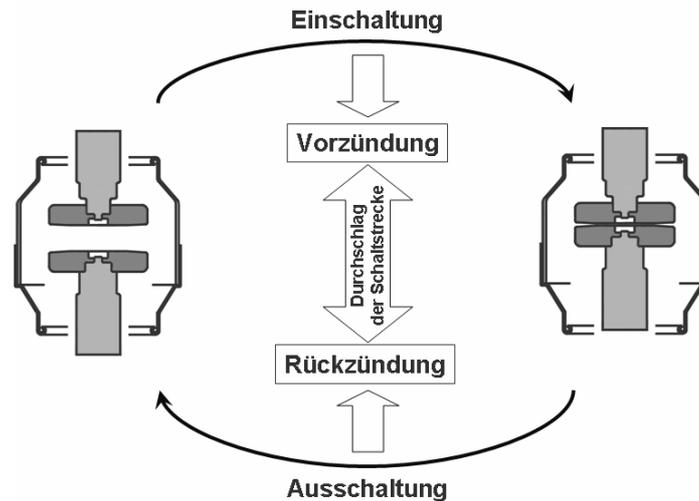


Bild 3: Dielektrisches Verhalten des Kontaktsystems  
 Figure 3: Dielectric behavior of the contact system

Zur optischen Beobachtung der Vorzündungen und Rückzündungen während der Schaltversuche werden Aufnahmen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera herangezogen (Bild 4). Dadurch kann die Dauer der auftretenden Vakuumbögen aber auch der Ort ihrer Entstehung registriert und bewertet werden.

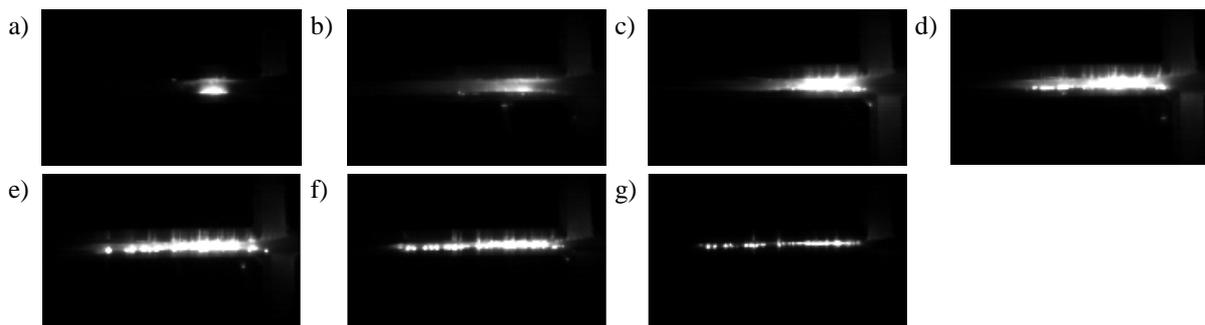


Bild 4: Aufnahme eines Vorzündbogens (12000 Bilder/s)  
 Figure 4: Movie of a pre-arc (12000 frames/s)

Bei der Beurteilung der Beanspruchung und Schädigung der Kontaktoberflächen nach einer Vielzahl von Schaltungen hat sich herausgestellt, dass nur ein begrenzter Teil der Kontaktstücke vom Vakuumbogen und von Kontaktverschweißungen betroffen ist. Dadurch wird ein bereits geschädigter Bereich auf der Kontaktoberfläche bei weiteren Schaltungen erneut vom Vakuumbogen aufgeschmolzen, verschweißt und anschließend aufgetrennt. Dabei entstehen Bruchkanten und -stücke des Kontaktmaterials, und es tritt ein zunehmender Materialtransfer zwischen den Kontaktstücken auf. Daraus resultieren Spitzen im makroskopischen und mikroskopischen Maßstab an den Oberflächen sowie eine Verringerung des effektiven Kontaktabstandes. Das dielektrische Verhalten der Kontaktstücke wird dadurch nachhaltig beeinflusst. Mit der Beurteilung des Oberflächenzustandes nach einer hohen Zahl von Schaltbelastungen kann zusammen mit den Erkenntnissen aus den Schaltversuchen eine Bewertung der unterschiedlichen Kontaktmaterialien unter kapazitiven Schaltbedingungen vorgenommen werden.

## **Capacitive Switching in 24 kV Systems with Vacuum Interrupters**

Florian Körner

During power system operation vacuum circuit-breakers are stressed not only by short-circuit currents but also by capacitive current switching. At making operation the high current flow starts associated by a pre-arcing during contact closing. This can cause contact welding which is ruptured during the subsequent breaking operation resulting in an increased roughness on the contact surface. Due to the considerable low breaking current under capacitive condition the smoothing effect of the circuit-breaking arc is reduced significantly.

After current interruption the contact gap of the vacuum circuit-breaker is stressed by a capacitive voltage of twice the system voltage. The occurrence of restrikes would result in voltage escalation. This leads to the substantial relevance of the dielectric behavior of the circuit-breaker under capacitive switching duty.

Synthetic switching tests are carried out to evaluate different contact materials for vacuum circuit-breakers under capacitive switching duty (figures 1 and 2). During making and breaking tests the dielectric behavior of the contact system is observed by recording the pre-arcing moment at contact closing and the occurrence of a restrike after current interruption (figure 3). The dielectric condition of the contact system is affected by the alteration of the surface state due to previous switching arc stresses and contact welding ruptures.

Additionally, arcing periods and the arc locations are observed by means of high-speed movies of the arcs (figure 4). In combination with optical analysis of the contact surface condition after a number of switching operations this leads to an estimation of the tested contact materials with respect to its application for capacitive switching conditions.

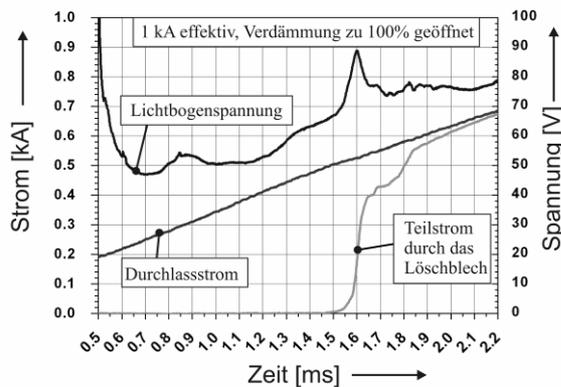
## **Dreidimensionale Simulation von Niederspannungslichtbögen**

Alexandra Mutzke

Niederspannungsschaltgeräte müssen sowohl Betriebs- als auch Kurzschlussströme ausschalten. Um die Beanspruchung der Betriebsmittel bei einem Kurzschluss zu verringern, muss der Stromkreis vor Erreichen des prospektiven Kurzschlussstromes unterbrochen werden. Das entscheidende Element des Schaltvorganges ist dabei der Lichtbogen, der bei der Kontaktöffnung gezündet wird. Dieser soll schnellstmöglich zum Verlöschen gebracht werden. Dazu muss die Lichtbogenspannung über die treibende Spannung hinaus erhöht werden, bevor der netzfrequente Wechselstrom seinen Maximalwert erreicht. Die wirkungsvollste Methode ist dabei die Verwendung von metallischen Löschblechen, an denen sich der Lichtbogen in mehrere Teillichtbögen unterteilt. Durch die Bildung neuer Elektrodenfallgebiete erhöht sich die Lichtbogenspannung um ein Vielfaches. Um den Entwicklungsprozess von Schaltgeräten zu verkürzen, werden Messungen zunehmend durch Simulationen ergänzt.

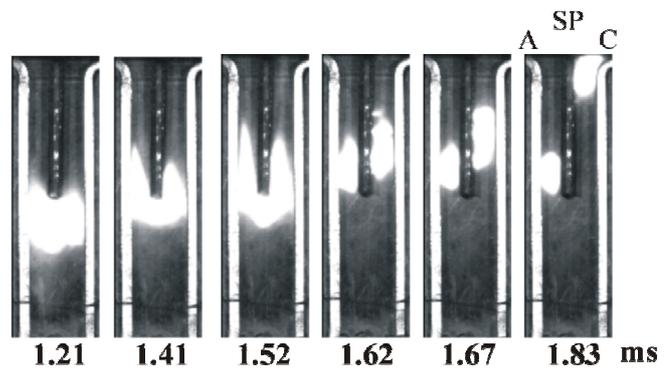
In Simulationen kann der Lichtbogen durch eine Spannungs- bzw. Stromdichteverteilung innerhalb einer kompressiblen, laminaren Gasströmung beschrieben werden. Zudem müssen die stark nichtlinearen Materialeigenschaften des umgebenden Luftraumes berücksichtigt

werden. Am Institut werden Simulationen mit einer Kopplung der kommerziellen Programmpakete CFX und ANSYS durchgeführt.



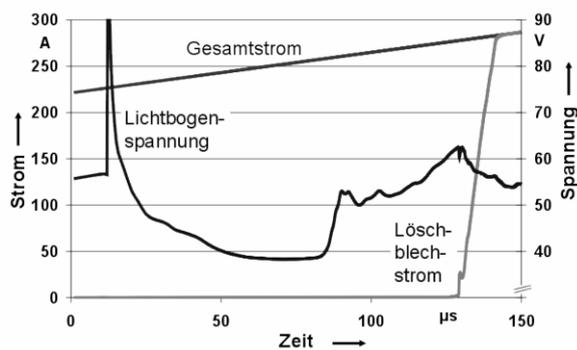
**Bild 1:** Durchlassstrom, Teilstromfluss durch das Löschblech und Lichtbogenspannung

**Figure 1:** Oscillogram of total current, current through splitter plate, and arc voltage (Thomas Rüter)



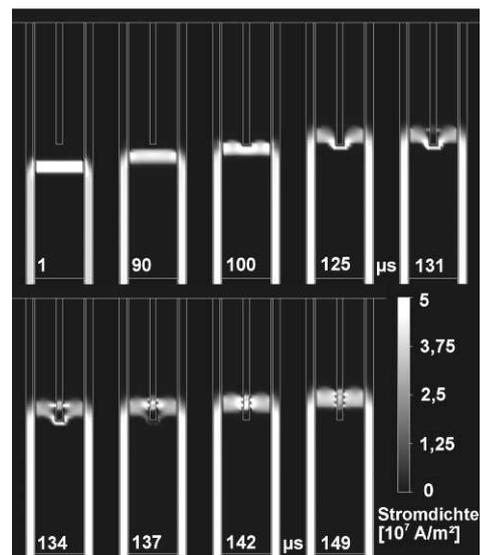
**Bild 2:** Schnellfilmaufnahme der in Bild 1 gezeigten Messung,  $i = 1$  kA effektiv, SP: Löschblech, A: anodische Laufschiene, C: kathodische Laufschiene

**Figure 2:** High-speed movie from the experiment of fig. 1,  $i = 1$  kA RMS, SP: Splitter Plate, A: Anode, C: Cathode (Thomas Rüter)



**Bild 3:** Simulation der Lichtbogaufteilung: Gesamtstrom, Lichtbogenspannung und Löschblechstrom,  $i = 1$  kA<sub>eff</sub>

**Figure 3:** Simulation of the arc splitting process: Total current, arc voltage and current through plate,  $i = 1$  kA RMS



**Bild 4:** Stromdichteverteilung zu Bild 3  
**Figure 4:** Current density distributions corresponding to fig. 3

Von Dipl.-Ing. Thomas Rüter durchgeführte experimentelle Untersuchungen zeigen den Aufteilungsvorgang eines Lichtbogens an einem Löschblech zwischen parallelen Laufschiene. Der Lichtbogen wandert bei einer Lichtbogenspannung von etwa 50 V (Oszillogramm s. Bild 1) nach oben und erreicht das Löschblech nach 1,1 ms. Der Lichtbogen wölbt sich nun um das Löschblech herum (Ausschnitte aus Schnellfilmaufnahme s. Bild 2), was aufgrund des verlängerten Strompfades mit einem Spannungsanstieg von etwa 20 V einhergeht. Nach 1,52 ms ist die zur Bildung von neuen Fußpunkten nötige Spannung überschritten, und es beginnt ein Strom über das Löschblech zu fließen. Die Lichtbogenfußpunkte bilden sich nicht direkt an der Löschblechunterkante, sondern 3 bis 4 mm

davon entfernt. Nach 1,83 ms ist der Aufteilungsvorgang abgeschlossen, da nahezu der gesamte Strom über das Löschblech fließt.

