

INSTITUT FÜR HOCHSPANNUNGSTECHNIK UND ELEKTRISCHE ENERGIEANLAGEN

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BRAUNSCHWEIG**



JAHRESBERICHT 2001/2002

Anschriften:

**Technische Universität Braunschweig
Institut für Hochspannungstechnik
und Elektrische Energieanlagen**

Abteilung Hochspannungstechnik
Schleinitzstrasse 23, D-38106 Braunschweig
Tel.: 0531-391 7737
Fax: 0531-391 8106
E-Mail: m.kurrat@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/htee/

Abteilung Elektrische Energieanlagen
Schleinitzstrasse 23 A, D-38106 Braunschweig
Tel.: 0531-391 7701
Fax: 0531-391 5830
E-Mail: m.lindmayer@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/htee/

Versuchsanlage Hallendorf
der Abteilung Elektrische Energieanlagen
Westernwiese , D-38229 Salzgitter
Tel.: 05341-8885 11
Fax: 05341-8885 33

Redaktion: M. Kurrat

J a h r e s b e r i c h t

2001 / 2002

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| Vorwort | 1 |
| 1 Personelle Besetzung | 3 |
| 2 Lehre | |
| 2.1 Vorlesungen und Praktika | 6 |
| 2.2 Studienseminare | 9 |
| 2.3 Studienarbeiten | 9 |
| 2.4 Diplomarbeiten | 11 |
| 3 Berichte aus Forschung und Entwicklung | |
| 3.1 Kurzberichte aus laufenden Vorhaben | 12 |
| 3.2 Dissertationen | 35 |
| 4 Besondere Ereignisse | 41 |
| 5 Veröffentlichungen und Vorträge | 54 |

Sehr geehrte Freunde des Instituts,

nachdem wir seit unserem letzten Zweijahresbericht 1997/98 eine Pause eingelegt hatten, haben wir uns entschlossen, mit diesem Bericht die gute Tradition der Berichterstattung auf diesem Wege, zusätzlich zur Information über unsere Homepage wieder aufzunehmen.

Nach der tragischen Erkrankung von Professor Stietzel und seinem Tod im September 1999 mußten noch mehr als zwei Jahre vergehen, bis die Abteilung Hochspannungstechnik mit der Berufung und schließlich dem Dienstantritt von Prof. Dr. Michael Kurrat am 1.10.2001 als ihrem Leiter ihre volle Handlungsfähigkeit wiedererlangte. Einen guten Teil zu dieser Verzögerung trug das zuständige niedersächsische Ministerium mit seiner starren, uneinsichtigen Berufungspolitik bei. Wir möchten uns an dieser Stelle bei allen herzlich bedanken, die sich in dieser Zeit engagiert für die Belange der Abteilung und des Instituts eingesetzt haben. Dies gilt insbesondere für den TU-Präsidenten Prof. Dr. Litterst und Herrn Kanzler Wagner. Herrn Dr. Knobloch danken wir besonders, daß er in selbstloser Weise vorübergehend die Hochspannungstechnik-Vorlesung übernommen hat.

Herrn Prof. Kärner, der die Braunschweiger Hochspannungstechnik ein Vierteljahrhundert lang in Lehre und Forschung geprägt hat, und der sich auch nach seiner Emeritierung in der Notsituation um deren fachliche Leitung kümmerte, ist das Institut zu ganz besonderem Dank verpflichtet. Mit der Übergabe an seinen Nachfolger konnte er im Oktober 2001 endlich endgültig seinen verdienten Ruhestand antreten. Wir wünschen ihm gute Gesundheit, und hoffen, dass er den Ruhestand genießt.

In diesem Bericht möchten wir Ihnen die Tätigkeitsbereiche der neuen Mannschaft des Institutes näherbringen. Die Kernkompetenzen der Abteilung Hochspannungstechnik werden sich in Wahrung einer gewissen Kontinuität über die folgenden Bereiche erstrecken:

- Entwicklung und Beurteilung von neuen Verbundwerkstoffen für Isolationssysteme im Freiluftbereich und in gasisolierten metallgekapselten Schaltanlagen.
- Grundlegende Untersuchungen zur elektrischen Festigkeit im Hochvakuum für den Bereich Hochspannungs-Vakuumschalter.
- Systembetrachtungen zur Einbeziehung regenerativer Energien in die bestehende Energiewirtschaft.

Die Lehrveranstaltungen für die Hochspannungstechnik sind, auf den bisherigen Vorlesungen aufbauend, aktualisiert und entsprechend der Paarung von solidem Grundlagenwissen und Systembetrachtungen modernisiert. Das Angebot umfasst zwei einsemestrige Hochspannungsvorlesungen zu den Themen Grundlagen und Anwendungen der Hochspannungstechnik sowie eine einsemestrige Vorlesung zum Thema Regenerative Energien. Die zweiseimestrige Vorlesung Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauer ist von Prof. Lindmayer auf Prof. Kurrat übergegangen.

Die Abteilung Elektrische Energieanlagen mit ihren zwei Standorten in Braunschweig (Schwerpunkte Schaltvorgänge und Schalterplasmen in der elektrischen Energietechnik) und Salzgitter-Hallendorf (Schwerpunkte plasmatechnische Verfahren, Kooperation mit der Fusionsforschung) führte ihre anerkannten Arbeiten auf diesen Gebieten in Kooperation mit zahlreichen Partnern fort, wobei eine Reihe neuer Projekte begonnen werden konnte. Der aus Drittmitteln finanzierte Personalstand erreichte im Berichtszeitraum ein zuvor noch nicht erreichtes Maximum, hat damit aber auch eine Grenze erreicht, bei der eine gewissenhafte wissenschaftliche Betreuung durch einen Professor gerade noch möglich ist.

Im Berichtszeitraum wurden die Ergebnisse der Ende 2000 mit der Begehung der Institute durch die Peers abgeschlossenen "Forschungsevaluation Elektrotechnik an niedersächsischen Hochschulen" veröffentlicht. Neben einer erfreulich guten Bilanz für den gesamten Fachbereich Elektrotechnik der TU Braunschweig freuen wir uns über die sehr positive Beurteilung der Arbeiten des Instituts und seiner Wissenschaftler. An permanente Evaluationen und den damit verbundenen Aufwand werden wir uns wohl gewöhnen müssen, ob es uns paßt oder nicht. Für 2003 steht dem Fachbereich die nächste Lehrevaluation ins Haus. Seit 1996/97 ist das dann die dritte Evaluation.

Für die Bereicherung und Abrundung unseres Vorlesungsangebotes konnten für die Lehrveranstaltungen „Energiewirtschaft und Kraftwerke“ sowie „Wirtschaftliche Entwicklung von Geräten der Energietechnik“ die Herren Dr. Waitschat und Dr. Knobloch als Lehrbeauftragte gewonnen werden, und es bleibt anzumerken, dass dieses Angebot von den Studenten gut angenommen wird.

Die Studentenzahlen befinden sich auf einem stabilen Niveau. Die Anfängerzahlen im Wintersemester liegen z.Z. bei 220 Studenten. Erfreulicherweise konnten die in der Berichtszeit eingeworbenen Drittmittelstellen sowie die vakanten Haushaltsstellen wieder ohne größere Zeitverzögerungen besetzt werden.

Im Bereich der nichtwissenschaftlichen Mitarbeiter haben sich ebenfalls erhebliche personelle Veränderungen eingestellt. Mit der Verabschiedung der Herren Wolfgang Gottschalk, Hans-Joachim Müller, Rainer Wachholz und Helge Winkler hat das Institut tatkräftige Mitarbeiter in den wohlverdienten Ruhestand gehen lassen müssen. Viele Zeichnungen, Geräte und Einrichtungen, die sie mit viel Einsatz und Freude geschaffen haben, werden uns noch lange an sie erinnern. Wir wünschen ihnen Gesundheit und alles Gute. Natürlich wünschen wir den Nachfolgern, dass sie neben ihrer Arbeit ebenfalls viel Freude haben.

Abschließend möchten wir unseren ganz besonderen Dank an die Förderer und Kooperationspartner richten. Ohne die Unterstützung durch BMBF, DFG, AiF, und den zahlreichen Freunden sowie Kooperationspartnern in der Industrie und in den Forschungsinstitutionen wäre die Durchführung der vielen in diesem Bericht vorgestellten Arbeiten nicht möglich gewesen.

Braunschweig, im Dezember 2002



M. Lindmayer



M. Kurrat

Personelle Besetzung des Instituts (Stichtag 31.12.2002)

| | |
|-------------------------------------|---|
| Vorstand: | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer (geschäftsführender Leiter) |
| | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat |
| Professoren im Ruhestand: | Prof. em. Dr.-Ing. Adil Erk Braunschweig |
| | Prof. em Dr.-Ing. Dr. h. c. Herrmann Kärner Tegernsee |
| | Prof. a. D. Dr.-Ing. Jürgen Salge Salzgitter-Osterlinde |
| Honorarprofessoren: | Prof. Dr.-Ing. Bernhard von Gersdorff Berlin |
| | Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dieter Kind Braunschweig |
| Lehrbeauftragte: | Dr.-Ing. Hartmut Knobloch Berlin |
| | Dr.-Ing. Harald Waitschat Braunschweig |
| Sekretariat in Braunschweig: | Monika Georgi Barbara Winter |
| Sekretariat in Hallendorf: | Christine Nardmann |
| Akademische Oberräte: | Dr.-Ing. Werner Kodoll Dr.-Ing. Ernst-Dieter Wilkening |
| Wissenschaftlicher Angestellter: | Dr.-Ing. Ulrich Braunsberger |

| | |
|---|---|
| Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: | Dipl.-Ing. Frank Barcikowski Dipl.-Ing. Tobias Braunsberger Dipl.-Ing. Michael Budde Dipl.-Ing. Arkadiusz Dziubek Dr.-Ing. Vladimir Ermel Dipl.-Ing. Frank Gerdinand Dipl.-Ing. Jörn Grundmann Dipl.-Ing. Alexander Horn Dipl.-Ing. Erik Marzahn Dipl.-Ing. Peng Li Dipl.-Ing. Ulf Schümann Dipl.-Ing. Volker Schwanitz Dipl.-Ing. Kathrin Steinke Dipl.-Ing. Carsten Thode Dipl.-Ing. Diethelm von der Fecht |
| Technische Angestellte: | Norbert Schmidt Susanne Wahl Bernhard Wedler |
| Werkstätten in Braunschweig: | Hans-Jürgen Rietz (Werkstattleiter) Frank Haake Klaus-Dieter Kozowsky Reinhard Meyer Hans-Dieter Wohld |
| Werkstatt in Hallendorf: | Kerstin Rach (Werkstattleiterin) Dietmar Obst Dieter Pochwat Manfred Stövesand |
| Auszubildender: | René Freißler |
| Bedienstete der Hausverwaltung in Hallendorf: | Monika Lobermeier Klaus Schrödl |

Folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind seit dem 01.01.1999 ausgeschieden:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Am 31.01.1999 | Dr.-Ing. René Kalms |
| Am 31.03.1999 | Dr.-Ing. Henning Mosebach |
| Am 31.03.1999 | Dr.-Ing. Henning Meier |
| Am 30.04.1999 | Dr.-Ing. Cord-Chr. Hering |
| Am 31.07.1999 | Dr.-Ing. Jens Seifert |
| Am 31.08.1999 | Dipl.-Ing. Harald Janssen |
| Am 30.11.1999 | Dipl.-Ing. Gerd Düning |
| Am 30.06.2000 | Dr.-Ing. Lutz Drews |
| Am 30.04.2001 | Hans-J. Müller |
| Am 30.04.2001 | Helge Winkler |
| Am 31.07.2001 | Dipl.-Ing. Dirk Styhler |
| Am 30.09.2001 | Rainer Wachholz |
| Am 31.12.2001 | Dipl.-Ing. Stefan Giere |
| Am 24.01.2002 | Steffen Steidl |
| Am 31.01.2002 | Thomas Duda |
| Am 31.01.2002 | Arthur Kapitza |
| Am 31.01.2002 | Erik Klawonn |
| Am 28.02.2002 | Wolfgang Gottschalk |
| Am 31.08.2002 | Dipl.-Ing. Stefan Temborius |
| Am 31.10.2002 | Dr.-Ing. Jens Tepper |