In der Simulation kann der Aufteilungsvorgang durch eine dünne, das Löschblech umgebende Elementschicht mit einer Spannungs-Stromdichte-Kennlinie nachgebildet werden. Vor der Bildung eines Fußpunktes muss bei geringer Stromdichte eine Zündspannung von 20 V überschritten werden. Hat sich ein Fußpunkt gebildet, so kann ein beliebig hoher Strom bei nahezu konstantem Elektrodenfall von 10 V fließen.

Die Bilder 3 und 4 zeigen die Ergebnisse einer Simulation des Aufteilungsvorganges in derselben Kammergeometrie wie bei den Experimenten. Der Lichtbogen wird kurz unterhalb des Löschbleches gezündet und wölbt sich nach Erreichen des Löschbleches um dieses herum, was in guter Übereinstimmung mit den Messergebnissen mit einem Spannungsanstieg von 24 V einhergeht. Nach 131  $\mu$ s sind deutlich Fußpunkte 2 bis 3 mm oberhalb der Löschblechunterkante zu erkennen. Bis zum Zeitpunkt 149  $\mu$ s bestehen zwei parallele Strompfade - im Laufraum und über das Löschblech. Anschließend ist der Aufteilungsvorgang abgeschlossen. Die Simulationsergebnisse stehen damit in guter qualitativer und teilweise quantitativer Übereinstimmung.

### **Three-dimensional simulations of low voltage arcs**

Alexandra Mutzke

The main element in low-voltage switching devices is the arc that is ignited between the opening contact pieces and that has to be extinguished quickly. The most effective possibility is to split the arc into series arcs by metallic splitter plates. Thereby, the arc voltage is increased by multiple electrode falls. Fig. 1 and 2 show experimental results of the arc splitting process at a splitter plate (carried out by Dipl.-Ing. Thomas Rüter).

The arc splitting process is a continuous transition of current flow from the still undivided arc to the new arc roots formed on the metal plates in a certain distance to the lower edge of the plate. In simulations the new arc roots are represented by a thin layer with a voltage-current density characteristic. Simulation results are shown in fig.3 and 4. Good qualitative and quantitative agreement could be achieved in comparison to measurement results.

### **DC-Schaltgeräte für Niederspannungen**

Ernst-Dieter Wilkening

Für die Stromerzeugung stellen neben der Windkraft die Solarenergie und die Brennstoffzellentechnik das größte Potential regenerativer Energiequellen da. Die beiden letzten Techniken liefern Gleichstrom, der für die Einspeisung in Wechselspannungsnetze Umrichter erfordert. Ein Aufbau kleinerer Gleichstrominselnetze unter Einbeziehung mehrerer Gleichspannungsgeneratoren zur Versorgung räumlich begrenzter Bereiche kommt als eine Versorgungsalternative ebenfalls in Betracht. Zum Betrieb und Schutz dieser Netze würden DC-Schaltgeräte benötigt, die in der Lage sind, beim Auftreten eines Fehlers sicher und schnell abzuschalten.

Ein steigender Bedarf geeigneter DC-Schaltern dürfte für Bordnetzsysteme (270 V – 300 V), wie sie in Hybridfahrzeugen verwendet werden, zu erwarten sein. Zurzeit werden hier Einmalschaltelemente mit chemischen Treibladungen zum Kurzschlusschutz bei Ausfall der Leistungselektronik eingesetzt. Nach jedem Ansprechen muss dann das Schaltelement ersetzt werden. Geeignete DC-Schalter könnten nach einer erfolgten Abschaltung und Fehlerbeseitigung einfach wieder zugeschaltet werden. Ein künftiger Einsatz von Brennstoffzellen in den Fahrzeugen würde DC-Schalter erfordern, die Brennstoffzellen bei Ausfall der Steuerungselektronik sicher abschalten können.

Derartige Schaltgeräte für Gleichspannung müssen beim Ausschaltvorgang den Stromverlauf durch die Lichtbogenspannung und Eigenimpedanzen beeinflussen. Zur Löschung von Gleichströmen werden daher spezielle Gleichstromschalter benötigt, deren Löschkammern während des Ausschaltvorganges eine hohe Lichtbogenspannung erzeugen. Die Höhe der Lichtbogenspannung soll für die Bogenbrenndauer möglichst über dem Wert der den abzuschaltenden Gleichstrom treibenden Gleichspannung liegen, ohne jedoch die Isolation der Anlagen zu gefährden.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die systematische Untersuchung des Ausschaltverhaltens für geeignete Löschrinzipien bei unterschiedlichen Netzparametern. Die Untersuchung und Darstellung der physikalischen Kenngrößen bei Ausschaltversuchen soll helfen, die entscheidenden Parameter ausfindig zu machen, die zur Erzeugung einer möglichst hohen Bogenbrennspannung und Energieaufnahmefähigkeit (bezogen auf das Löschkammer-volumen) führen.

Bild 1 zeigt einen für die Versuche aufgebauten Versuchsstand.

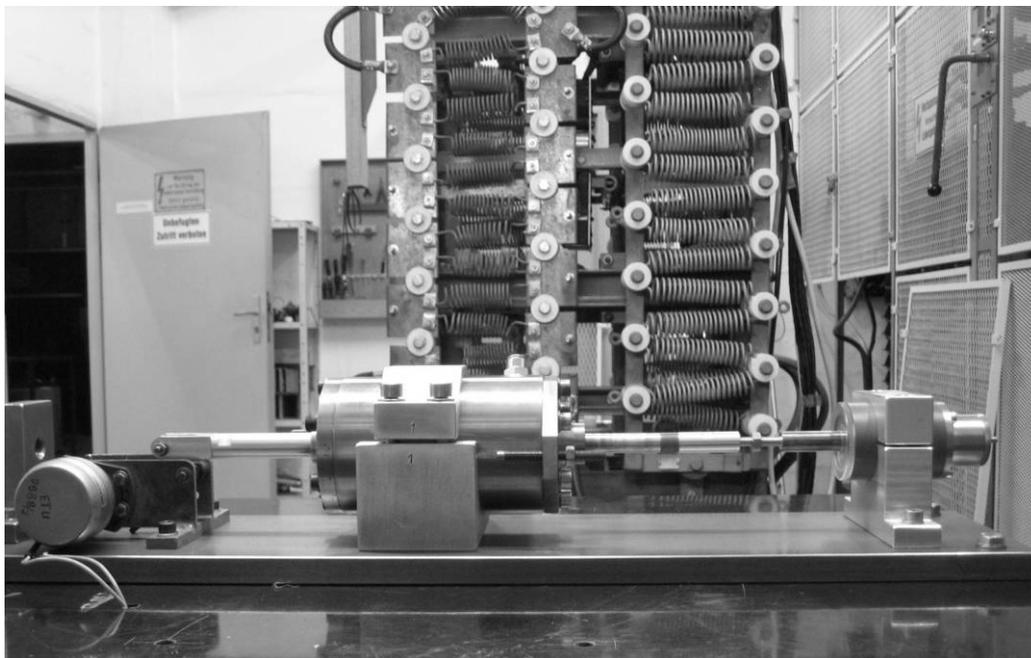


Bild 1: Versuchsanlage zur Untersuchung des DC-Löschverhaltens  
Figure 1: Test setup for DC arc quenching

## DC Arc Quenching in Low Voltage Circuit Breakers

Ernst-Dieter Wilkening

Modern fuel cells and photovoltaic systems are more and more connected to DC grids. In case of failure conditions it is necessary to disconnect the power source by a suitable DC circuit breaker. After fault clearance an immediate switch on of the power source is preferable without replacing fuses manually.

The aim of this research project is to develop low voltage DC circuit breakers in consideration of different grid parameters. Figure 1 shows an experimental test setup for DC arc quenching.

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

Christian Wolf

Nach übereinstimmender Aussage von Fachleuten aus aller Welt wird das Transversalmagnetfeld-(TMF-) Prinzip (Bild 1) auch künftig den Hauptteil der Vakuumschalttechnik stellen. Während in den letzten Jahren hauptsächlich die aus wissenschaftlicher Sicht vielleicht attraktiveren Axialmagnetfeld- (AMF-) Kontakte untersucht wurden, bestehen bei TMF-Anordnungen noch erhebliche Kenntnislücken.

Ziel ist es, das Verhalten kontrahierter Vakuumschaltlichtbögen zwischen Transversal-Magnetfeld- (TMF-) Elektroden sowie deren Wechselwirkung mit den Kontaktstücken systematisch experimentell zu untersuchen. Damit sollen theoretisch-rechnerische Modellvorstellungen auf ihre Gültigkeit überprüft sowie verbesserte Modelldaten gewonnen werden. Die Erkenntnisse sollen es ermöglichen, durch Anwendung gesicherter physikalisch-technischer Rechenmodelle die Entwicklung verbesserter, leistungsfähigerer und kompakterer TMF-Vakuumschaltkammern zu beschleunigen.

Zunächst wird eine im HTEE vorhandene synthetische Schalterprüfanlage steuerungs- und messtechnisch aktualisiert. Durch optische Hochgeschwindigkeits-Aufnahmen (Bild 2) sollen anschließend die Bogengestalt beobachtet und die Stromdichten des kontrahierten, wandernden Lichtbogens ermittelt werden.

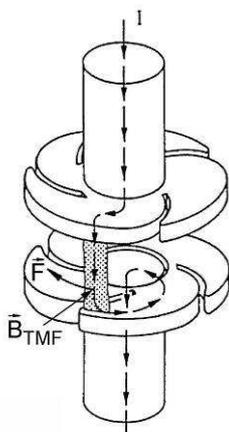


Bild 1: TMF-Kontakte  
Figure 1: RMF contacs

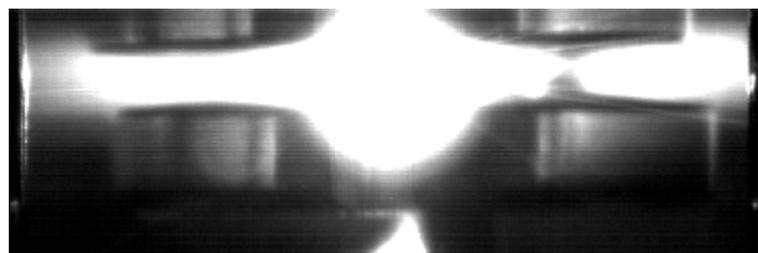


Bild 2: High-Speed-Kameraaufnahme des Lichtbogens  
Figure 2: high-speed-camera shot of a vacuum arc

Von besonderer Wichtigkeit ist die Temperatur der Elektrodenoberflächen unter Bogeneinfluss, da hierdurch die Metaldampfbildung, von welcher die Wiederverfestigung der Schaltstrecke entscheidend abhängt, bestimmt wird. Die Temperaturmessung soll mittels Pyrometrie, also berührungslos, erfolgen. Hierbei gilt es, einen Messaufbau zu finden, der es ermöglicht, über entsprechende optische Bauteile mit Hilfe einer CCD-Kamera ein Abbild der Temperaturverteilung zu erreichen. Grundlage hierbei ist das Planck'sche Strahlungsgesetz. Ergänzend sollen Sondenmessungen weitere Aufschlüsse über physikalische Parameter des Vakuumplasmas liefern.

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

Christian Wolf

Many experts from all over the world agree that RMF-contact-systems (Fig. 1) will remain largest part of vacuum switchgear technology. Since investigations of these have been neglected in recent years several scientific information of their behaviour is missing. The aim of this work is to get experimental results and to gather information about behaviour of the electric arc and its interaction with contacts. Findings are to be compared with computer-based models to accelerate improvement of vacuum switchgear.

Besides the modernization of the existing switchgear test field at the HTEE there are plans to film the moving electric arc using a high-speed camera to determine its shape and current density (Fig. 2). Of particular importance is the electrode surface temperature during the arc period, since metal vapour density, and thus gap recovery, depends on it. Using the high-speed camera for pyrometry the measurement is supposed to be performed for which an appropriate experimental setup has to be developed. Additional probe measurement is to give information about physical parameters of vacuum plasma.

## **3.2 Dissertationen - Dissertations**

### **Verhalten zyklisch betauter Silikonoberflächen bei elektrischer Beanspruchung**

Tobias Braunsberger

Tag der mündlichen Prüfung: 08.03.2007

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Roland Bärsch / Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Kind

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Verhalten hydrophober Silikonoberflächen, die zyklisch betaut und gleichzeitig elektrisch beansprucht werden. Solche Oberflächen gibt es bei Hochspannungsverbundisolatoren im Freiluftbereich, deren Entwicklung aufgezeigt wird. Die chemischen Eigenschaften von Silikon werden vorgestellt und das Phänomen Hydrophobie wird erklärt. Reversible und irreversible Oberflächenprozesse werden beschrieben, die zum Verlust der Hydrophobie, aber auch zu deren Wiederkehr führen. Die in der Literatur zu findenden Theorien für den Transfer, den Verlust und die Wiederkehr der Hydrophobie werden dargestellt. Nach der Übersicht der verschiedenen Phasen der Alterung und Schädigung von Verbundisolatoren werden bestehende Prüfverfahren für Bauart- und

Materialprüfungen angegeben. Diese Arbeit enthält im weiteren die Beschreibung experimenteller Untersuchungen, wobei zunächst die verwendeten Methoden, Verfahren und Geräte vorgestellt werden. Durch die Variation der Temperatur in einer Klimakammer wird der Betauungsvorgang nachgebildet, ohne Manipulationen am Prüfling wie aktive Kühlung vorzunehmen. Die in den Versuchen ermittelten Werte der Einsetzfeldstärke für Wassertropfenkorona werden mit den Werten anderer Autoren verglichen und weisen eine sehr gute Übereinstimmung auf. Die Entwicklung der Hydrophobie bei zyklischer Belastung mit Wassertropfenkorona wird durch Bewertung des Tropfenbildes bzw. Messung des Randwinkels beobachtet. An die Darstellung der Ergebnisse für Konfigurationen mit Feldbelastung senkrecht oder tangential zur untersuchten Oberfläche schließt sich eine Modellbildung zu den Entladungsvorgängen in Tropfenschichten an. Ausgehend von der beobachteten Verformung der Tropfen wird eine Feldüberhöhung berechnet, die die Bedingung des Streamer-Mechanismus erfüllt.

### **Performance of silicone rubber surfaces subjected to electric stress and cyclic condensation**

The present work deals with the behaviour of hydrophobic silicone surfaces which are subjected to cyclic condensation and at the same time stressed electrically. These types of surfaces are present at outdoor high voltage non-ceramic insulators whose development is outlined. The chemical qualities of silicones are introduced and the phenomenon hydrophobicity is explained. Reversible and irreversible surface processes are described which lead to the loss of the hydrophobicity, but also to its recovery. The theories to be found in the literature for the transfer, the loss and the recovery of the hydrophobicity are shown. After an overview of the different phases of ageing and damage of non-ceramic insulators, existing testing methods are given for design check and material testings. This work contains the description of experimental investigations. At first, the used methods, procedures and devices are introduced. By varying the temperature in a climate chamber, the process of condensation is initiated without carrying out manipulations in the samples like active cooling. The experimentally gained values for the onset field strength of water drop corona are compared to the values published by other authors and show a very good correspondence. The development of hydrophobicity with cyclic water drop corona is observed by assessment of the drop picture or measurement of the contact angle. Modelling the discharge processes in drop layers joins the representation of the results for configurations with field stress in vertical or tangential direction to the examined surface. Considering the observed distortion of the drops, a field intensification which meets the condition of the streamer mechanism is calculated.

### **Systembetrachtung zur Integration von Mini-Blockheizkraftwerken in das elektrische Versorgungsnetz**

Christian Schulz

Tag der mündlichen Prüfung: 04.05.2007

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Rolf Witzmann

Diese Arbeit liefert die Zusammenhänge zur Planung, Auslegung und Integration von BHKW-Systemen ins elektrische Versorgungsnetz. Dabei werden die Zusammenhänge zwischen den Systemen BHKW, Haustechnik und Energieversorgungsnetzen interdisziplinär

betrachtet. Das Ergebnis sind netzorientierte Integrationsstrategien für Mini-BHKW, die die verschiedenen Anforderungen von Haus und elektrischem Netz mit einer möglichst großen gemeinsamen Schnittmenge erfüllen.

Für die Entwicklung und Bewertung der netzorientierten Integrationsstrategien für Mini-BHKW ist die Kenntnis über den zeitgleichen elektrischen und thermischen Leistungsverlauf von Objekten notwendig. Hierfür sind die Lastgänge von Gas und Strom einer Neubausiedlung über ein Jahr aufgenommen worden. Aus diesen Lastgängen erfolgte, in Anlehnung an die VDEW-Standardlastprofile, die Entwicklung von Lastprofilen für diese Siedlung. Mithilfe eines Simulationstools, welches das Betriebsverhalten von Mini-BHKW in einem Haus abbildet, und den entwickelten Lastprofilen als Eingangsdaten sind die Auswirkungen der dezentralen Energieerzeugung mit Mini-BHKW auf den Lastfluss im elektrischen Netz abgeschätzt worden. Aus diesem Simulationsergebnis erfolgte die Entwicklung von netzorientierten Integrationsstrategien für Mini-BHKW. Mithilfe von hinterlegten Day-Ahead-Fahrplänen in den Mini-BHKW sowie mit einem veränderten Speichermanagement ist es möglich, die dezentrale Energieerzeugung besser an die aktuelle Lastsituation im elektrischen Versorgungsnetz anzupassen. Eine abschließende wirtschaftliche Bewertung des Mini-BHKW-Systems zeigt, dass bei den zu erwartenden zukünftigen wirtschaftlichen Randbedingungen eine bessere Rentabilität gegeben ist. Hieraus lässt sich folgern, dass die Verbreitung der Mini-BHKW-Anlagen zunimmt und der Einsatz von netzorientierten Integrationsstrategien sinnvoll und notwendig ist.

### **System analysis of an integration of micro-combined heat and power units into the electricity grid**

This thesis deals with the interrelation between planning, dimensioning and finally integrating of micro-combined heat and power (CHP) units into the electricity grid. The relation between these units, the buildings and the electricity grid will be examined in an interdisciplinary context, resulting in integration strategies, which are going to take into account both the requirements of the objects and the electricity grid.

For the development and evaluation of the grid-orientated integration strategies it is important to know both the electrical and thermal load lines of an object. Hence, in a new housing estate the electricity and gas consumption was measured during one year. Based on these measurements, a set of load profiles has been developed.

By means of a simulation tool and the development load profiles as input data, the behaviour of a micro-CHP unit in an object was simulated. This software also simulated the influence of dispersed energy production on the load flow in the electricity grid.

After that, grid-orientated integration strategies were developed by using the simulation results. With a day-ahead-net-schedule in the micro-CHP units and an improved energy management for the heat accumulator, it is possible to adapt the dispersed energy production more adequately to the actual load distribution in the electricity grid.

An economic evaluation proves that these micro-CHP units will become even more profitable in the future, since energy prices are expected to rise. Accordingly, these units will most likely become more common and grid-orientated integration strategies - as developed in this thesis - will play an important part.

## **Kennlinienfeldmessung und Modellierung der Auslösung und Quenchausbreitung in HTSL – Strombegrenzern**

Jörn Grundmann

Tag der mündlichen Prüfung: 08.06.2007

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Wolf-Rüdiger Canders

In dieser Arbeit wird die Anwendung von Hochtemperatur-Supraleitern (HTS) zur Strombegrenzung in elektrischen Energieversorgungsnetzen untersucht. Für diese Anwendung ist ein definierter und reproduzierbarer Übergang von der Supra- zur Normalleitung (Quench) notwendig. Untersucht wird das Quenchverhalten von supraleitenden Dünnschichten mit hohen kritischen Stromdichten im MA/cm<sup>2</sup>-Bereich, insbesondere von Yttrium-Barium-Kupferoxid (YBCO) auf keramischen Substraten. Hierfür kommen vor allem Saphirsubstrate in Frage. Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeit liegt, neben der Charakterisierung des Überganges in den Normalleitungszustand, auf der Einschätzung der Wirkung von herstellungstechnisch bedingt unvermeidbaren Materialinhomogenitäten auf den Begrenzungsvorgang.

Nach einem einleitenden Kapitel werden Belastungstests und Versuche zum Quenchverhalten beim Schalten im induktiven 50 Hz-Kurzschlusskreis vorgestellt. Mögliche Ausfallursachen werden beschrieben und Grenzen der Belastbarkeit aufgezeigt. Das dritte Kapitel beschreibt die Versuchsdurchführung und die Ergebnisse von Charakterisierungsmessungen. Aus dem gemessenen Kennlinienfeld wird eine über einen weiten Temperatur- und Strombereich gültige analytische Beschreibung des HTS-Widerstandes in Abhängigkeit von Temperatur und Stromdichte bzw. elektrischem Feld abgeleitet.

Die so gewonnene analytische Beschreibung wird für Simulationsrechnungen genutzt. Hierzu wird vor allem das FEM-Programm ANSYS verwendet, für das ein spezielles HTS-Element programmiert wird. Mit den Simulationsrechnungen werden verschiedene messtechnisch nicht direkt erfassbare Annahmen zum Quenchverhalten überprüft. Anschließend wird exemplarisch die Auswirkung von Materialinhomogenitäten auf den Begrenzungsvorgang dargestellt. Eine vereinfachende Beschreibung des veränderlichen HTS-Widerstandes für Netzsimulationen wird aus den FEM-Rechnungen gewonnen.