Als wissenschaftliche Hilfskräfte waren seit dem 01.01.1999 tätig:

| | | |
|----------------------|-------------------|---------------------|
| Peter Alm | Alexander Horn | Mohammad Rezaï |
| Silvana Arsova | Kristine Horn | Thorsten Riekmann |
| Marcus Baxmann | Bernd Hornburg | Thomas Rütter |
| Christiane Besch | Elmar Hummes | Jörn Runge |
| Michael Budde | Sven Hunold | Kristine Sack |
| Joachim Braunsberger | Jan-Casper Kaiser | Jan Philipp Schlutt |
| Matthias Dechenthin | Florian Körner | Michael Schmidt |
| Andreas Duderstadt | Frank Kohl | Bernhard Schönfuß |
| Arkadiusz Dziubek | Carsten Langmack | Mathias Schreiber |
| Mike Eichhorn | Daniela Lücke | Ulf Schümann |
| Thorsten Faust | Alexander Mai | Sarah Schwarz |
| Rita Foppe | Benjamin Meyer | Christian Seel |
| Ingo Freudenberg | Nikias Meyer | Olaf Slabon |
| Frank Gerdinand | Tobias Michler | Jens Spieker |
| Katrin Gerlach | Nicole Möhring | Sebastian Stotz |
| Markus Grossmann | Sven Morich | Lars Tepper |
| Jörn Grundmann | Alexandra Mutzke | Sridhar Thatikonda |
| Alexander Henning | Ben Aicha Owasfi | Carsten Thode |
| Dirk Henschke | Vijay Ponnada | Faical Turki |
| Michael Hettig | Matthias Ramm | Henning Wöhl-Bruhn |

2 Lehre

2.1 Vorlesungen und Praktika

Professor Dr.-Ing. Manfred Lindmayer

Grundlagen der elektrischen Energietechnik¹ (WS 97/98; WS 98/99) 4 V, 1 Ü
(gemeinsam mit Prof. Canders)

Der von Prof. Lindmayer vertretene Anteil beinhaltet:

Grundzüge der elektrischen Energiewirtschaft • Übertragung elektrischer Energie • Grundlagen der Hochspannungstechnik (Hochspannungsversuchstechnik, elektrisches Feld, elektrische Festigkeit, Gasdurchschlag).

Elektrische Energieanlagen I (SS 97; SS 98) 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 96/97; WS 97/98) 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.

Numerische Berechnungsverfahren (WS 96/97; WS 97/98; WS 98/99) 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 97; SS 98) 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 96/97; WS 97/98; WS 98/99) 4 V

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

¹Pflichtveranstaltung für alle Studierenden der Elektrotechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens
Elektrotechnik

Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauer² (WS 01/02 – WS 02/03) 2 V, 1Ü

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

Hochspannungstechnik I (SS 02) 2 V, 1Ü

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

Berechnung von elektrischen Feldern in Isoliersystemen – Beschreibung der Entstehung und Berechnung der Ausbreitung von Überspannungen in Netzen - Übersicht der Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen – Einführung in die elektrische Festigkeitslehre von Isoliersystemen - Einführung in die statistische Berechnung von Durchschlagsprozessen – Bestimmung der elektrischen Festigkeit von Isoliergasen – Beschreibung der Prozesse beim Vakuumdurchschlag – Bestimmung der elektrischen Festigkeit von Isoliersystemen mit festem Isolierstoff

Hochspannungstechnik II (WS 02/03) 2 V, 1Ü

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

Übersichtspraktikum „Hochspannungstechnik“ (WS 00/01; WS 01/02; WS 02/03) 3 L

Aufbaupraktikum „Hochspannungstechnik“ (WS 00/01 – WS 02/03) 2 L

² Pflichtvorlesung für alle Maschinenbauer im 3. und 4. Semester

Prof. Dr.-Ing. Werner Leonhard

Technische Fragen bei der Liberalisierung
der elektrischen Energieversorgung

(SS 02) 2V

Dr.-Ing. Harald Waitschat

Elektrische Energiewirtschaft und Kraftwerke

(WS 01/02;WS 02/03) 2 V, 1Ü

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 02/03) 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.

2.2 Studienseminare

Im WS 2001/2002 wurden folgende Seminarvorträge gehalten:

| | |
|---------------------|---|
| Thomas Rüter | Neue Anforderungen in der Energieversorgung im Automobil durch Anhebung der Versorgungsspannung auf 42 V DC (Springstube) |
| Florian Körner | „POWERLINE“ – Internet aus der Steckdose (Marzahn) |
| Torsten Faust | Ist eine Energiekrise wie in Kalifornien auch in Deutschland denkbar? (Giere) |
| Tobias Braunsberger | Energieversorgung im Jahr 2050 (Steinke) |
| Christian Schulz | Wie sauber sind erneuerbare Energien? (Schümann) |

2.3 Studienarbeiten (Bearbeitungszeit 10 Wochen)

| | |
|------------------------|---|
| Christiane Besch | Experimentelle Untersuchung der feuchtigkeitsbedingten Degradationsprozesse in gefüllten Gießharzisolierstoffen: Rezepturoptimierung im Hinblick auf elektrische und mechanische Festigkeit (Gerdinand) |
| Thomas Bölke | Grundsatzuntersuchungen zur Simulation der Wärmestrahlung mit ANSYS (Barcikowski) |
| Joachim Braunsberger | Experimentelle Untersuchung zum Durchschlagsverhalten von Elektroden im Vakuum (Schümann) |
| Tobias Braunsberger | Experimentelle Untersuchung der feuchtigkeitsbedingten Degradationsprozesse in gefüllten Gießharzisolierstoffen: Rezepturoptimierung am System W12 (Gerdinand) |
| Michael Budde | Optimierung der Plasmaoberflächenbehandlung von speziellen Aluminiumoxidmehlen (Gerdinand) |
| Torsten Faust | Untersuchung des Lichtbogenverhaltens in strombegrenzenden Schaltkammern (Marzahn) |
| Diethelm von der Fecht | Entwicklung einer Bedienoberfläche mittels LabVIEW sowie experimentelle Untersuchungen zum Durchschlagsverhalten von Elektroden in Abhängigkeit der Oberflächenbeschaffenheit und Fläche (Schümann) |

| | |
|---------------------|---|
| Jürgen Hansen | Experimentelle Untersuchung zum Durchschlag von Elektroden mit Borda-Profil im Ultrahochvakuum bei Beanspruchung mit Wechselspannung und Blitzstoßspannung (Schümann) |
| Volker Kuhn | Betriebserfahrungen mit Isolatoren in der Energietechnik. Grundlagen, Eigenschaften, Anwendungen und Einsatzgebiete von Kunststoffisolatoren (Gerdinand) |
| Fabian Luckmann | Experimentelle Untersuchung der feuchtigkeitsbedingten Degradationsprozesse in gefüllten Gießharzisolierstoffen: Überprüfung der mechanischen und elektrischen Festigkeit bei künstlich beschleunigter Alterung (Gerdinand) |
| Lutz Markus | Experimentelle Untersuchung der feuchtigkeitsbedingten Degradationsprozesse in gefüllten Gießharzisolierstoffen: Überprüfung der mechanischen und elektrischen Festigkeit bei künstlich beschleunigter Alterung an einem modifizierten, silanisierten Quarzmehl (Gerdinand) |
| Tobias Michler | Innovative Energiesysteme (Dr. Newi) |
| Nicole Möhring | Inbetriebnahme eines Thermoanalysegerätes zur Bestimmung des Glasübergangspunktes von Kunststoffen mittels der dynamischen Differenz Kalorimetrie (Gerdinand) |
| Alexandra Mutzke | Untersuchungen zur Simulation des Wärmehaushaltes eines Leistungsschalters mit ANSYS (Barcikowski) |
| Mohammad Rezaei | Entwurf und Aufbau einer Parallelprüfanlage für Wechselspannungen bis 100 kV (Gerdinand) |
| Mathias Schreiber | Elektrische Designoptimierung von Verbundisolatoren mittels elektrischer Finite-Elemente-Feldberechnungen: Experimentelle Verifizierung der theoretischen Ergebnisse im Hochspannungslabor (Gerdinand) |
| Meike Schumann | Experimentelle Untersuchung der feuchtigkeitsbedingten Degradationsprozesse in gefüllten Gießharzisolierstoffen für die GIS-Technik: Überprüfung der mechanischen und elektrischen Festigkeit bei künstlich beschleunigter Alterung (Gerdinand) |
| Fabrice Schwarzmann | Experimentelle Untersuchung der feuchtigkeitsbedingten Degradationsprozesse in gefüllten Gießharzisolierstoffen: Optimierung von Freiluftsystemen bezüglich ihrer Langzeitbeständigkeit (Gerdinand) |

2.4 **Diplomarbeiten** (Bearbeitungszeit 6 Monate)

| | |
|----------------|---|
| Michael Budde | Experimentelle Untersuchung zum Durchschlagsverhalten von Elektroden im Vakuum in Abhängigkeit von der Fläche unter Berücksichtigung der Gesamtkapazität der Anordnung (Schümann) |
| Torsten Faust | Numerische Berechnungen zu Geräten in der Energietechnik mit dem FEM Programm ANSYS (Barcikowski) |
| Bernd Hornburg | Entwurf, Aufbau und Inbetriebnahme eines Wirbelbettes zur Plasmabehandlung und zur Beschichtung von dispersiven Medien (Gerdinand) |
| Florian Körner | Planung und Aufbau einer synthetischen Schalterprüfanlage bis 1,8 kV bei Frequenzen von 380 bis 800 Hz (von der Fecht) |
| Thomas Rüter | Inbetriebnahme eines Versuchsschalters für Doppelunterbrechungen (Horn) |
| Jörn Runge | A Raman Microscopy Study of Electrical Treeing in Polyethylene (extern) |
| Mohammad Rezai | Simulation eines Rohrschneckenreaktors zur Plasmaoberflächenbehandlung von dispersiven Füllstoffen durch kalte Plasmen (Barrirentladungen) (Gerdinand) |

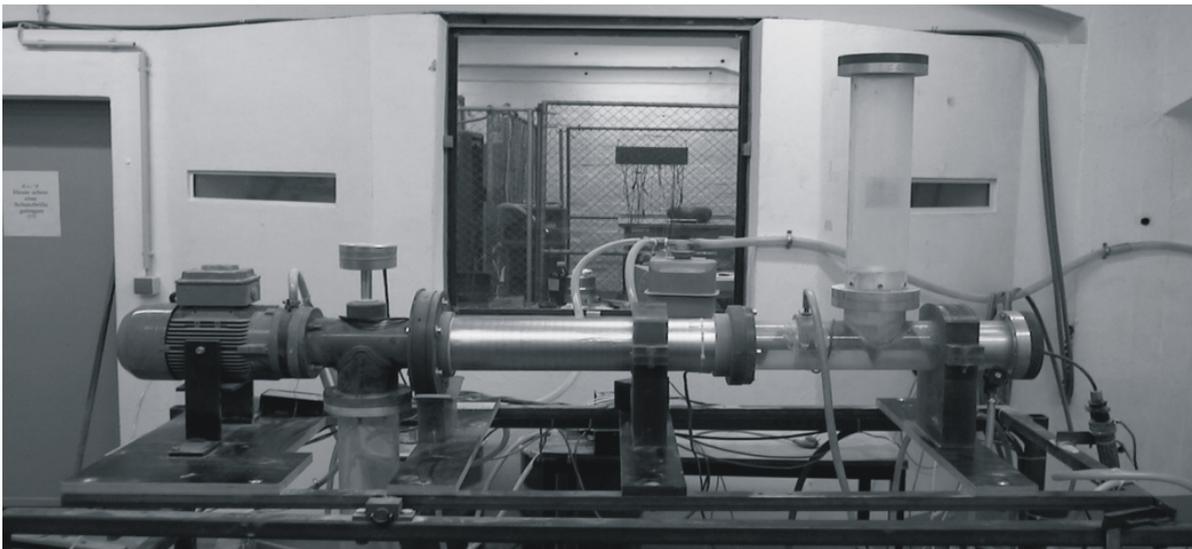
3 Berichte aus Forschung und Entwicklung

3.1 Kurzberichte aus laufenden Vorhaben

Grenzflächen- und Verbundprobleme in mineralisch gefüllten Epoxidharzformstoffen

Frank Gerdinand

In diesem Forschungsvorhaben wird die mikroskopische Verbundproblematik bei mineralisch gefüllten Epoxidharzformstoffen untersucht, die in der Hochspannungsisoliertechnik eingesetzt werden. Aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften und einfachen Herstellungstechnologie sind mineralisch gefüllte Epoxidharze in der modernen Gerätetechnologie unverzichtbare Isolierwerkstoffe. Die verwendeten Füllstoffe werden z.T. mittels einer Plasmabehandlung aktiviert und nachträglich mit Haftvermittlern beschichtet. Durch Auswahl geeigneter Prüf- und Diagnoseverfahren, die die oben beschriebenen Effekte abbilden, können die jeweiligen Formstoffe bezüglich ihrer Verbundqualität beurteilt werden.



Anlage zur Plasmabehandlung von Füllstoffen

Hydrophobietransfer polymerer Werkstoffe

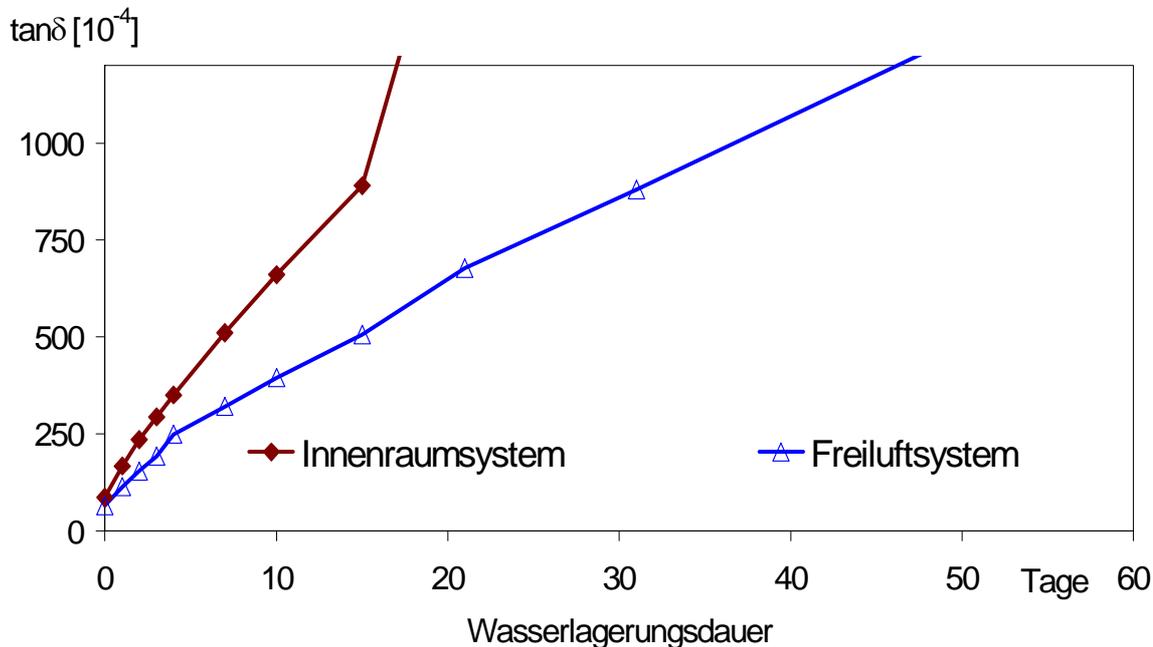
Frank Gerdinand, Arkadiusz Dziubek

Die Hydrophobie (wasserabweisendes Verhalten) stellt eine herausragende Eigenschaft für einen Hochspannungsisolator dar. Mit diesem, vor allem auf verschmutzten Oberflächen, wirksamen Mechanismus lassen sich Oberflächenentladungen und Kriechströme stark vermindern. Am Institut werden Untersuchungen zur Übertragung der Hydrophobie auf Fremdschichten durchgeführt und als Qualitätssicherungsverfahren für verschiedene Hersteller und Anwender genutzt. Hierzu wird die Transfergeschwindigkeit während einer vorgegebenen Zeitspanne gemessen.

Einsatz der dielektrischen Diagnose zur Beurteilung des Zustandes von Hochspannungsisolierungen

Michael Budde, Frank Gerdinand

Polymere organische Verbundwerkstoffe wie quarzmehlgefüllte Epoxidharze werden zur elektrischen Isolierung in vielen Hochspannungsgeräten eingesetzt. Als Anwendungsbeispiele sind Isoliersysteme im Freiluftbereich, Gießharzstützer für Innenraumanlagen, Stützer für gasisolierte Anlagen, Isolierstoffverkleidungen und Isolierstoffelemente von Schaltgeräten sowie Hauptisolierungen von Trockentransformatoren zu nennen. Im Vergleich zu keramischen Werkstoffen oder Glas besitzen Verbundwerkstoffe auf der Basis von Epoxidharz und GFK eine Reihe von Vorteilen. Neben der flexiblen und wirtschaftlichen Herstellbarkeit, dem geringen Gewicht und kleinen Abmessungen sind die sehr guten elektrischen, dielektrischen und mechanischen Eigenschaften zu nennen. Einer breiten Anwendung in Betriebsmitteln für den Freiluftbereich steht heute jedoch das noch nicht genau bekannte Alterungs- und Degradationsverhalten unter Umwelt und Feuchtigkeitseinwirkung entgegen. Ziel des Vorhabens ist es, eine zuverlässige Zustandsbewertung von Isolierwerkstoffen anhand der dielektrischen Diagnose (siehe Bild) und Teilentladungsmessungen sowohl im Labor als auch Vor-Ort zu erstellen. Als Vergleichsgrundlage dienen hierfür im Labor modellhaft gealterte Isolierstoffproben.



Verlustwinkel von mineralisch gefüllten Epoxidharzen während einer künstlich beschleunigten Alterung

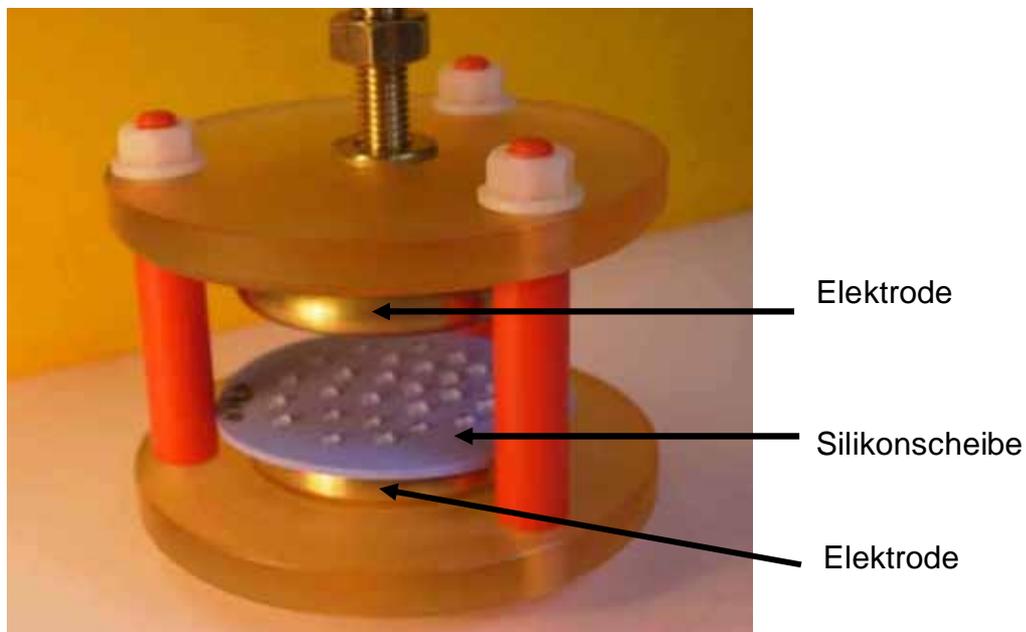
Tropfenkorona bei Silikon und Epoxidharz

Arkadiusz Dziubek, Dr. Werner Kodoll

Hydrophobie ist ein wichtiger Faktor für Verbundwerkstoff-Freiluftisolatoren. Sie verhindert die Ausbildung von leitfähigen Filmen auf der Oberfläche. Es bilden sich Wassertropfen, die das elektrische Feld verändern. Dadurch entstehen Teilentladungen zwischen den Tropfen und führen zu einer Verringerung der Hydrophobie.

Zur Beobachtung der Tropfenkorona und der Hydrophobie soll ein einfacher Versuchsaufbau verwendet werden. Die Tropfen werden mit einer Pipette auf den Isolierstoff aufgesetzt. Die elektrische Belastung des Isoliermaterials findet zwischen zwei Plattenelektroden statt (siehe Bild). Die Teilentladungen werden mit einem TE-Messgerät Typ LD6C kontinuierlich aufgezeichnet. Durch das elektrische Feld und die Teilentladungen verändern sich Form und Lage der Tropfen. Die Hydrophobie wird nach dem einfachen Verfahren der STRI-Klassifikation bewertet. Dazu sollen in einem nächsten Schritt die Tropfen mit einer Digitalkamera aufgenommen werden.

Neben den Silikon gibt es auch hydrophobe Epoxidharze. Die guten Erfahrungen mit Silikon im Freilufteinsatz lassen erwarten, dass sich auch die hydrophoben Epoxidharze erfolgreich bewähren werden. Der Versuchsaufbau ermöglicht einen Vergleich der Hydrophobie der unterschiedlichen Materialien bei Belastung mit Tropfenkorona.