Im abschließenden Kapitel werden die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst und nochmals ein Fazit gezogen. Zusätzlich werden im Anhang D Untersuchungen zum elektrischen Isolationsvermögen des Kühlmittels Flüssigstickstoff vorgestellt, da die verwendeten Dünnschichten mit Schichtdicken  $< 1 \mu\text{m}$  ein entsprechend inhomogenes Feld zur Folge haben. Für diesen speziellen Fall liegen bisher noch keine Erkenntnisse zum Isolationsvermögen vor.

## **Characterisation Measurements and Modelling of the Tripping and the Quench Propagation in HTS Fault Current Limiters**

Since the discovery of High Temperature Superconductors (HTS) many applications of these materials in power grids are under investigation. One of the most promising applications is the resistive Fault Current Limiter (FCL). For a resistive FCL a well defined and reproducible transition from the super- to the normal conducting state (Quench) is essential. This thesis investigates the quench behaviour of superconducting thin films with high critical current densities up to several MA/cm<sup>2</sup> on ceramic substrates, especially for Yttrium barium copper oxide (YBCO) on sapphire substrates. The thesis focuses not only on the characterisation of

the material properties during the transition phase, but also works out the impact of inevitable variations in the material properties (due to the manufacturing process) during the current limitation.

After an introduction switching experiments with small scale models up to 100 kVA within an inductive 50 Hz circuit are described. Failure mechanisms and load limits are investigated. The next chapter describes the characterisation of the HTS material properties. The results lead to a pair of equations well suited for the later on presented Finite Element Method (FEM) simulations. These equations take into account the dependency of the HTS resistivity from temperature, current density and electric field respectively.

The FEM simulations are carried out with the multi-purpose program ANSYS. The development of a special HTS finite element is described. Several assumptions and parameters which are not achievable by means of measurements are derived from the simulations. Further on, exemplary simulations which take variations in the HTS material properties into account lead to a basic understanding of the processes involved during the current limitation. Thus, a simplified simulation scheme suitable for e.g. complex electrical network analyses can be derived.

In addition to the work done concerning to the quench behaviour and the current limitation, annex D discusses the properties of liquid nitrogen as an insulator for the special configuration of very thin HTS films, thus being sharp-edged electrodes, based on a common substrate (surface flashover) for small clearances of 1 – 2 mm.

## **Messungen an strombegrenzenden Schaltkammern zum Vergleich mit Simulationen**

Erik Marzahn

Tag der mündlichen Prüfung: 17.08.2007

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Ernst Gockenbach

Zur Optimierung des Entwicklungsprozesses von Niederspannungsschaltgeräten wurden in den letzten Jahre Simulationswerkzeuge entwickelt, die die komplexen Prozesse, die sich beim Abschalten eines Kurzschlussstromes im Inneren eines strombegrenzenden Schaltgerätes abspielt, nachbilden. Neben den elektrischen und mechanischen Vorgängen ist das Verhalten des Schaltlichtbogens von besonderem Interesse. Der Schaltlichtbogen entsteht beim Öffnen der Kontakte, er wandert von der Zündstelle ab, verlängert sich und teilt sich an den ferromagnetischen Löschblechen auf. Die Wechselwirkungen zwischen Kammergeometrie, Wärmetransport, Gasströmung, Stromfluss und magnetischen Kräften sind in einem dreidimensionalen Simulationsmodell integriert. Zur Überprüfung der Simulationsergebnisse werden Messungen an strombegrenzenden Schaltkammern benötigt. Aus dem Vergleich von Messungen und Simulationen lassen sich Rückschlüsse auf die Richtigkeit der Simulationen schließen, es können Fehler erkannt und fehlende Parameter ermittelt werden.

Die hier vorgestellte Arbeit beschäftigt sich mit Messungen an Schaltkammern sowohl mit parallelen als auch divergierenden Laufschiene. Die Kammergröße orientiert sich an der Größe von Leitungsschutzschaltern oder kleinen Motorschutzschaltern und entspricht den stark vereinfachten, simulierten Kammern. Es wurden die Einflüsse des Kammervolumens, Öffnungen in der Verdämmung und des prospektiven Stromes untersucht. In die Schaltkammern wurden Löschbleche, Löschbarrieren und ferromagnetische Materialien integriert. Ausgewertet wurden die Positionen der Fußpunkte, die Form des Lichtbogens, die

Lichtbogenspannung, der Druck am Boden der Schaltkammer, der Strom durch ein Löschblech und die elektrischen Potentiale im Plasma.

Die Messungen werden mit bereits erstellten Simulationen verglichen. Übereinstimmungen, aber auch Unterschiede und deren mögliche Ursachen werden in der Arbeit aufgezeigt.

### **Measurements at current limiting arc chutes for comparison with simulations**

For optimizing the design process of low voltage switchgears simulation tools were developed in the last years. These tools want to simulate the complex processes inside switchgear during switching off a short circuit current. In addition to the electrical and mechanical processes the main interest is the behavior of the switching arc. An arc is originated when the switchgear releases and the contacts open. The arc moves from the contact points to the arc runners. He will be elongated and finally divided into several arcs at the splitter blades. The interactions of the chamber geometry, the heat transfer, the current flow and the magnetic forces were integrated in a three-dimensional simulation model.

There is a need for measurement results of the switching behavior of current limiting switching chambers. These results can be compared with the simulations and the accuracy of the calculations can be revealed. Errors can be detected and missing parameters can be investigated.

This thesis reports on measurement data obtained with experiments on arc chambers with parallel as well as divergent arc runners. The size of the chambers matches to short circuit breakers or small motor overload switches and corresponds to the simplified chambers of the simulations. The influences of the chamber geometries, vents in the chamber and the amperage were investigated. Splitter blades, insulating barriers and ferromagnetic materials were inserted.

The positions of the root points, the shape of the arc, the arc voltage, the pressure at the bottom of the chamber, the current through a splitter plate and electrical potentials in the plasma were analyzed.

The measurement results were compared with simulations. In addition to the accordance's discrepancies and their possible causes were described.

### **Experimentelle Untersuchung der Lichtbogenaufteilung an Löschblechen**

Thomas Rüter

Tag der mündlichen Prüfung: 16.11.2007

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

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

Durch die immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten gehen die Hersteller von Schaltgeräten dazu über, den Entwicklungsprozess von mechanischen Prototypen hin zu computergestützten FEM-Simulationsmodellen umzustellen. Daher gewinnt der Anteil von Simulationswerkzeugen in der Entwicklung von Niederspannungsschaltgeräten zunehmend an Bedeutung. Der Bedeutungszuwachs wird durch den Trend, immer mehr Leistung auf immer weniger Raum zu beherrschen, verstärkt.

Die aus den Simulationen gewonnenen Ergebnisse bedürfen zurzeit noch der Überprüfung durch experimentelle Untersuchungen. Ein Vergleich liefert hierbei Rückschlüsse auf die Richtigkeit der Simulationen, lässt Fehler erkennen und fehlende Parameter ermitteln.

Die am häufigsten eingesetzte Variante zur Lichtbogenlöschung in Niederspannungsschaltgeräten ist die Unterteilung des nach der Kontaktöffnung entstehenden, entlang der

Elektroden wandernden Schaltlichtbogens an ferromagnetischen Löschblechen. Die Nachbildung dieses Verhaltens in dreidimensionalen Simulationsmodellen setzt eine genaue Kenntnis über das Lichtbogenverhalten und die damit verbundenen physikalischen Prozesse voraus.

In dieser Arbeit werden experimentelle Untersuchungen der Lichtbogaufteilung an einem Löschblech in Modellschaltkammern mit parallelen und mit divergierenden Laufschieneen präsentiert. Die Kammergröße orientiert sich an der Größe von Leitungsschutzschaltern oder kleinen Motorschutzschaltern und entspricht den stark vereinfachten, simulierten Kammern. Es wurde die Einflüsse des Kammervolumens, der Öffnungen in der Verdämmung und des prospektiven Stromes auf die Lichtbogenunterteilung am Löschblech untersucht. Ausgewertet wurden der Teilstrom durch das Löschblech, die Positionen der Fußpunkte auf dem Löschblech, die Form des Lichtbogens während des Aufteilungsvorgangs, die Fußpunktstromdichte auf dem Löschblech und die Aufschmelzungsspuren auf den Löschblechoberflächen. In allen Versuchen erfolgte eine optische Aufzeichnung des Lichtbogens mit einer digitalen Schnellfilmkamera.

Die in den Messungen gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend mit am Institut durchgeführten Simulationen an parallelen Laufschieneen verglichen. Anhand der verschiedenen Simulationsmodelle wird der Einfluss eines Fußpunktmodells auf die Lichtbogenunterteilung aufgezeigt.

### **Experimental Investigation on the Arc Splitting Process at Splitter Plates**

The decreasing development time of new switching-devices leads the manufactures to change their development-process away from mechanical prototypes to computer-aided FEM simulation models. Therefore, simulation tools become more important. This is intensified by the trend of increasing the performance and additionally decreasing the space.

Presently, the simulation results need to be proofed by experimental investigations. These experimental results can be compared with the simulations and the accuracy of the calculations can be revealed. Errors can be detected and missing parameters can be investigated.

After the arc is ignited by contact opening it moves along the arc runners and is finally divided into several arcs at the splitter plates. This is the widest spread method to extinguish the electric arc in low voltage switchgears. To simulate this complex process three-dimensionally it is necessary have detailed knowledge about the behavior of the arc as well as about occurring physical processes.

This work reports on measurement data obtained with experiments at arc chambers with parallel or diverging arc runners. The size of the chambers is similar to short circuit breakers or small motor overload switches and corresponds to the simplified simulation models. The influences of the chamber geometries, vents in the chamber and the amperage onto the arc-splitting-process with a splitter-plate were investigated. The current through the splitter plate, the positions of the arc-roots at the plate, the shape of the arc during the splitting-process, the arc root current density, and the arc-root-traces onto the surfaces of the splitter plate were analyzed. The arc appearance at each experiment is recorded with a high-speed-camera.

The measurement results were compared with simulations in arc chambers with parallel arc runners that were carried out at the institute. The different simulation models show the dependence of an arc-root model to the sub-division of the arc.