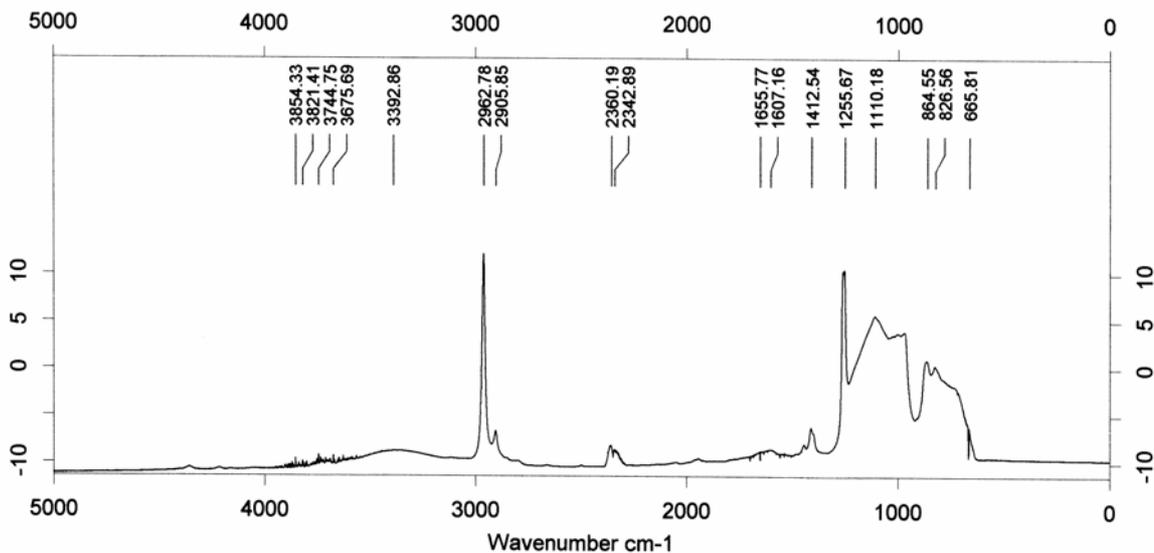
Versuchsaufbau mit Silikonscheibe

Modellbildung zur Bewertung der Hydrophobie von Silikonelastomeren hinsichtlich der elektrischen Feldbelastung unter Freiluftbedingungen

Tobias Braunsberger

Silikonelastomere werden für Verbundisolatoren im Freiluftbereich eingesetzt, wie z.B. Langstabilisatoren für Freileitungen oder Hohlisolatoren zur Aufnahme von Hochspannungsgeräten. Aufgrund ihrer Materialeigenschaften besitzen Silikonelastomere ein wasserabweisendes (hydrophobes) Verhalten, das im Freiluftbereich ein entscheidendes Qualitätsmerkmal ist. Diese Eigenschaften können aber durch äußere Einflüsse wie starke Verschmutzung oder Entladungen auf der Oberfläche oder starke elektrische Feldbelastungen kurzzeitig verloren gehen. Die Folge kann unter ungünstigen Umständen der teilweise oder vollständige Verlust der Isolationsfähigkeit der Isolatoroberfläche sein, d.h. ein Überschlag findet statt, der eine Abschaltung der Energieversorgung erzwingt.

Hersteller und Anwender suchen nach Verfahren für die Bewertung von Silikonelastomeren hinsichtlich der Hydrophobiegeneration unter den genannten Einflüssen. Bisher war das Hauptaugenmerk auf die Untersuchung des Verlustes und der Wiederkehr der Hydrophobie unter Verschmutzungsbedingungen gerichtet. Ziel dieser Arbeit ist es, ebenso wichtige Einflüsse wie elektrische Feldbelastung und Oberflächenentladungen zu bewerten. An einer Auswahl von Silikonelastomeren werden Hydrophobieverlusten durch elektrische Feldbelastung, Einsatzbedingungen für Oberflächenentladungen und Hydrophobieverlusten durch Oberflächenentladungen ermittelt. Zur Untersuchung der Oberfläche wird z.B. die Technik der abgeschwächten Totalreflexion (ATR) mit Infrarotlicht eingesetzt. Aufbauend auf den Ergebnissen soll ein Modell zur Bewertung der Hydrophobiegeneration von Silikonelastomeren entwickelt werden.



ATR-IR-Spektrum einer nicht gealterten Silikonoberfläche

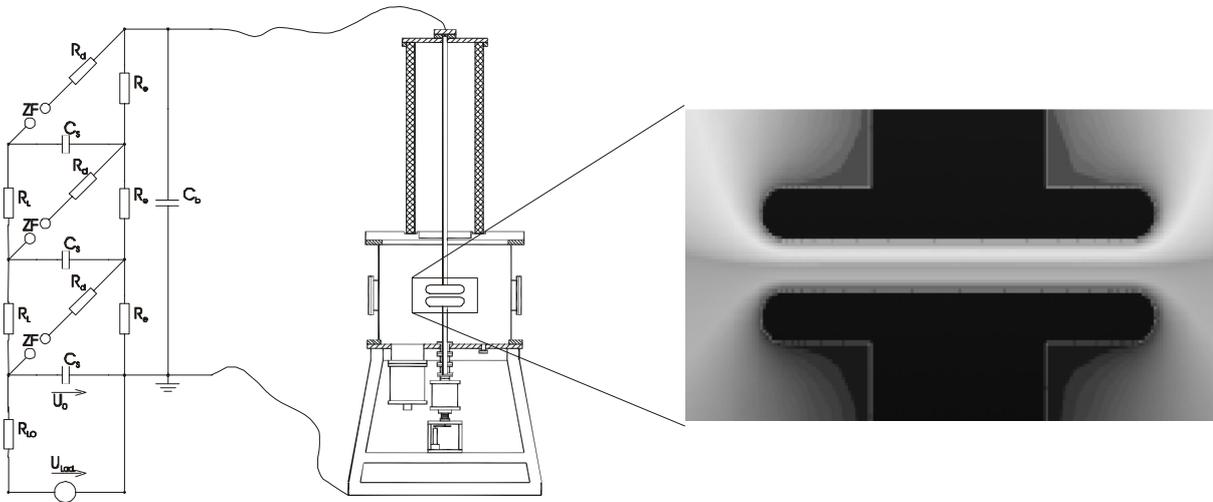
Kaltspannungsfestigkeit von Elektrodenanordnungen im Vakuum

Ulf Schümann

Die Spannungsfestigkeit von Kontaktanordnungen steigt im Vakuum degressiv mit der Schlagweite an, so dass sich das Schaltprinzip im Vakuum bisher nicht gegen herkömmliche SF6-Systeme in den höheren Spannungsebenen durchsetzen kann. Für die Zukunft wäre es jedoch wünschenswert, die heute eingesetzten SF6-Systeme durch umweltfreundliche Vakuumschalter zu ersetzen. Hierzu müssen die Durchschlagsmechanismen besser bekannt sein, um geeignete Kontaktgeometrien und Werkstoffe entwickeln zu können.

Zahlreiche Untersuchungen zeigen, daß der genaue Zusammenhang zwischen Durchschlagsspannung und Schlagweite von einer Reihe von Parametern abhängig ist. Elektrodenform, Elektrodenmaterialien, Schlagweite, Druck, Schirmung, Oberflächen- und Konditionierungszustand haben Einfluss darauf.

Diese Forschungsarbeit untersucht insbesondere den Einfluß der Oberflächenstruktur und der Gesamtfläche (Areaeffect) der Anordnung auf die Durchschlagsspannung mit dem im Bild gezeigten Versuchsaufbau. Außerdem werden Untersuchungen durchgeführt, die klären sollen, ob es sich bei einem Durchschlag um einen partikelinduzierten oder einen feldemissionsbedingten Durchschlag handelt.



Versuchsaufbau und Potentialverteilung einer symmetrischen Elektrodenanordnung im Vakuum

Verhalten von Vakuum-Leistungsschaltern bei hohen Schaltleistungen

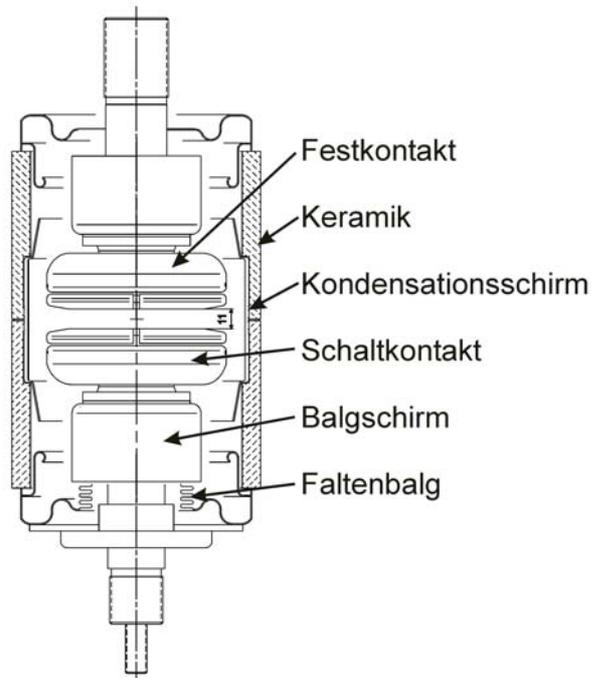
Kathrin Steinke

Die Forschungsarbeit an Vakuumschaltern verfolgt heute einerseits das Ziel, eine Erklärung für die physikalischen Vorgänge im Schaltsystem zu finden, andererseits soll der Vakuumschalter durch neue Komponenten immer preisgünstiger und kompakter werden. Eine weitere Aufgabe besteht in der Steigerung der Schaltleistung der Vakuumschalter durch Erhöhen der Spannungsfestigkeit.

Am Institut können sowohl komplett industriell gefertigte Prototypen (s. Bild) als auch einzelne Schalterkomponenten wie z.B. Schirme und Kontaktsysteme untersucht werden. Hierfür steht eine synthetische Schalterprüfanlage nach dem Weil-Dobke-Prinzip zur Verfügung. Mit Hilfe von Kondensatorbänken können Ströme bis maximal 85 000 A bei einer wiederkehrenden Spannung von maximal 160 000 V bereitgestellt werden. Zur visuellen Überwachung des Lichtbogenverhaltens steht eine Schnellfilmkamera zur Verfügung, die 20 000 Bilder/s aufnehmen kann.

Das derzeitige Forschungsvorhaben umfaßt Schaltversuche mit effektiven Kurzschlußströmen von 30 bis 60 kA bei einer Nennspannungsebene von 36 kV. Um Ströme in dieser Größenordnung abzuschalten, kommen sogenannte Axialmagnetfeldkontakte zum Einsatz. Es werden verschiedene Bauformen der Kontakte und Schirmmaterialien untersucht.

Sowohl die Ermittlung der Schaltleistung als auch die Messung des Nachstromes sind von Interesse. Der Vakuumschalter ist ein Nullpunktlöscher, d.h. er kann nur zum jeweiligen Stromnulldurchgang des sinusförmigen Kurzschlußstromes diesen unterbrechen. Nach Stromnull schwingt die Spannung über der Schaltstrecke ein und zieht die noch in der Schaltstrecke befindlichen Ladungsträger ab, die als Nachstrom gemessen werden können. Dieser ist ein Maß für die noch in der Schaltstrecke vorhandene Ionisierung. Die Nachströme haben bei den hier durchgeführten Untersuchungen ein Maximum $< 10 \text{ A}$ und sind nach spätestens $10 \mu\text{s}$ abgeklungen. Durch Integration des Nachstromes erhält man die Nachstromladung. Diese Meßgrößen sind wichtig für die Erklärung der während des Schaltens ablaufenden physikalischen Prozesse. Die Werte der einzelnen Nachstrommessungen beginnen stark zu streuen, sobald die Schaltleistungsgrenze des Schaltsystems erreicht wird. Jüngste Messungen haben eindeutig gezeigt, daß es einen Zusammenhang zwischen hohem Nachstrom und Versagen der Schaltstrecke gibt, obwohl die Versager zumeist erst nach Abklingen des Nachstromes auftreten.



Typischer Aufbau eines industriell gefertigten Vakuumleistungsschalters

Kontaktmaterialien für Vakuumschütze

Stefan Temborius

In diesem Forschungsvorhaben werden die Schalteigenschaften verschiedener Kontaktmaterialien, die für eine Verwendung in Vakuumschützen infrage kommen, untersucht. Kontaktmaterialien müssen eine Reihe vielfältiger, oft widersprüchlicher Eigenschaften gerecht werden. Allen voran steht eine hohe Ausschaltleistung. Diese wird gefordert bei gleichzeitig niedrigem Choppingstrom und gutem Abbrandverhalten. Zusätzlich müssen die Werkstoffe eine hohe thermische und elektrische Leitfähigkeit aufweisen.

Von besonderen Interesse sind für Vakuumschütze Materialien auf der Basis von Wolframcarbid mit Silber bzw. Kupfer als niedrig siedende, gut leitende Komponente. Sie werden auf ihre Ausschaltleistung, Choppingverhalten, Abbrandverhalten und den Zustand der Kontaktfläche sowie der Gefügestruktur nach der Schaltbelastung untersucht. Ein weiteres Ziel des Vorhabens ist es, innerhalb einer Materialgruppe ebenso Einflüsse durch die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Komponenten des Verbundwerkstoffes wie auch durch die Verwendung unterschiedlicher Korngrößen des Ausgangspulvers der Refraktärkomponente festzustellen.

Die Untersuchungen werden in einem demontierbaren Vakuumversuchsgefäß durchgeführt, dessen Kontakt-Schirm-Anordnung im geöffneten wie geschlossenen Zustand schematisch in **Bild 1** dargestellt ist. Die Kontaktstücke haben einen Durchmesser von 19 mm und eine maximale Dicke von 3 mm. Der Kontaktabstand im geöffneten Zustand beträgt 7 mm. Die Kontakttrennung erfolgt mit einer mittleren Geschwindigkeit von 0,84 m/s, wodurch der maximale Abstand innerhalb von ca. 8,5 ms erreicht wird. Umgeben ist das Kontaktpaar von einem OFHC-Kupferschirm mit einem Innendurchmesser von 34 mm. Der Schirm ist mit dem unteren, feststehenden Kontakt elektrisch leitend verbunden.

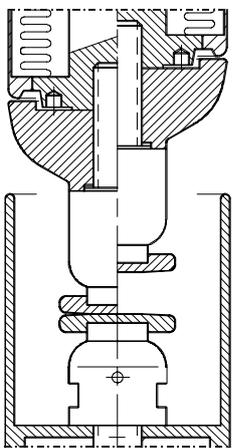


Bild 1: Kontakt-Schirm-Anordnung

Zur Versorgung des Versuchsgefäßes mit den gewünschten Prüfparametern dient eine synthetische Schalterprüfanlage nach Weil-Dobke. Die Prüfparameter für die Schaltleistungsuntersuchungen werden in Anlehnung an die VDE-Richtlinien bei einer Bemessungsspannung von 12 kV bestimmt. Die Schaltkontakte werden mit netzfrequenten Prüfströmen von 4 bis 7 kA (je 10 Schaltungen pro Schalt polarität; Stromerhöhung in 500 A-Schritten) belastet. Der maximale Scheitelwert der nachfolgenden Einschwingspannung beträgt ca. 21 kV. Die Einschwingfrequenz bleibt konstant bei 10 kHz. Die Bestimmung des Choppingstromes erfolgt bei einem Prüfstrom von 45 A, einer Resonanzfrequenz von 6800 Hz und einem Schwingkreiswiderstand von 1066 Ω .

Das Abbrandverhalten der Materialien wird einerseits über den Gewichtsverlust der Kontakte durch die Schaltbelastung und andererseits durch den Zustand der Kontaktflächen anhand fotografischer Aufnahmen beurteilt.

Sowohl der Oberflächenzustand wie auch der Gewichtsverlust der Kontakte liefern Erklärungsansätze für das Schaltverhalten der einzelnen Kontaktmaterialien. Eine weitere Möglichkeit bietet die Betrachtung der Gefügestruktur der Werkstoffe, die mittels Raster-Elektronen-Mikroskop-Aufnahmen erfolgt.

Grundsätzlich kann über alle Meßreihen hinweg festgestellt werden, daß eine möglichst glatte und ebene Kontaktoberfläche, der damit verbundene geringe Abbrand und eine gleichmäßige porenfreie Durchmischung der Materialkomponenten die Schaltleistung positiv, jedoch den Choppingstrom negativ beeinflussen. Das bedeutet, dass alle Faktoren, die den Lichtbogen bis hin zu niedrigen Stromaugenblickswerten stabil halten und somit einen niedrigen Choppingstrom ermöglichen, sich nachteilig auf eine rasche Wiederverfestigung auswirken.

Bild 2 zeigt dieses gegensätzliche Verhalten von Löschhäufigkeit und Choppingstrom anhand des Einflusses des Silbergehaltes auf die Schalteigenschaften beim Wolframcarbid-Kupfer (WCAg).

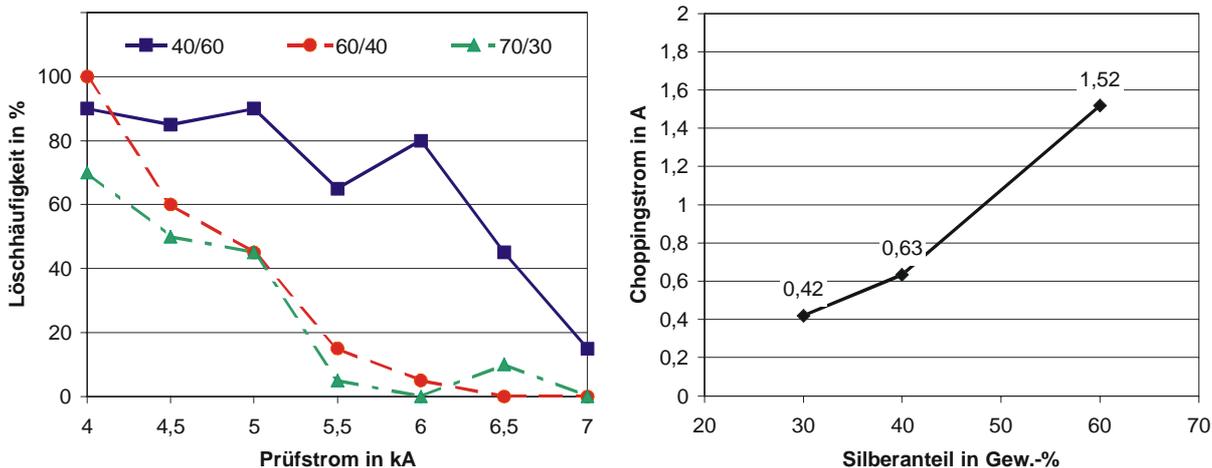


Bild 2: Löschhäufigkeit und Choppingstrom von WCAg in Abhängigkeit vom Silbergehalt

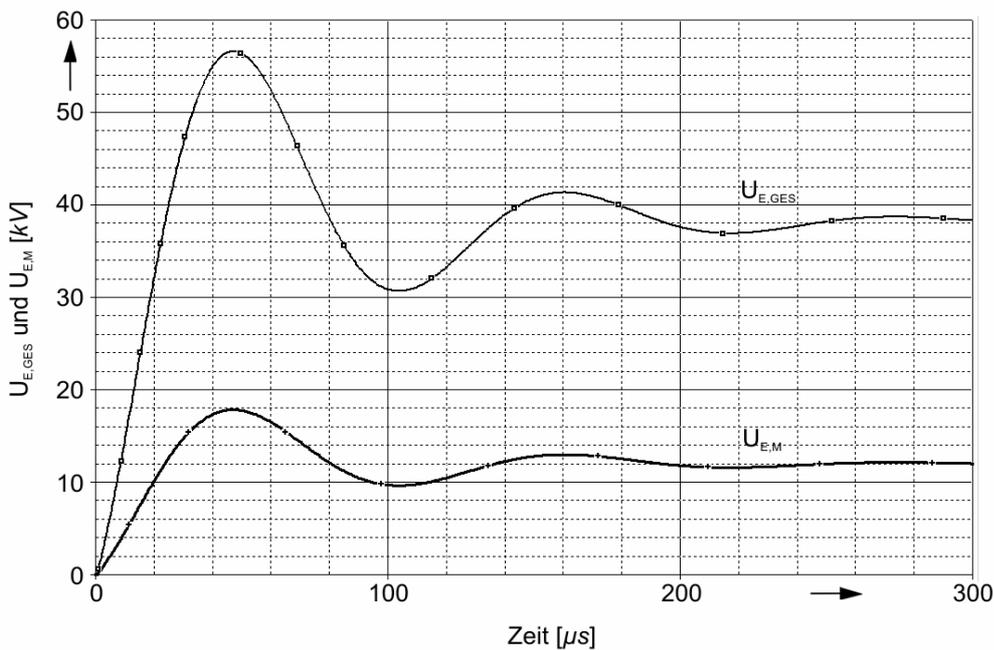
Vakuum-Doppelunterbrechung

Alexander Horn

Vakuum-Leistungsschalter haben sich in der Mittelspannungsebene durchgesetzt. Aufgrund der stark degressiven Spannungsfestigkeitskennlinie des Vakuums sind bei Spannungen von mehr als 72,5 kV deutlich größere Kontaktabstände nötig, wodurch die mechanischen Anforderungen an die Schaltkammer steigen. Bei Nennspannungen oberhalb 145 kV werden herkömmliche Vakuumleistungsschalter bisher nicht eingesetzt. Es wurden jedoch einige Prototypen gebaut.

Aus diesen Gründen dominiert bei Spannungen oberhalb 72,5 kV SF₆ als Löschmedium. Das SF₆-Gas ist in letzter Zeit immer mehr als „Treibhausgas“ in die Diskussion geraten. Hersteller und Anwender von Leistungsschaltern werden zum Verzicht von SF₆-Schaltern gedrängt. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit alternative Löschrinzipien und Löschmedien zu untersuchen.

Ein vielversprechender Ansatz für die Beherrschung höhere Spannungen ergibt sich aus der Reihenschaltung zweier oder mehrerer Vakuumschaltstrecken. Der Grundgedanke der Reihenschaltung beim Vakuumprinzip liegt darin, dass die Hintereinanderschaltung zweier oder mehrerer Teilstrecken bei gleichem Gesamtabstand eine höhere Gesamtfestigkeit als nur eine Strecke erbringt. Sinngemäß muss dies auch für die Schaltleistung bei höheren Spannungen gelten. Die Reihenschaltung separater Vakuumkammern erfordert die aufwendige hochvaku-umtechnische Herstellung mehrerer Schaltkammern. Eine technisch einfachere und auch kostengünstigere Lösung könnte die Reihenschaltung zweier Schaltstrecken in einem Gefäß sein.



Spannungsaufteilung in der Schaltkammer bei Spannungsbelastung ohne vorherige Strombelastung

Bisher gewonnenen Erkenntnisse über das Zusammenwirken zweier getrennter Vakuumkammern lassen sich nicht ohne Einschränkungen auf ein solches Doppelunterbrechungssystem übertragen. Sowohl während der Hochstrom- als auch während der Nachstromphase kann Plasma von einer Schaltstrecke in die andere gelangen, wodurch beide in noch weiter zu untersuchender Weise in Wechselwirkung treten. Diese Wechselwirkung kann teils negative Auswirkungen, z.B. teilweise Überbrückung durch das Plasma, haben, sie könnte aber z.B. auch eine Vergleichmäßigung der Spannungsaufteilung in der Einschwingphase infolge des Restplasma-Einflusses bewirken.

Im Rahmen eines DFG-Projekts werden diese Fragestellungen untersucht. Hierzu wurde zunächst am Institut eine Versuchsanlage aufgebaut. In dieser kann nach dem Weil-Dobke-Prinzip eine demontierbare Schaltkammer bei Spannungen von bis zu 160 kV und Strömen von bis zu 60 kA untersucht werden. Bei den Untersuchungen werden die Gesamt- und Teilspannungen sowohl während der Hochstromphase als auch in der Nachstrom- und Wiederver-

festigungsphase, die Hochströme und die Nachstromverläufe meßtechnisch erfaßt. Dabei interessieren die Spannungsaufteilungen, die Löschgrenzen, sowie während der Hochstromphase die Frage, ob und unter welchen Bedingungen zwei getrennte Lichtbögen zwischen den Kontakten der beiden Teilsysteme existieren. Bild 1 zeigt die typische Spannungsaufteilung bei Spannungsbelastungen ohne vorheriger Strombelastung.

Lichtbogenverhalten in kompakten strombegrenzenden Löschkammern

Erik Marzahn

Um die Leistungsfähigkeit von Schaltgeräten zu optimieren, ist die Kenntnis aller physikalischen Vorgänge erforderlich. Dafür wurden am Institut in den vergangenen Jahren neben zahlreichen experimentellen Untersuchungen auch Simulationen zum Verhalten des Lichtbogens in strombegrenzenden Löschkammern durchgeführt (s. Matthias Springstubbe). Aufgrund des enormen Rechenaufwandes beschränkt sich die Simulation vorläufig auf einfache geometrische Formen von Schaltkammern, die in ihren Abmessungen industriellen Schaltern ähnlich sind. Zur Gewinnung von einzelnen physikalischen Parametern und zur Überprüfung des simulierten Lichtbogenverhaltens wurden Messungen an Modellschaltkammern durchgeführt, die denen der Simulation entsprechen (Bild 1).