#### 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.

Teilnahme und Vorträge am Seminar Atmosphärendruckplasmen	15.01./	M. Kurrat
	29.01./	M. Budde
	12.02./	A. Dziubek
	16.07.07	V. Ermel F. Gerdinand C. Wolf
Vorträge Energie & Mechatronik	16.01./	M. Kurrat
	13.02.07	G. Newi et. al.
Vorstandssitzung des VDE-Bezirksvereins Braunschweig	22.01.07	M. Kurrat F. Körner M. Pielke
Die 10. Klasse des Hoffmann von Fallersleben-Gymnasiums besucht im Rahmen des Physikunterrichts unser Institut	24.01.07	M. Kurrat M. Budde A. Henning C. Schulz C. Wolf
Durchführung des Studienseminars I/2007 im Seminarraum des Instituts	30.01.07	M. Kurrat T. Braunsberger et. al. u. Studenten
FEN-Vorstandssitzung mit Beirat in Braunschweig	30.01.07	M. Kurrat
Berufseinsteigerseminar „Einstieg bei Siemens“ im Rahmen der Firmenkontaktmesse	30.01.07	M. Budde et. al. u. Studenten
Exkursion der VL „Wirtschaftliche Entwicklung Geräten der Energietechnik“ und „Hochspannungstechnik II“ zum Schaltgerätewerk der Fa. Siemens in Berlin	16.02.07	H. Knobloch M. Budde M. Pielke u. Studenten
Der Vorstand der BKB Helmstedt besucht das Institut	26.02.07	M. Kurrat
Projekttreffen mit der Fa. Philips Medizintechnik im Institut	26.02.07	M. Budde A. Dziubek
Ausrichtung von Tagesseminaren „Teilentladungen“	01.03./	M. Kurrat
	25.04.07	T. Braunsberger M. Budde A. Dziubek F. Gerdinand
Doktorprüfung Tobias Braunsberger	08.03.07	T. Braunsberger M. Kurrat D. Kind et. al.
Strategiesitzung des Instituts	13.03.07	M. Kurrat U. Braunsberger F. Gerdinand E. Wilkening

FEN-Arbeitsgruppentreffen in Hannover	16.03.07	M. Kurrat U. Braunsberger M. Pielke
Sitzung der VDE-Stiftung „Erwin Marx“	23.03.07	M. Kurrat
Projektsitzung „Mikroplasma“ im Fraunhofer IST	13.04.07	M. Kurrat A. Dziubek V. Ermel
Betreuung des FEN-Standes auf der Hannover Messe Industrie 2007	15.- 20.04.07	M. Kurrat G. Bärwaldt N. Dyssembekova M. Pielke C. Schulz
Der 12. u. 13. Jahrgang des Gymnasiums Soltau besucht das Institut	18.04.07	M. Budde
Vorträge beim Seminar „Teilentladungen in hoch beanspruchten elektrischen Isolierungen“ der Technischen Akademie Esslingen	23./ 24.04.07	M. Kurrat A. Dziubek
Besuch des Parlamentarischen Abends des VDE Niedersachsen in Hannover	24.04.07	M. Bärwaldt M. Pielke u. Studenten
Die englische Version der Institutshomepage geht online	03.05.07	M. Budde M. Rosin C. Wolf
Doktorprüfung Christian Schulz	04.05.07	C. Schulz M. Kurrat R. Witzmann et. al.
Vorstandssitzung des VDE-Bezirksvereins Braunschweig	07.05.07	M. Kurrat F. Körner M. Pielke
Vortrag beim Seminar „Epoxidharze in der Elektrotechnik“ der Technischen Akademie Esslingen	08./ 09.05.07	M. Budde
Vortrag beim VDE-Bezirksverband Unterweser “Möglichkeiten und Grenzen erneuerbarer Energien”	10.05.07	M. Kurrat
Teilnahme an der Promotionsprüfung von Jürgen Gärtner in Hannover	11.05.07	M. Kurrat
Vorsitz in der Session „PD Measuring Technique and Diagnostics“ des Highvolt-Kolloquiums 2007	14.- 15.05.07	M. Kurrat
Teilnahme an der K124-Sitzung	16.05.07	M. Kurrat
Projektsitzung MikroPlas in Hamburg	20.05.07	A. Dziubek
Teilnahme an der 19 <sup>th</sup> International Conference and Exhibition of Electricity Distribution (CIRED) in Wien	21.- 25.05.07	M. Kurrat F. Körner
Exkursion zu den Firmen Philips Medizintechnik, E.ON Hanse und Vattenfall in Hamburg	29. – 31.05.07	M. Kurrat G. Bärwaldt M. Budde A. Dziubek N. Dyussebekova M. Pielke C. Wolf u. Studenten

FEN-Vorstandssitzung in Clausthal	31.05.07	M. Kurrat
FEN-Arbeitsgruppentreffen in Braunschweig	05.06.07	M. Kurrat U. Braunsberger M. Pielke
Doktorprüfung Jörn Grundmann	08.06.07	J. Grundmann M. Lindmayer W. Canders et. al.
1. Statusseminar des Forschungsverbundes Energie Niedersachsen in Goslar	18./ 19.06.07	M. Kurrat U. Braunsberger M. Pielke C. Schulz
Sitzung EFZN Lenkungskreis in Goslar	19.06.07	M. Kurrat
Durchführung des Studienseminars II/2007 im Konferenzzentrum Wasserwerk am Bienroder Weg, Braunschweig	21.06.07	T. Braunsberger et. al. u. Studenten
Durchführung des 2. Braunschweiger Supraleiter-Seminars im Braunschweiger Nordbahnhof	25.06.07	A. Henning
Mitarbeiter der Salzgitter AG besuchen im Rahmen der Veranstaltung „SZ AG und TU BS – Stahl verbindet“ das Institut	26.06.07	G. Bärwaldt M. Budde
Ringvorlesung 4. Studiensemester Elektrotechnik	26.06.07	M. Kurrat Mitarbeiter u. Studenten
Aufnahme von Institutsmotiven mit dem Fotografen „Aginmar“	05.07.07	U. Braunsberger M. Budde u. Studenten
Projektsitzung „Mikroplasma“ im Fraunhofer IST	10.07.07	M. Kurrat V. Ermel
FEN-Arbeitsgruppentreffen in Oldenburg	12.- 13.07.07	M. Kurrat U. Braunsberger D. Ludgen M. Pielke
FEN-Vorstandssitzung in Oldenburg	13.07.07	M. Kurrat
Kick-off-Meeting des ELAN-Projektes in Oldenburg	13.07.07	M. Kurrat U. Braunsberger B. Deppe M. Pielke
Tag der offenen Tür der TU Braunschweig (TUDAY 2007)	14.07.07	M. Kurrat E. Wilkening U. Braunsberger G. Bärwaldt M. Budde B. Deppe N. Dyussebekova A. Dziubek M. Pielke

Vorstandssitzung des VDE-Bezirksvereins Braunschweig	16.07.07	M. Pielke
Präsentation der Forschungsarbeiten bei einem Besuch von E.ON Netz in Braunschweig	27.07.07	M. Kurrat M. Pielke
Doktorprüfung Erik Marzahn	11.08.07	E. Marzahn M. Lindmayer E. Gockenbach et. al.
ELAN-Projekttreffen in Braunschweig	15.08.07	B. Deppe
Vortrag bei der Tagung der nord- und nordostdeutschen Handwerkskammern zum Thema „Energiepolitische Kompetenz in der Region Braunschweig“	24.08.07	M. Kurrat
Teilnahme am 15 <sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering in Ljubljana, Slowenien	27.- 29.08.07	T. Braunsberger M. Budde A. Dziubek C. Wolf
Besuch von E.ON Engineering in Braunschweig	30.08.07	M. Kurrat M. Pielke
Vortrag beim 7. FKS-Symposium der TU Braunschweig zum Thema „Systemgerechte Einbindung dezentraler Energieversorgungsanlagen in elektrische Versorgungsnetze – FEN: Forschungsverbund Energie Niedersachsen	07.09.07	M. Kurrat
1. International Program of Energy 2007 am Institut	09.- 19.09.07	M. Kurrat G. Newi G. Bärwaldt
Teilnahme am 3. Grenzflächenkolloquium von RWTH Aachen, TU Braunschweig und TU Darmstadt in Aachen	10./ 11.09.07	T. Braunsberger A. Dziubek
2. Sitzung zur Task Force „Smart Distribution“ in Frankfurt	11.09.07	M. Pielke
Teilnahme und Vortrag am XVII <sup>th</sup> Symposium on Physics and Switching Arc (FSO) in Brno, Tschechische Republik	10.- 13.09.07	A. Mutzke
Teilnahme am 18 <sup>th</sup> Topical Meeting of the European Electromagnetic Launch Society in Brighton	10.- 12.09.07	U. Braunsberger
Teilnahme am CIGRE SC B3 Meeting in Berlin	12.- 14.09.07	S. Brüggemann I. Gramberg M. Hilbert T. Schrank
Prof. Diedrichs u. Hr. Wieben (FH Wilhelmshaven) besuchen das Institut	14.09.07	M. Kurrat
Ehemaligentreffen „30 Jahre Diplomabschluss“ mit Prof. Kind	15.09.07	D. Kind M. Kurrat
Teilnahme an der 19. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar „Kontaktverhalten und Schalten“ in Karlsruhe	26.- 28.09.07	M. Kurrat M. Lindmayer A. Mutzke T. Schrank C. Wolf
Teilnahme am Seminar der FGH „Grundlagen der Netzschutztechnik“ in Deidesheim	27./ 28.09.07	E. Wilkening

Treffen der Antragsgruppe DFG SPP „Isoliersysteme“ in Darmstadt	01.10.07	M. Kurrat
Standbetreuung auf der „IdeenExpo“ im Deutschen Pavillon, Messengelände Hannover	06.- 14.10.07	M. Kurrat G. Bärwaldt T. Braunsberger M. Budde B. Deppe A. Dziubek A. Henning F. Körner A. Mutzke M. Pielke C. Wolf
Zwei Schulklassen besuchen im Rahmen des „Schulz“-Projekts der Braunschweiger Zeitung das Institut	08.10.07	M. Kurrat G. Bärwaldt M. Budde
Teilnahme an der Expertenrunde „Heute für die Energie von morgen forschen“ beim Ideentalk um 4 auf der IdeenExpo	08.10.07	M. Kurrat
ELAN-Projekttreffen in Braunschweig	08.10.07	B. Deppe
Sitzung EFZN Lenkungskreis in Goslar	12.10.07	M. Kurrat
Leitung des Workshops „Smart Grids“ beim Goslarer Pancket	12.10.07	M. Kurrat
Projekttreffen „Mikroplasma“ am Fraunhofer IST	12.10.07	V. Ermel
Teilnahme am MikroSystemTechnik Kongress in Dresden	15.- 16.10.07	M. Kurrat
FEN-Vorstandssitzung in Hannover	17.10.07	M. Kurrat
Treffen „Research 4 HV“ in Karlsruhe	22.10.07	M. Kurrat
Teilnahme am ETG-Kongress in Karlsruhe	23.- 24.10.07	M. Kurrat B. Deppe N. Dyussebekova D. Ludgen M. Pielke A. Wehner
Teilnahme am Brennstoffzellen-Forum Hannover	30.10.07	G. Bärwaldt
ELAN-Projekttreffen in Oldenburg	06.11.07	B. Deppe
Jahreshauptversammlung des VDE-Bezirksvereins Braunschweig	14.11.07	M. Kurrat G. Bärwaldt M. Pielke
Betriebsausflug des Instituts zum Heizkraftwerk BS-Mitte und Besuch des Bowling-Centers, Hamburger Straße	15.11.07	Alle Mitarbeiter u. Studenten
Doktorprüfung Thomas Rüter	16.11.07	T. Rüter M. Lindmayer E. Gockenbach et. al.
Teilnahme und Vortrag an der 2 <sup>nd</sup> International Renewable Energy Storage Conference, Bonn	19.- 21.11.07	G. Bärwaldt