Die für die Ausschaltversuche zur Verfügung stehende Versuchsanlage ist folgendermaßen aufgebaut:

Der Strom wird über zwei Transformatoren aus dem 6 kV Netz entnommen und über einen Thyristor auf den Versuchsschalter geschaltet. Über einen R-L-Lastkreis lassen sich prospektive Ströme bis 15 kA bei 240 V und Leistungsfaktoren bis $\cos \varphi = 0,6$ einstellen.

Zu klären sind u.a.:

- Einfluß von Druckwellen auf die Lichtbogenanfangsbewegung (Bild 2)
- Einfluß von Öffnungen in der Verdämmung
- Aufteilung des Lichtbogens an Löschblechen
- Einfluß von ferromagnetischen Materialien auf die Lichtbogenbewegung
- Bildung von Fußpunkten auf dem Löschblech
- Entstehung von Rückkommutterungen

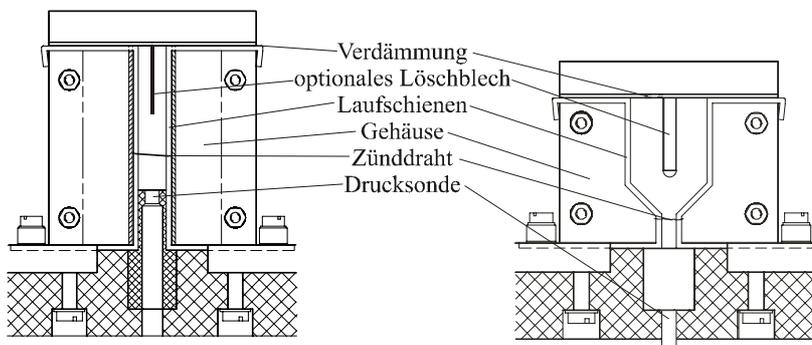


Bild 1: Modellschaltkammervarianten mit parallelen und divergierenden Laufschienelementen

Für die Untersuchungen werden verschiedene Modellschaltkammern (Bild 1) verwendet. Der modulare Aufbau ermöglicht eine Vielzahl von Kammervarianten. So können u.a. Kammer-
volumen, Öffnungen in der Verdämmung, Öffnungen im Kammersockel, Position der Zünd-
stelle und Anzahl der Löschbleche variiert werden.

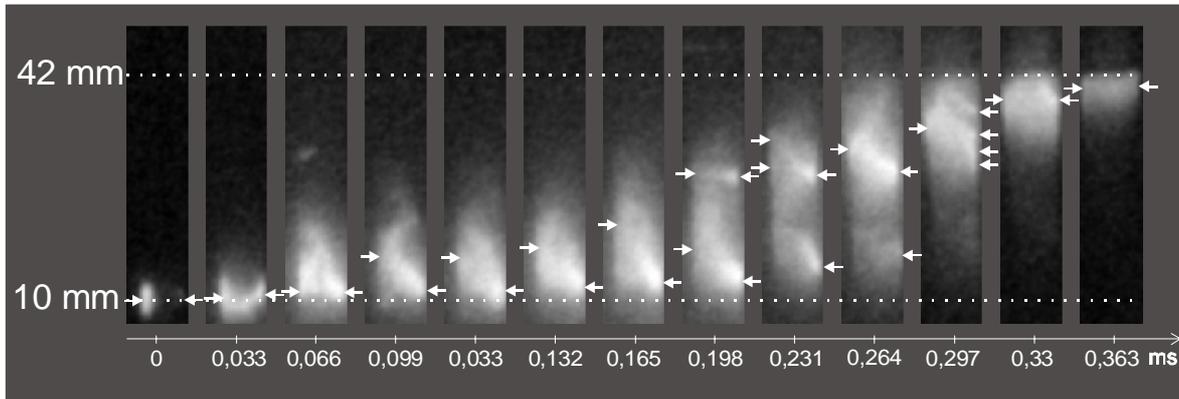


Bild 2: Bestimmung der Lichtbogenanfangsbewegung in der Schaltkammer mit parallelen Laufschienen anhand von Schnellfilmaufnahmen (33.000 Bilder pro Sekunde)

Dreidimensionale Simulation wandernder Schaltlichtbögen

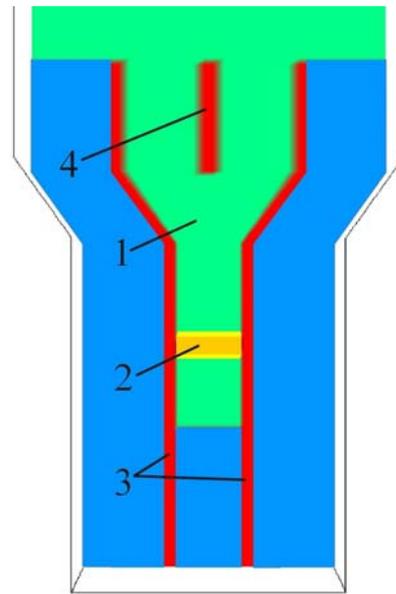
Matthias Springstubbe

In galvanisch trennenden Schaltern, wie sie z. B. in Niederspannungsschaltgeräten verwendet werden, wird ein Lichtbogen als schaltendes Medium genutzt. Dieser Schaltlichtbogen ist ein komplexes physikalisches Phänomen, dessen Verhalten durch die Wechselwirkungen zwischen Wärmetransport (Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung), Gasströmung, Stromfluß und magnetischen Kräften bestimmt wird. Alle Effekte müssen für eine realistische Simulation des Lichtbogens berücksichtigt werden.

Für die Simulation wird das kommerzielle CFD-Programm FLOW3D verwendet, welches durch zahlreiche eigene Fortran-Routinen an die Erfordernisse der Lichtbogensimulation angepasst wurde. Mit diesem Programm werden neben den Transportgleichungen der Strömungsmechanik auch die Differentialgleichungen für das elektrische Potential und das magnetische Vektorpotential gelöst. Die Gleichungen der Strömungsmechanik und die der elektromagnetischen Vorgänge sind miteinander gekoppelt. Die Kopplungsgrößen sind z. B.: Lorentzkraft, ohmsche Erwärmung, Stromdichte, Temperatur, Druck, etc. Die Lösung des gesamten Gleichungssystems erfolgt iterativ.

Im Simulationsmodell wird keine Unterscheidung zwischen kalter, nicht ionisierter Luft (1) und dem eigentlichen Lichtbogen (2) vorgenommen, d. h. der Lichtbogen kann sich entsprechend der Verteilung des elektrischen Feldes und der Leitfähigkeit des Plasmas frei ausbreiten. Dabei sind Wechselwirkungen mit metallenen Elektroden (3) und ferromagnetischen Bauteilen einbezogen.

Der aktuelle Forschungsschwerpunkt liegt auf der Einbindung ferromagnetischer Löschbleche (4) in das Modell. Sie sollen neben einer Kühlung des Lichtbogens diesen auch magnetisch anziehen und eine Aufteilung in mehrere Teillichtbögen bewirken. Bei der Bogenaufteilung entstehen neue Anoden- und Kathodenfallgebiete (Fußpunkte), durch die sich der Gesamtspannungsbedarf des Lichtbogens um je ca. 10 V erhöht.

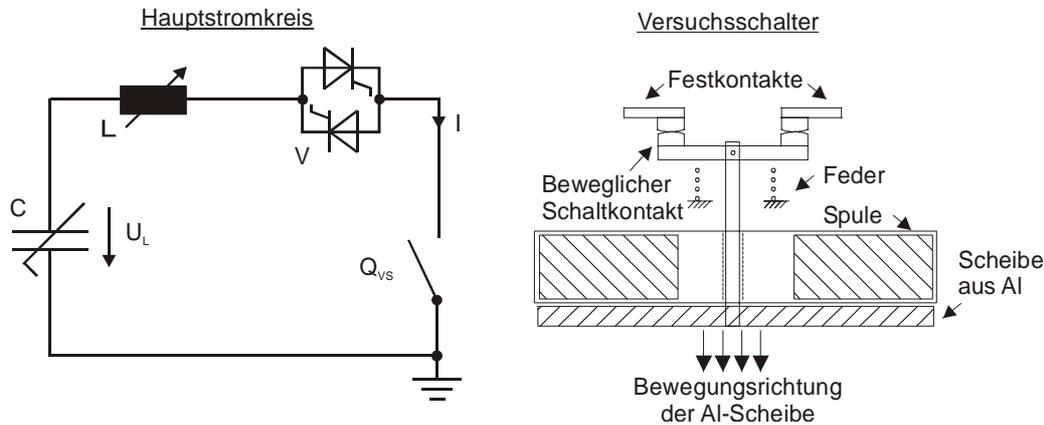


Ziel ist die Entwicklung eines Simulationswerkzeuges für Schaltgeräte. Die CFX-eigenen Programmmodule und die selbst entwickelten Routinen müssen dazu so aufeinander abgestimmt werden, daß möglichst realitätsnahe Geometrien berechnet werden können. Die Wahl der Randbedingungen soll möglichst keine Einschränkungen für das Lichtbogenverhalten beinhalten. Bei diesem Modell werden lediglich eine Spannungsdifferenz an den unteren Laufschienenenden, Umgebungsdruck an einer Ausblasöffnung und die Wärmeabfuhr an den Seitenwänden (Wärmewiderstand) explizit vorgegeben. So ist z. B. ein Modell für die Fußpunktbildung auf den Löschblechen einzubinden, damit sich die Aufteilung des Stromes (ein Teil fließt durch das Blech, der restliche Anteil am Blech vorbei) aus der berechneten Gesamtsituation (Leitfähigkeit, elektrisches Feld, Elektrodentemperatur) ergibt.

Die physikalisch korrekte Arbeitsweise der Simulationen wird fortwährend mit experimentellen Ergebnissen aus der Arbeit von E. Marzahn überprüft.

Bordnetzschtaltgeräte für Flugzeuge

Diethelm von der Fecht, Dr. Ernst-Dieter Wilkening



Skizze des Hauptstromkreises und des Versuchsschalters

Bordnetzschtaltgeräte in Flugzeugen, welche für die zur Zeit verwendete Versorgungsspannung von 115 V, 400 Hz ausgelegt sind, beruhen hauptsächlich auf dem Prinzip der sog. Sofortverfestigung und kommen damit ohne jede Lichtbogen-Löschhilfe aus. Wegen der zunehmenden Verbraucherleistungen und aus Gewichtsgründen ist für künftige Flugzeug-Generationen eine Verdoppelung der Spannung bei gleichzeitiger Frequenzerhöhung bis 800 Hz in der Diskussion. Für diese Bedingungen liegen so gut wie keine Kenntnisse über das Lichtbogenlöschverhalten, über die dabei maßgeblichen physikalischen Mechanismen sowie über Dimensionierungsgrundlagen vor. Derartige Informationen sind aber für die Entwicklung, insbesondere von Schutzschaltern, deren Aufgabe die sichere Unterbrechung von Fehlerströmen ist, unerlässlich. Es muss davon ausgegangen werden, dass unter diesen Bedingungen die Grenzen der Sofortverfestigung eines Lichtbogens nach dem Stromnulldurchgang zwischen zwei Kontakten überschritten wird, und dass deshalb zusätzliche Maßnahmen zur Löschung notwendig sind. Gleichzeitig müssen bei der Auslegung der Schalter aber die Vorgaben für minimale Abmessungen und Gewichte berücksichtigt werden. Es ist das Ziel dieses DFG geförderten Forschungsvorhabens, systematische Untersuchungen der Schaltstreckenmechanismen unter den o.g. Bedingungen durchzuführen und Rückschlüsse zum grundlegenden Aufbau von Bordnetzschtaltgeräten künftiger Flugzeug-Generationen abzuleiten.

Die Planung und der Aufbau der synthetischen Schalterversuchsanlage ist abgeschlossen. Der prinzipielle Schaltplan des Hauptstromkreises ist in der Abbildung zu sehen. Eine wesentliche Anforderung an die Anlage ist, dass sie in einem Frequenzbereich von 380 bis 800 Hz einstellbar ist, bei zugehörigen Strömen im kA Bereich. Hierzu dient eine Kondensatorbatterie C, die mit der Induktivität L einen Schwingkreis darstellt. Weiterhin wurde ein Modellversuchsschalter entworfen und aufgebaut, der durch einen Wirbelstromantrieb geöffnet wird. Die stark vereinfachte Skizze ist in der Abbildung dargestellt. Auf die Spule im Schalter wird eine Kapazität entladen. Durch das, sich um die Spule aufbauende, magnetische Feld werden in der Al-Scheibe Wirbelströme induziert. Diese Ströme bewirken eine Kraft, die die Al-Scheibe von der Spule wegbewegt. Der Vorteil gegenüber eines pneumatischen Antriebes ist, dass die Öffnungszeit dadurch im μs -Bereich liegt.

Numerische Berechnungen zur Wärme- und Antriebsauslegung von Schaltgeräten

Frank Barcikowski

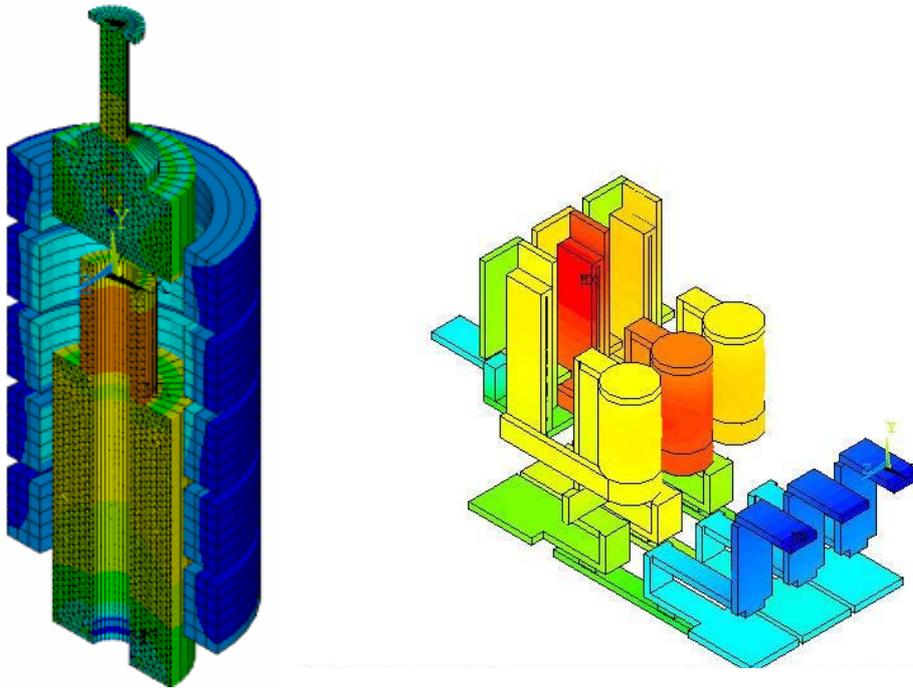
Numerische Berechnungen bieten eine Ergänzung und Alternative zur Versuchstechnik bei der Entwicklung und Optimierung von Schaltgeräten. Neben einer Kostenersparnis durch Reduktion der Redesignschleifen und einer Verkürzung der Entwicklungszykluszeit können die Funktionsweise von Bauelementen untersucht, Konsequenzen von Produktionsänderungen abgeschätzt und Optimierungen mit Hilfe des Rechners durchgeführt werden.

Berechnung des Wärmehaushaltes von Schaltgeräten

Die Kenntnis des Wärmehaushaltes wird bei dem Entwurf aufgrund der fortschreitenden Miniaturisierung immer wichtiger. Die Erwärmung eines Schaltgerätes bedeutet ein Ungleichgewicht zwischen Wärmequellen und Wärmesenken. Als Wärmequellen müssen alle stromführenden Teile berücksichtigt werden, insbesondere der Kontaktwiderstand, der magnetische und der thermische Auslöser. Als Wärmesenken finden der Wärmeverlust durch Leitung, Konvektion und Strahlung Berücksichtigung. Eine zeitlich invariante Temperaturverteilung ist erreicht, wenn die zugeführte Wärme der abgeführten Wärme entspricht. Der Erwärmungsvorgang ist dann abgeschlossen. In der vorliegenden Arbeit wird der Wärmehaushalt am Beispiel eines dreiphasigen, strombegrenzenden Leistungsschalters mit Hilfe der Finite Elemente Methode (FEM) simuliert. Aus einer dreidimensionalen Strömungssimulation werden die Randbedingungen für die Gehäuseaußenseite (Wärmeaustausch mit der Umgebung) des Schaltgerätes bestimmt. Innerhalb des Schaltgerätes werden die Wärmeleitung aller Festkörper sowie die Effekte durch Leitung, Konvektion und Strahlung erfasst. Zur Verifizierung der Simulation werden vergleichende Temperaturmessungen herangezogen.

Antriebsauslegung von Schaltgeräten

Der mechanische Auslöser strombegrenzender Schalter ist häufig als magnetischer Schlagankerauslöser ausgeführt. Bei der Optimierung eines Schlagankerauslösers werden auf der Basis eines Finite-Elemente-Programms (ANSYS) die Magnetkräfte berechnet und damit die Bewegungsabläufe simuliert. Unter Anwendung von Optimierungsverfahren werden optimale Entwurfparameter gefunden, die eine minimale Auslösezeit ergeben. Besondere Berücksichtigung findet die elektromechanische Kopplung dieses Auslösers mit anderen Bauteilen. Zusätzlich wird die Rolle der Wirbelströme in ferromagnetischen Teilen und der Einfluss weiterer Parametervariationen auf die Auslösezeit untersucht.



Magnetische Flussdichte in einem Schlagankerauslöser während des Auslösevorganges (links) und berechnete Temperaturverteilung in einem dreiphasigen Leistungsschalters (rechts)

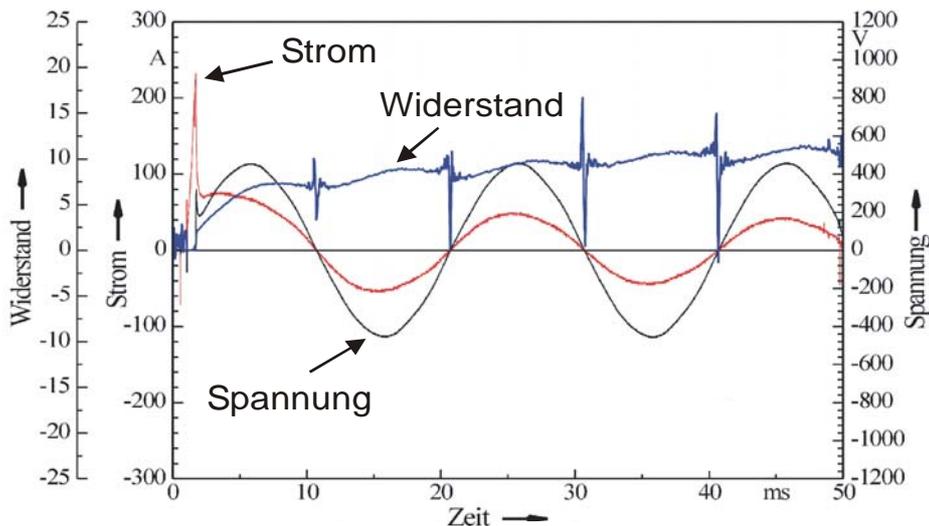
HTSL-Strombegrenzer

Jörn Grundmann

Bis Mitte des Jahres 2002 wurde im Rahmen eines Industrie-Verbundprojekts mit Siemens und dem BMBF die Entwicklung eines schnellen resistiven Fehlerstrombegrenzers auf Basis von Hochtemperatur-Supraleitern (HTSL) betrieben. Bei einem solchen Strombegrenzer wird der Übergang von Supra- zur Normalleitung derart ausgenutzt, daß bei Überschreiten eines geometrie- und materialspezifischen kritischen Stromes, der z.B. im Kurzschlußfall in einem Energieversorgungsnetz auftreten kann, der Supraleiter innerhalb weniger hundert μs einen zusätzlichen, hohen Reihenwiderstand annimmt und somit selbstauslösend den Kurzschlußstrom wirksam begrenzt (siehe Abbildung). Nach Abschalten des Fehlers kühlt der Supraleiter in seinem Kühlmedium Flüssigstickstoff wieder ab und wird wieder supraleitend. Somit kann ein solcher Fehlerstrombegrenzer als eine schnelle, selbstheilende Sicherung betrachtet werden.

In erster Linie stand die Fortsetzung der Messung charakteristischer HTSL-Eigenschaften und die Untersuchung des Übergangsverhaltens von Supra- zu Normalleitung mit fortschreitender

Materialentwicklung im Vordergrund. Als Supraleitermaterial wurden von den Verbundpartnern Proben aus Yttrium-Barium-Kupferoxid (YBCO) in Form von Dünnschichten auf keramischen Substraten zur Verfügung gestellt. Das Material wurde hinsichtlich der spezifischen Eigenschaften kritische Stromdichte und Sprungtemperatur sowie sein Übergangsverhalten unter Strombelastung untersucht.



Messung eines typischen Begrenzungsvorgangs an einem Strombegrenzelement mit berechnetem Widerstand des HTSL. Der Strom wird deutlich vor Erreichen seines prospektiven Maximums (2.2 kA @ 5 ms) effektiv begrenzt.

Mit den gemessenen charakteristischen Daten wurde neben der Rückkopplung auf die Materialweiterentwicklung zudem ein einfaches 2D-Simulationsprogramm modifiziert und dem aktuellen Stand der Materialentwicklung angepaßt betrieben. Durch die Ergebnisse der Versuche und der Simulationsrechnungen konnten verschiedene technologische Fragestellungen erörtert werden. Hierzu zählen z.B. die Auswirkung unterschiedlicher Substratmaterialien oder Veränderungen der Leiterbahngeometrie auf das Übergangsverhalten. Besonderes Augenmerk lag dabei auf einer möglichst gleichmäßigen Zuschaltung der gesamten Supraleiterlänge, da ansonsten lokale Überhitzungen an Schwachstellen beim Einsatz im Bereich hoher Leistungen zu Zerstörung des HTSL führen und somit den erfolgreichen Einsatz eines Strombegrenzers vereiteln können.

Seit dem 1.7.2002 steht im Rahmen eines neuen DFG-Vorhabens die Simulation der gekoppelten elektrisch-thermischen Prozesse in HTSL-Strombegrenzern im Vordergrund. In Zukunft sollen, ausgehend von den Erfahrungen mit dem bestehenden 2D-Programm, Methoden zur 3D-Simulation entwickelt und angewandt werden. Entsprechende erste Versuche werden mit dem kommerziell erhältlichen FE-Programm ANSYS durchgeführt. Das Ziel der weiteren Arbeiten soll sein, die im Bereich der Supraleitung hohen Kosten für Prototypenfertigung zu minimieren und Laborversuche in möglichst großem Umfang durch Bereitstellung eines effektiven Simulationstools zu ersetzen. Zudem wird erwartet, daß einige grundsätzliche Fragen zu den beteiligten Prozessen am Übergangsverhalten geklärt werden können, da in der Simulation verschiedene messtechnisch nicht erfassbare Größen, wie z.B. die räumliche Temperaturverteilung, berechnet werden können.