Teilnahme und Vortrag an der 4. VWEW-Fachtagung „Photovoltaik und Netzintegration, Erfurt	21./ 22.11.07	G. Bärwaldt
Teilnahme am Treffen des Current Zero Clubs in Berlin	22.- 23.11.07	M. Kurrat M. Lindmayer
Mitarbeiter der Fa. Baker Hughes aus Celle besuchen das Institut	26.11.07	M. Kurrat E. Wilkening M. Budde B. Bünsow
Teilnahme an der Cigre/Cired Informationsveranstaltung „Verbrauchsnahe versus verbrauchsferne Stromerzeugung – Herausforderung für Übertragungs- und Verteilnetze“ in Stuttgart	28.11.2007	E. Wilkening
Hr. Dipl.-Ing. Mützel von der TU Ilmenau besucht das Institut	03.12.07	M. Kurrat M. Lindmayer A. Mutzke
Teilnahme an der EFZN-Grundsteinlegung in Goslar	07.12.07	M. Kurrat U. Braunsberger
Besuch der ABB Schweiz AG, Corporate Research, High-Voltage System Group, in Baden/Dättwil, Schweiz	10./ 11.12.07	E. Wilkening C. Wolf
ELAN-Projekttreffen in Clausthal	11.12.07	M. Kurrat B. Deppe
Vorbereitendes Projekttreffen für den ELAN-Workshop in Hannover	14.12.07	M. Kurrat
Jahresversammlung der Institutsmitarbeiter/-innen	20.12.07	Alle Mitarbeiter u. Studenten

#### **4.1 Berichte von besonderen Ereignissen – Reports on Special Events**

##### **Die Versuchsanlage Hallendorf**

Ulrich Braunsberger

Die Geschichte der Versuchsanlage begann im Jahre 1940. Professor Marx, der Direktor des Hochspannungsinstituts, errichtete in Salzgitter Hallendorf seine Anlage zum Tauglichkeitsnachweis der von ihm entwickelten Lichtbogenstromrichter für die Hochspannungsgleichstromübertragung. Zwei Jahre später gelang im 110 kV-Netz ein erster Dauerversuch mit 11 MW Leistung. Dies führte zur weltweit ersten Übertragungsstrecke im Megawatt-Bereich.

Zur nachkriegsbedingten Bereinigung der Besitzverhältnisse erwarb die Salzgitter AG die Versuchsanlage und vermietete sie an die Technische Hochschule Braunschweig zur Nutzung durch das Hochspannungsinstitut. So wurden die Räumlichkeiten der Versuchsanlage für die umfangreichen Drittmittelforschungsaktivitäten hergerichtet und am 15. Februar 1962 offiziell durch das Hochspannungsinstitut in Betrieb genommen. Von nun an war die Versuchsanlage ein wesentlicher Teil des Instituts.

Es wurden Forschungsarbeiten zu vielen Themen durchgeführt, wobei die folgenden Untersuchungen die Schwerpunkte bildeten:

- Entwicklung elektrotechnischer Komponenten für plasmaphysikalische Experimente zur kontrollierten Kernfusion;
- Optimierung der Energieversorgung von Ozonisatoren;
- Untersuchungen an Gleichstromschaltern zur Hochstromimpulserzeugung;
- Hochleistungsimpulstechnik;
- Barrierenentladungen bei Atmosphärendruck zur Oberflächenbehandlung.

Ein nächster wichtiger Schritt war 1991 der Kauf der Versuchsanlage durch das Land Niedersachsen. Fünf Jahre später erfolgte die Zusammenlegung des Hochspannungsinstituts mit dem Institut für Elektrische Energieanlagen. Die Versuchsanlage wurde der Abteilung Elektrische Energieanlagen zugeordnet. Ebenfalls 1996 begannen umfangreiche Um- und Einbauten um in der Versuchsanlage Labor- und Büroräume für das neu gegründete Institut für Elektromagnetische Verträglichkeit zu schaffen.

Die Aufgabe der Versuchsanlage wurde am 22. 10. 2003 durch einen fragwürdigen Beschluss des Fachbereichsrats eingeleitet, in dem man festlegte, dass eine Professur und 10 weitere Stellen dem HTEE weggenommen werden. Damit war die Versuchsanlage Hallendorf auf Dauer nicht mehr sinnvoll zu betreiben.

Am 30. April 2007 wurden die Forschungsaktivitäten in der Versuchsanlage Hallendorf unseres Instituts beendet. Aus diesem Anlass fanden sich dort am 24. April die Institutsmitarbeiter ein, um im Rahmen eines Abschluss-Treffens die rund 45-jährige erfolgreiche Forschungstätigkeit in der Versuchsanlage und deren Bedeutung für das Institut zu würdigen.



Die Versuchsanlage Hallendorf  
The Test-Laboratory Hallendorf

### **The Test-Laboratory Hallendorf**

The history of the test-laboratory started in 1940 when Professor Marx erected a test facility for his high-voltage-arc-rectifier which led to the worldwide first HVDC-transmission line in the MW-range.

In the following the test-laboratory was rented and put into operation on February 15<sup>th</sup> 1962 by the Hochspannungsinstitut to perform research supported by third party money. Since

1996 the “Institut für Elektromagnetische Verträglichkeit” owns office-rooms and laboratories in the test-laboratory.

Research was done in many fields with emphasis on the following areas:

- Development of electrotechnical components for plasmaphysical experiments for controlled fusion research;
- Optimisation of power supplies for ozonisers;
- Investigations on DC circuit-breakers for high current pulse generation;
- Pulsed power technology;
- Dielectric barrier discharges at atmospheric pressure for surface treatment.

On October 22<sup>nd</sup> 2003 a decision was made by the university to cut the personal of our institute remarkably. Thus, in the course of the following years we had to diminish the research and we ceased our activities on April 30<sup>th</sup> 2007. On April 24<sup>th</sup> the shut-down-meeting of all members of the institute was the last official event in the test-laboratory.



Institutsmitarbeiter beim Abschluss-Treffen in der Versuchsanlage Hallendorf  
Members of the institute at the shut-down-meeting in the test-laboratory Hallendorf

## **Präsentation des Forschungsverbundes Energie Niedersachsen auf der Hannover Messe Industrie 2007**

Magnus Pielke

Der Forschungsverbund war mit zwei Ständen – organisiert durch die TU Clausthal und das CUTEC zum einen und durch die TU Braunschweig sowie die Uni Oldenburg und das OFFIS zum anderen – vertreten. Auf dem Clausthaler Stand wurde das Konzept sowie die Inselbetriebsfähigkeit und die Steuerung des Energieparks über eine Internetverbindung vorgestellt. Der zweite Stand der Braunschweiger und Oldenburger stellte die netzorientierte Betriebsweise von Mini-BHKW im Mehrfamilienhauseinsatz dar und deren Rückwirkungen auf die Netzbezugslast.

Der Niedersachsenstand in der Messehalle 2 erwies sich als Plattform des FEN-Messeauftritts als sehr gut geeignet, da viele Landesvertreter diesen Stand aufsuchten und sie die Teilnehmer des Gemeinschaftsstandes als Landesprojekte verstanden.



So konnten an unseren Ständen Herr Stratmann, Niedersächsischer Minister für Wissenschaft und Kultur, Herr Gevers, ebenfalls vom MWK Niedersachsen, Prof. Dr. Peter Katjavivi, Botschafter der Republik Namibia sowie eine Delegation des Umweltausschusses des Niedersächsischen Landtages begrüßt werden. Ebenso ist der niedersächsische Ministerpräsident Wulff auf der „Night of Innovations“ am Rande eines TV-Interviews auf uns aufmerksam geworden.

Neben diesen herausragenden Gästen wurden über die gesamte Dauer der Messe fast 200 Gäste am Stand gezählt. Dabei erwies sich die Gruppe der Besucher als sehr heterogen – neben Studierenden und Privatpersonen wurden auch Firmenvertreter begrüßt, die sich für die Idee des Forschungsverbundes interessierten. Damit ist ein großer Erfolg erzielt worden, den Arbeitsfortschritt des Forschungsverbundes der Öffentlichkeit zu präsentieren.

### **Presentation of the Energy Research Alliance of Lower Saxony on the Hanover Messe (Hanover Fair) 2007**

The Energy Research Alliance of Lower Saxony was presented by two stands – organized by the TU Clausthal and the CUTEC on the one hand and the TU Braunschweig with the University of Oldenburg and the OFFIS on the other hand. At the stand of the TU Clausthal the concept of operation in isolated networks and the appendant control with their energy pool were exposed. The second stand from Braunschweig and Oldenburg presented the grid oriented operation mode of combined heat-and-power micro units in multi family houses and their retroaction to the main power supply.

The fair stand of Lower Saxony in hall 2 was a great platform for the presentation of the Research Alliance. Many representatives of Lower Saxony visited the stand. Thus Mr. Stratmann, Minister for Economic Affairs and Culture of Lower Saxony, Mr. Gevers, member of the same ministry and other representatives from other regions. Also the prime minister of Lower Saxony recognized beside an interview the presentation of the Research Alliance.

Beside these outstanding guests more than 200 other visitor of the fair came to our stand. With this feedback the presentation of the Energy Research Alliance of Lower Saxony on the Hannover Messe 2007 was a great achievement.

### **Exkursionswoche 29. – 31.05.2007: Reise nach Hamburg**

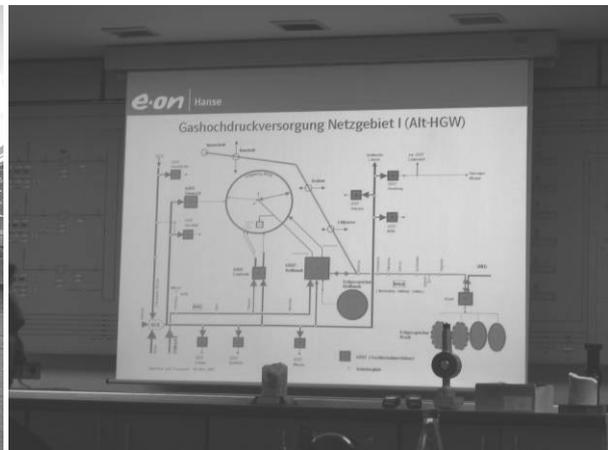
Michael Budde

Im Jahr 2007 unternahmen wir gemeinsam mit dem Institut für Elektromagnetische Verträglichkeit eine äußerst interessante Exkursion mit über 30 Studenten und Mitarbeitern nach Hamburg. Trotz knapper werdender Zuschüsse für solche studentischen Bildungsreisen

konnten die beiden Institute mithilfe großzügiger Spenden zweier Unternehmen die Pfingstexkursion im gewohnten Umfang unternehmen.

Nach angenehmer Zugfahrt steuerten wir als erstes das Werk von Philips Medizintechnik im Norden Hamburgs an, um uns über die Produkte und Fertigung der Firma Philips am Standort Hamburg zu informieren. Philips Medizin Systeme zählt zu den Weltmarktführern im Bereich Bildgebende Diagnostik und Therapie, Klinische IT und Dienstleistungen.

Hamburgs kulturelles Angebot am ersten Abend hat uns dann nicht davon abgehalten es pünktlich zum zweiten Besichtigungstermin am nächsten Tag zu schaffen: einer der größten Erdgasspeicher Deutschlands in Hamburg-Reitbrook. Nach bequemer Abholung durch den E.ON Hanse – Shuttlebus erkundeten wir die Netzleitzentrale Erdgas und ließen uns über den Speicher mit einer Grundfläche von 700 Fußballfeldern und durchschnittlich 20 Metern Dicke informieren, der zu 100 % gefüllt Hamburg für 7 Wochen lang mit Erdgas versorgen kann.



Dem nachmittäglichen Kulturprogramm im „Miniatur-Wunderland“ oder alternativ im „Hamburg Dungeon“ folgte ein weiterer Abend im Nachtleben der Stadt Hamburg.

Am dritten und letzten Tag war Vattenfall Europe unser Gastgeber. Hier durften wir mit einem Wasserstoffbus fahren, der ansonsten die Hamburger im öffentlichen Nahverkehr sauberer und umweltverträglicher als jedes andere Verkehrsmittel transportiert.



Ebenso gehörte die erste Wasserstofftankstelle Europas zum Programm. Interessanterweise schloss sich in der Konzernzentrale noch eine Diskussion über die Zukunft der Kernenergie an. Dort stand uns der Konzernpressesprecher zur Verfügung, der in den darauf folgenden Wochen wegen der Störfälle in zwei Kernkraftwerken des öfteren im Fernsehen zu sehen war.

Auch das dritte Unternehmen betonte wie hoch der Bedarf an qualifizierten Kräften im Bereich der Energietechnik sei. Anschließend konnten wir mit Bus und Bahn späten Abend unseren Startpunkt in Braunschweig wieder erreichen.

### **Student Excursion May 29 – 31, 2007: Trip to Hamburg**

In 2007 the annual excursion after Pentecost weekend was scheduled in Hamburg. Using railway and bus more than 30 students and colleagues reached the first point of interest: Philips Medical Systems in the northern part of Hamburg. Hamburgs night-life couldn't prevent our second day at E.ON Hanse to take a look on one of the biggest submontane gasholders in Germany. Afternoon and evening were completed by cultural events. Vattenfall Europe as another energy supply company was inspected at the last day. A ride with a hydrogen bus and a visit to Europeans first hydrogen filling station were included.

## **2. Braunschweiger Supraleiter-Seminar**

Alexander Henning

Das Institut für Oberflächentechnik sowie das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen luden im Juni dieses Jahres gemeinsam zum 2. Braunschweiger Supraleiter-Seminar ein.

Wir begrüßten hierzu Referenten aus den Fakultäten für Maschinenbau, Elektrotechnik und Physik der TU Braunschweig sowie der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter gaben in Fachvorträgen einen Überblick über die aktuelle Forschung auf dem Gebiet der Supraleitung, technische Anwendungen und Herausforderungen an Technologie und Entwicklung. Die Vortragsthemen reichten von der Grundlagenforschung, wie der Definition von Fundamentalkonstanten über Terahertz-mikroskopie mit supraleitenden Sensoren bis hin zu technischen Anwendungen, wie Schwungmassenspeichern mit supraleitenden Magnetlagern oder supraleitenden Strombegrenzern.



Blick ins Auditorium  
Look at the auditory

Referenten der Siemens AG, der Nexans Deutschland Industries GmbH & Co. KG, sowie der Nexans Superconductors GmbH rundeten das Programm ab, und gaben einen Überblick über den Stand der Technik und die Anwendungsmöglichkeiten supraleitender Technologie, die derzeit in der Industrie gesehen werden. Weiterhin wurde auf Beiträge, die supraleitende Anwendungen bei der Netzsicherheit und Einkopplung regenerativer Energien in Energieversorgungsnetze bieten können, eingegangen.

Das schon zum zweiten Mal in Braunschweig stattfindende Seminar war ein voller Erfolg und wir hoffen im nächsten Jahr daran anknüpfen zu können und laden sie hiermit zum 3. Braunschweiger Supraleiter-Seminar, das am 26. Mai 2008 stattfindet wird, herzlich ein.

## **2<sup>nd</sup> Superconductor Workshop in Braunschweig**

On June 25<sup>th</sup> the 2<sup>nd</sup> Superconductor Workshop in Braunschweig took place. It was organized by the Institut für Oberflächentechnik (IOT) and the Institute for High-Voltage Technology and Electric Power Systems (HTEE).

Lecturers from the Technical University of Braunschweig, the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (national metrology institute) and industrial partners (Nexans, Siemens) guided through a one-day program and gave an overview of the state of the art and applications of superconductor technology.

The Workshop was a big success and a further Superconductor Workshop will be organized in Braunschweig on May 26<sup>th</sup> 2008.

## **International Program of Energy 2007**

Gunnar Bärwaldt

Internationale Zusammenarbeit ist gerade in der Wissenschaft von großer Bedeutung. Gemeinsam mit der *Universidade Federal Fluminense* in Rio de Janeiro haben wir ein umfangreiches Weiterbildungsprogramm erarbeitet und mit einer Gruppe Brasilianern vom 09.09. - 19.09.2007 durchgeführt. Zahlreiche Professoren der TU Braunschweig haben aus ihren Forschungsgebieten berichtet und so einen Wissenstransfer nach Brasilien ermöglicht. Auf diesem Wege konnten neue Kontakte geknüpft und bestehende intensiviert werden. Seitens des HTEE trug neben Professor Kurrat auch Dr. Newi als Referent zum Erfolg der Veranstaltung bei. Ergänzt wurde das theoretische Vortragsprogramm durch thematisch passende Exkursionen zu den Firmen Q.Cells, mhkw Rothensee GmbH, solvis und Enercon, die uns zum Teil detaillierte Einblicke in Fertigungs- und Betriebsabläufe ermöglichten. Auch kam das kulturelle Rahmenprogramm nicht zu kurz und sorgte für die erforderliche Auflockerung des gefüllten Programms.

Auf Grund der positiven Einschätzung und Bewertung werden wir dieses Seminar auch im kommenden Jahr wiederholen und so weiteren Brasilianern die Möglichkeit zu einem intensiven Austausch mit deutschen Experten ermöglichen.

## **International Program of Energy 2007**

Nowadays international cooperation is getting more and more important in research and science. Together with the *Universidade Federal Fluminense* of Rio de Janeiro we developed a substantial continuing education program and performed it for the first time from September

10<sup>th</sup> - 19<sup>th</sup> 2007. Many Professors of the TU Braunschweig had taken their chance to present recent science results in different cases dealing with energy in general. On the part of the HTEE Professor Kurrat and Dr. Newi shared the board of speakers and got into contact with our Brazilian guests. The program was completed with several cultural and social highlights as well as interesting and detailed site visits such as Q.Cells (Thalheim), mhkw rothensee GmbH (Magdeburg), solvis (Braunschweig) and Enercon (Magdeburg).

Because of the positive appreciation of the program we look forward to the second international program of energy next year in Braunschweig to enable some more Brazilians to join this interesting event.

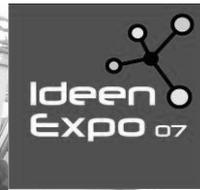


Brasilianische Besuchergruppe beim Besuch des Bundeskanzleramtes in Berlin  
Brazilian guests during their visit at the Federal Chancellery

## IdeenExpo 2007

Gunnar Bärwaldt

Ingenieurnachwuchs wird gesucht wie schon lange nicht mehr. In Gesprächen mit unseren Partnern werden wir häufig gefragt, ob wir den einen oder anderen Studenten als künftigen Arbeitnehmer empfehlen können. Leider passt in diesem Fall die große Nachfrage nicht zu der Zahl tatsächlich verfügbarer Absolventen. Dieser Zustand kann nur durch Maßnahmen verbessert werden, die junge Menschen noch während der Schulausbildung ansprechen und für ein Ingenieurstudium begeistern. Da auch wir uns als universitärer Lehrstuhl in der Pflicht sehen, diesem Trend entgegenzuwirken, beteiligten wir uns aktiv an der IdeenExpo2007. Die Veranstaltung fand erstmals vom 06. – 14.10.2007 statt und soll künftig alle zwei Jahre wiederholt werden. Sie richtet sich an die Gruppe der 10-20-jährigen und hat zum Ziel über Technik im Allgemeinen zu informieren und Lust auf technische Berufe zu machen.



[www.ideenexpo.de](http://www.ideenexpo.de)

Rund 250 Exponate illustrieren anschaulich die vier Themenwelten „Kommunikation“, „Energie und Produktion“, „Mobilität“ sowie „Leben und Umwelt“. Das HTEE war 2007 in Zusammenarbeit mit dem Regionalen Umweltbildungszentrum Dowesee (RUZ) mit drei Exponaten sowie einem Workshop vertreten. Neben der Supraleiter-Eisenbahn und dem Bandgenerator haben wir die Besuchergruppen auf dem Energiefahrrad um die Wette Wärme „erstrampeln“ lassen. Die Veranstaltung fand schon in diesem Jahr regen Zuspruch von rund 162.000 Besuchern. Täglich strömten ca. 18.000 Gäste durch den Deutschen Pavillon an der Expo Plaza in Hannover. Aufgrund der Bedeutung der Veranstaltung und der äußerst positiven Resonanz wird das HTEE vermutlich auch auf der kommenden IdeenExpo09 vertreten sein.

### **IdeenExpo 2007**

Young engineers are hardly to find on the job market. And this trend will last for some years, as the number of students with engineering studies is not increasing as it should. One big chance to change this is to inspire and fascinate young people before they decide to study and before they decide what to study. The IdeenExpo07 is the first big event to present technology from young people for young people. As it shares social responsibility, the HTEE joined the IdeenExpo07.

From October 6<sup>th</sup> to 14<sup>th</sup> the IdeenExpo07 took place in the German Pavilion at the Expo Plaza in Hanover. The event addresses all 10- to 20-year-old pupils and their families with the objective of informing about technology in general and engineering in special. Some 250 exhibits were presented one of the four topics “mobility”, “energy and production”, “communication” and “life and environment”. The HTEE together with the “Regionales Umweltbildungszentrum Dowesee” demonstrated three exhibits and one workshop. Besides the Van de Graaff generator and our superconductor-“train” visitor groups could heat water by riding an energy bike in a championship.

Although the IdeenExpo took place for the first time this year, more than 160,000 people came to the German Pavilion. Because of the importance of this event it will recur in 2009; probably with the HTEE as an exhibitor again.

## 5 Veröffentlichungen und Vorträge - Publications

- Bärwaldt, G.  
Kurrat, M.      *EEG-Anpassung und Integration neuer Technologien*  
"Erneuerbare Energien", Ausgabe Januar 07
- Bärwaldt, G.  
Hentrich, K.  
Kurrat, M.      *Ertüchtigung einer PV-Anlage für den netzorientierten Betrieb*  
ew, Jg. 106 (2007), Heft 5
- Ermel, V.  
Kurrat, M.      *Dielectric Barrier Discharge Arrangement for Air Disinfection*  
FILTECH 2007, 27. Februar - 01. März 2007, Wiesbaden
- Ermel, V.  
Kurrat, M.      *DBD Plasmabehandlung von Glasfasergelege bei Atmosphärendruck*  
13. Fachtagung Plasmatechnologie, 05. - 07. März 2007, Bochum
- Bärwaldt, G.      *Energiemanagementsysteme*  
Hannover Messe Industrie, 16.04.07, Hannover
- Kurrat, M.      *Grundlagen der physikalischen Vorgänge II – Äußere Teilentladungen*  
Technische Akademie Esslingen, Teilentladungen in hoch beanspruchten elektrischen Isolierungen, 23./24. April 2007, Ostfildern
- Dziubek, A.  
Kurrat, M.      *Elektroden für die Zündung von Mikroplasma*  
Technische Akademie Esslingen, Teilentladungen in hoch beanspruchten elektrischen Isolierungen, 23./24. April 2007, Ostfildern
- Budde, M.  
Kurrat, M.      *Teilentladungs-Diagnose von hoch belasteten Isoliersystemen auf Epoxidharzbasis*  
Technische Akademie Esslingen, Epoxidharze in der Elektrotechnik, 08./09. Mai 2007, Ostfildern
- Kurrat, M.      *Möglichkeiten und Grenzen erneuerbarer Energien*  
Vortrag beim VDE-Bezirksverein Unterweser, 10. Mai 2007, Bremerhaven
- Körner, F.  
Kurrat, M.  
Lindmayer, M.      *Requirements for Vacuum Circuit-Breakers under Capacitive Switching Duty*  
CIRED, 19<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution, May 21<sup>st</sup> – 24<sup>th</sup>, 2007, Wien, Österreich
- Schulz, Ch.  
Kurrat, M.      *Grid Orientated Integration of Micro-Combined Heat and Power Units*  
CIRED, 19<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution, May 21<sup>st</sup> – 24<sup>th</sup> 2007, Wien, Österreich
- Braunsberger, T.  
Kurrat, M.      *Untersuchungen zum Hydrophobieverhalten zyklisch betauter Silikonoberflächen bei Hochspannungsbeanspruchung*  
1. Burghauser Isolierstoffkolloquium, 14./15. Juni 2007, Burghausen
- Pielke, M.  
Schulz, C.  
Kurrat, M.      *Wirtschaftliche Rahmenbedingungen einer netzorientierten Betriebsweise von Mini-BHKW*  
Forschungsverbund Energie Nds., 1. Statusseminar, 18. - 19. Juni 2007, Goslar
- Kurrat, M.      *Dezentrale Stromerzeugung, Kraft-, Wärme-, Kältekopplung – Einführung*  
1. Statusseminar des Forschungsverbundes Energie Niedersachsen, 18./19. Juni 2007, Goslar
- Körner, F.  
Lindmayer, M.  
Kurrat, M.      *Contact Behavior in Vacuum under Capacitive Switching Duty*  
IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 14, Issue 3, June 2007
- Kurrat, M.      *Der Forschungsverbund Energie Niedersachsen*  
Tagung „Keine Zukunft ohne Nachhaltigkeit“ der nord- und nordostdeutschen Handwerkskammern, 24. – 26. August 2007, Braunschweig

- Braunsberger, T.  
Kurrat, M.      *Cyclic Water Drop Corona on Silicone Rubber Samples*  
The 15<sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering, August 27<sup>th</sup> - 31<sup>st</sup>, 2007,  
Ljubljana, Slowenien
- Budde, M.  
Gerdinand, F.  
Kurrat, M.      *Partial Discharge Detection Limits of Micro Cavities*  
The 15<sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering, August 27<sup>th</sup> - 31<sup>st</sup>, 2007,  
Ljubljana, Slowenien
- Dziubek, A.  
Kurrat, M.      *Design Rules for Electrodes and Reactors Used for Plasma Treatment in Microfluidic Components*  
The 15<sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering, August 27<sup>th</sup> - 31<sup>st</sup>, 2007,  
Ljubljana, Slowenien
- Wolf, C.  
Gerdinand, F.  
Kurrat, M.      *Electrical Characterization of Conductive Polymer Composites*  
The 15<sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering, August 27<sup>th</sup> - 31<sup>st</sup>, 2007,  
Ljubljana, Slowenien
- Kurrat, M.      *Systemgerechte Einbindung dezentraler Energieversorgungsanlagen in elektrische Energieversorgungsnetze – FEN: Forschungsverbund Energie Niedersachsen*  
7. FKS-Symposium der TU Braunschweig, 06./07. September 2007, Wolfenbüttel
- Braunsberger, U.      *Investigations of the Dielectric Strength of Epoxy Resin*  
18<sup>th</sup> Topical Meeting of the European Electromagnetic Launch Society, September 10<sup>th</sup> -  
12<sup>th</sup>, 2007, Brighton, Großbritannien
- Henning, A.  
Kurrat, M.      *Simulations of the Quench-Behaviour of Coated Conductors with Hot-Spots*  
8<sup>th</sup> European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS) September 16<sup>th</sup> - 20<sup>th</sup>,  
2007, Brüssel, Belgien
- Mutzke, A.  
Rüther, T.  
Lindmayer, M.  
Kurrat, M.      *Simulation der Lichtbogenaufteilung an einem Löschblech*  
19. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar "Kontaktverhalten und Schalten", 26.-28.  
Sept. 2007, Karlsruhe
- Kurrat, M.      *The „EEG“, Act on Renewable Energy and its Consequences to the Grid*  
International Program on Energy 2007, 09. - 19. September 2007, Braunschweig
- Mutzke, A.  
Rüther, T.  
Kurrat, M.  
Lindmayer, M.      *Simulation of the Arc Splitting Process at a Splitter Plate*  
XVII<sup>th</sup> Symposium on Physics of Switching Arc (FSO), September 10<sup>th</sup> - 13<sup>th</sup>, 2007, Brno,  
Tschechische Republik
- Mutzke, A.  
Rüther, T.  
Kurrat, M.  
Lindmayer, M.  
Wilkening, E.-D.      *Modeling the Arc Splitting Process in Low-Voltage Arc Chutes*  
53<sup>rd</sup> International Holm Conference on Electrical Contacts, September 17<sup>th</sup> - 19<sup>th</sup>, 2007,  
Pittsburgh, USA
- Meckler, P.  
Holbe, S.  
Wilkening, E.-D.      *Einfluss organischer Schichten auf Lichtbogenlaufschienen auf das Schaltverhalten von Niederspannungsschaltgeräten*  
19. Albert-Keil-Kontaktseminar, 26.-28. September 2007, Karlsruhe
- Bärwaldt, G.      *Berufsfeld: Energiewirtschaft*  
IdeenExpo 07, Forum JobZoom, 09.10.2007, Hannover
- Schnettler, A.  
Kurrat, M.  
Hinrichsen, V.  
Leibfried, T.      *Schaltanlagen und Netze – Trends und zukünftige Herausforderungen*  
ETG Kongress, 23. - 24. Oktober 2007, Karlsruhe

- Pielke, M.  
Kurrat, M. *Möglichkeiten zur Asset-Optimierung im Nieder- und Mittelspannungsnetz durch netzorientierte Einspeisung dezentraler Erzeuger*  
ETG Kongress, 23. - 24. Oktober 2007, Karlsruhe
- Pielke, M.  
Korte, M.  
Tröschel, M.  
Schulz, Ch.  
Kurrat, M.  
Sloma, F. *Koordination dezentraler Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen für die Verwendung einer netzorientierten Betriebsweise im Verbund*  
ETG Kongress, 23. - 24. Oktober 2007, Karlsruhe
- Henning, A.  
Wehner, A.  
Kurrat, M. *Einsatz von supraleitenden Strombegrenzern in Energieversorgungsnetzen*  
ETG Kongress, 23. - 24. Oktober 2007, Karlsruhe
- Pielke, M.  
Kurrat, M. *Integration of Combined Heat and Power Micro Units into the Low Voltage Network by Using a Grid Oriented Operation Mode*  
2<sup>nd</sup> General Assembly of the European Technology Platform Smart Grids, 08. – 09. November 2007, Bad Staffelstein
- Bärwaldt, G.  
Kurrat, M. *The Operation of Decentralized Storage Systems from the Point of View of the Energy Industry*  
2<sup>nd</sup> International Renewable Energy Storage Conference (IRES II), November 19<sup>th</sup> - 21<sup>st</sup>, 2007, Bonn
- Bärwaldt, G.  
Kurrat, M. *PV-Anlagen im netzorientierten Betrieb*  
4. VWEW-Fachtagung „Photovoltaik und Netzintegration, 21./22. November, Erfurt

## 5.1 Berichte in den Medien – News

- |                                                                                                                                                   |                  |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|
| Radio-Interview mit G. Bärwaldt zum Thema „Standby-Verluste in Haushalten“                                                                        | 17./<br>19.11.06 | NDR Info                                     |
| Artikel über ein Forschungsvorhaben des Instituts mit E.-D. Wilkening und A. Henning zum Thema „Energieversorgung ohne CO <sub>2</sub> -Emission“ | 11.08.07         | Braunschweiger Zeitung                       |
| Vorankündigung des Schulbesuches am Institut mit der Überschrift „Wie kommt der Strom in die Steckdose“                                           | 09.09.07         | Braunschweiger Zeitung                       |
| Bild der Woche: „Gleitentladungen an einer Glasplatte“                                                                                            | 15.09.07         | Braunschweiger Zeitung                       |
| Artikel über ein Forschungsvorhaben des Instituts mit Prof. Kurrat und A. Dziubek zum Thema „Das sind die Mikrolabore der Zukunft“                | 06.10.07         | Braunschweiger Zeitung                       |
| Berichterstattung über den Stand des Instituts auf der IdeenExpo 07 in verschiedensten Nachrichten- und Informationssendungen                     | 06.-<br>14.10.07 | KIKA<br>NDR 3<br>PRO 7<br>WDR<br>ZDF<br>u.a. |
| Berichterstattung von der Podiumsdiskussion mit Prof. Kurrat auf der IdeenExpo 07 zum Thema „Hoffnung ruht auf Kernfusion“                        | 09.10.07         | Hannoversche Allgemeine Zeitung              |
| Berichterstattung zum Besuch von zwei Schulklassen am Institut mit dem Thema „Ein Blitz knallt und zuckt durch die Luft“                          | 10.10.07         | Helmstedter Nachrichten                      |

Berichterstattung zum Besuch von zwei Schulklassen am Institut mit dem Thema „ <i>Ein Blitz knallt und zuckt durch die Luft</i> “	11.10.07	Salzgitter-Zeitung
Berichterstattung zum 1. Braunschweiger Wissenschaftsparlament mit Prof. Kind zum Thema „ <i>Energiepolitik und Klimawandel</i> “	11.10.07	Braunschweiger Zeitung
Artikel mit Prof. Kurrat zum Thema „ <i>Professoren für Klimawende</i> “	16.10.07	Braunschweiger Zeitung
Bild der Woche: „ <i>Elektrische Entladungen an einem Tesla-Trafo</i> “	20.10.07	Braunschweiger Zeitung
Artikel über ein Forschungsvorhaben des Instituts mit E.-D. Wilkening zum Thema „ <i>Sicherheitsschalter aus Braunschweig</i> “	24.11.07	Braunschweiger Zeitung
Bild der Woche: „ <i>Blitzeinschlag ins Puppenhaus</i> “	01.12.07	Braunschweiger Zeitung
Kurzinterview mit Prof. Kurrat zur Weltklimakonferenz in Bali	03.- 14.12.07	Die Zeit El Mundo Frankfurter Allgemeine Zeitung La Republica La Tribune Sunday Times
Interview mit Prof. Kurrat zum Thema „ <i>Aktion ‚Licht aus‘ könnte Stromausfall auslösen</i> “	07.12.07	Braunschweiger Zeitung