Untersuchungen über homogene Entladungen mit einer Bornitridelektrode und einer keramikbeschichteten Aluminiumwalze

Peng Li (M.S.)

Die Untersuchungen werden im Rahmen eines BMBF Verbundprojektes „Atmosphärendruck-Plasmen“ durchgeführt. Das Arbeitsziel ist die Erforschung der Existenzbereiche homogener Barriereentladungen in Stickstoff (siehe J. Tepper).

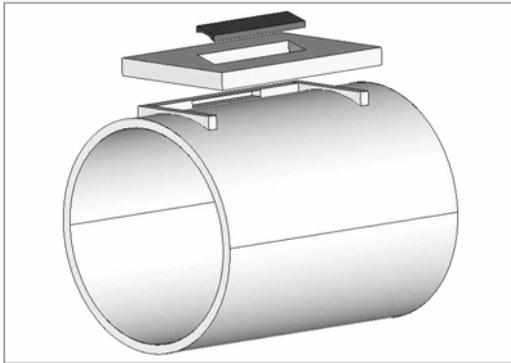


Bild 1: Versuchsanordnung

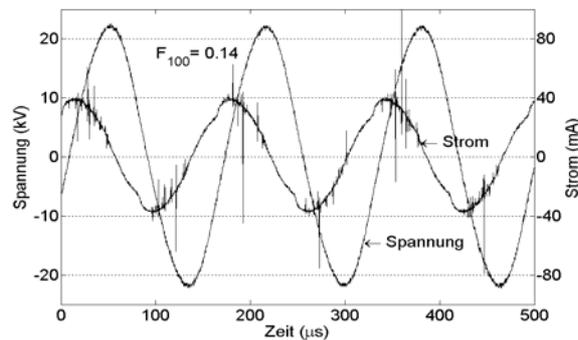


Bild 2: Spannungs- und Stromverläufe

Die schematische Versuchsanordnung ist in Bild 1 dargestellt. Die Anordnung besteht aus einer mit einer Bornitrid-Barriere bedeckten Elektrode (oben) und einer Gegenelektrode aus keramikbeschichteter Aluminiumwalze. Als Versuchsparameter wurden Spaltweiten von 1 mm bis 2 mm und Gasflüsse von 1 l/min bis 16 l/min eingestellt. Die Hochspannung wird von einem im Institut gebauten Generator mit einem Frequenzbereich bis zu 10 kHz und einem zweiten Generator der Firma Softal mit einem Frequenzbereich bis zu 60 kHz erzeugt.

Der durch das Entladungsgefäß fließende Strom und die über der Entladungsanordnung anliegende Spannung werden gemessen. Aus diesen Größen werden die „homogenen“ Eigenschaften der Entladungen analysiert. Eine im Erscheinungsbild gleichmäßig im gesamten Kontaktspace verteilte Entladung ist gekennzeichnet durch einen einmaligen, dem kapazitiven Strom überlagerten „Strombuckel“ je Halbschwingung, filamentierte Entladungen durch zahlreiche hochfrequente Stromspitzen. Als Beispiel zeigt Bild 2 die zeitlichen Verläufe von Spannung und Strom bei einer Spaltweite von 1 mm und 16 l/min Gasfluss. Es handelt sich um eine Übergangsform, bei der beide Muster gleichzeitig auftreten. Weiterhin ist in Bild 2 der „Filamentierungsgrad/F100“ bei maximaler Generatorspannung aufgeführt. Dieser Wert bezieht den über FFT ausgefilterten HF-Anteil des Stromes auf dessen Grundschwingung und ist ein Maß für den filamentierten Anteil der Entladung.

Zur Bewertung der Ergebnisse wurden die Einsetzspannungen der Entladungen bei verschiedenen Versuchsparametern verglichen. Weiterhin wurden die höchste Spannungen bei reinen homogenen Entladungen ausgewertet. Die Untersuchungen haben folgende Ergebnisse geliefert:

- Bei 1 mm und 1,5 mm Spalt können homogene/teihomogene Entladungen in Stickstoff erzeugt werden, bei 2 mm Spalt ist dies nicht mehr möglich. Es gibt keinen Einfluss des Gasflusses auf die Einsetzspannung der Entladung.

- Der Filamentierungsgrad der Entladung hängt maßgeblich von der Gasführung im Entladungsbereich ab.
- Der Filamentierungsgrad bleibt bei einem Gasfluss von 3 l/min bis 16 l/min nahezu konstant.

Automatisierung und Maschinenoptimierung von Anlagen zur Herstellung von plasma-behandelter Wolle

Dr. Vladimir Ermel

Die Behandlung von Wolle und anderen Textilfasern mit Barrierenplasmen (siehe J. Tepper) im Zuge der Textilveredelung (u.a. Filzfrei-Ausrüstung) eignet sich ausgezeichnet als Alternative für herkömmliche umweltbelastende nasschemische Verfahren. Im Rahmen eines BMBF-Verbundprojekts mit dem Deutschen Wollforschungsinstitut (DWI) Aachen und mehreren industriellen Herstellern und Anwendern hat das Institut u.a. die Aufgabe, die Parameter der Plasmabehandlung zu untersuchen und zu optimieren. Dies geschieht teils an einer Pilotanlage in der Industrie, teils an einer eigenen kleinen Technikumsanlage.

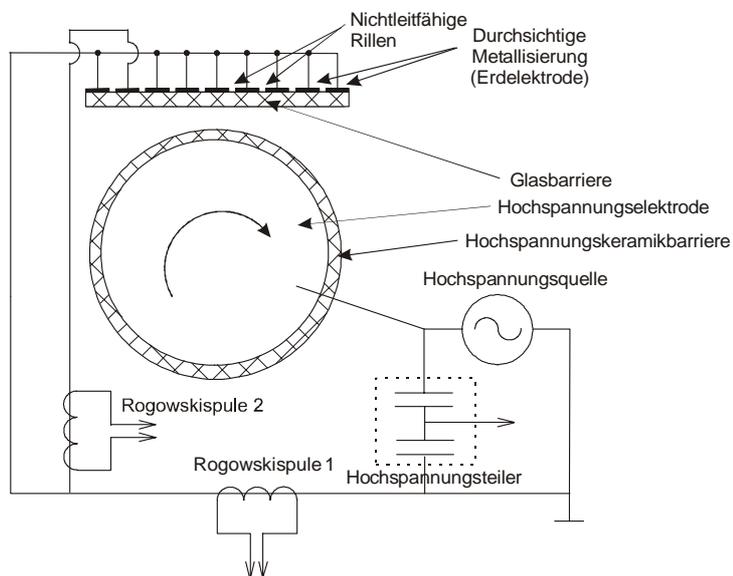


Bild 1: Barrierenanordnung

In letzterer wurden das optische Erscheinungsbild und die örtliche Leistungsverteilung der i.a. stets filamentierten Barrierenentladungen (siehe J. Tepper) in einer typischen, aus Walze und ebener Gegenelektrode bestehenden Barrierenanordnung (Bild 1) untersucht. Die Planelektrode wurde in Streifen unterteilt, und deren Leistungen bzw. Energien während eines Pulszuges der gepulsten Sinusspannung ermittelt. Bild 2 zeigt die Verteilung der im Spalt umgesetzten Energie, die ebenfalls von der Mitte zum Rand zunimmt, bevor nach weiter außen die Feld-

stärke nicht mehr zur Zündung ausreicht. Diese Energie korreliert gut mit der mittleren Helligkeit für die verschiedenen Bereiche. Erklären lassen sich diese Abhängigkeiten auf einfache Weise mit der ortsabhängigen kapazitiven Spannungsaufteilung auf Barrieren- und Gas-spaltkapazität.

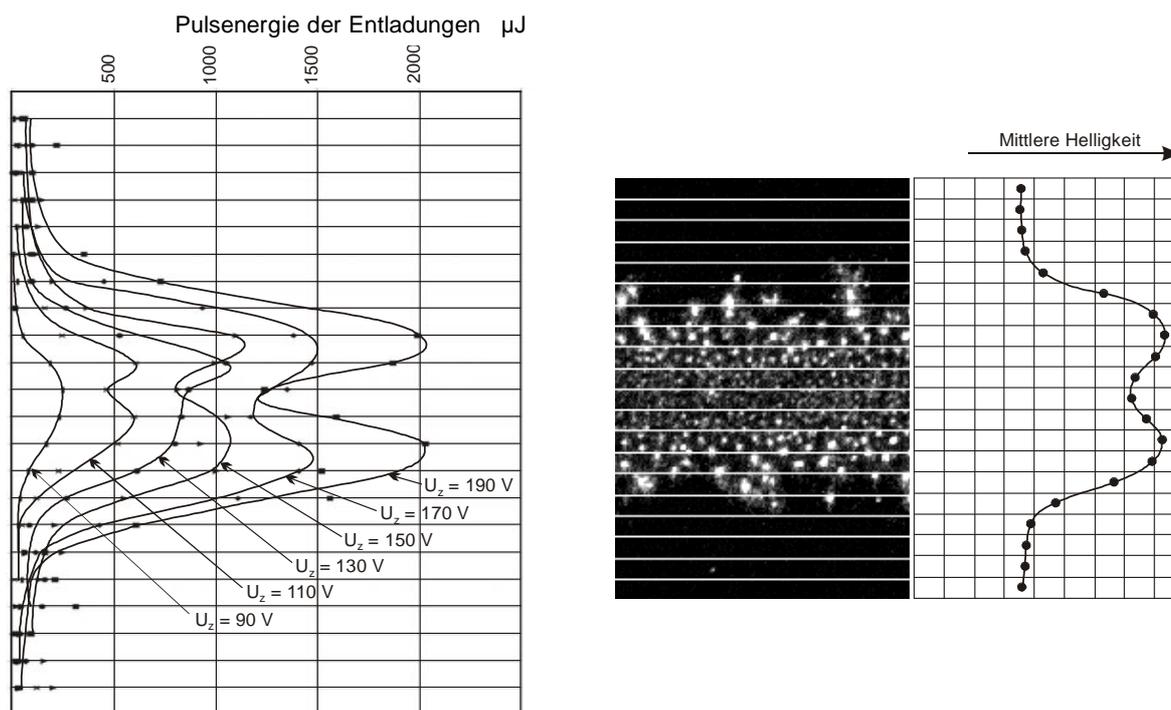


Bild 2: Verteilung der im Spalt umgesetzten Energie

Coronabehandlung von Wollgewebe zur ökologischen und ökonomischen Optimierung der Veredlungs- und Gebrauchseigenschaften

Carsten Thode

Vorausgehende Forschungen haben sich mit einem Plasma-/Harzverfahren zur Filzfreieiausrüstung von Wolle auf der Stufe der gewaschenen und gekämmten Rohwolle, dem sogenannten Kammzug, beschäftigt, mit dem sich das bisher notwendige Chlor-/Hercosett-Verfahren ersetzen lässt.

In dem Vorhaben ‚Coronabehandlung von Wollgewebe zur ökologischen und ökonomischen Optimierung der Veredlungs- und Gebrauchseigenschaften‘ in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wollforschungsinstitut (DWI) in Aachen wird untersucht, ob auch bei Wollgewebe die Filzneigung durch eine Plasmabehandlung bei Atmosphärendruck gesenkt werden

kann und außerdem die Veredlungseigenschaften des Gewebes, wie z.B. flächeneqales Färben, verbessert werden können.

Dazu werden Untersuchungen mit Barrierenentladungen an einer Versuchsanlage des Institutes in Hallendorf durchgeführt mit dem Ziel, die Entladungsart hinsichtlich ihrer Anwendung auf fertige Gewebe zu optimieren (Bild 1).

Die Behandlungsparameter (wie z.B. Spannungsamplitude, Puls-/Periodendauer, Gasdurchfluss, Gasfeuchte, Elektrodenpaltabstand, usw.) werden variiert, um die gleichmäßige Entladungsentwicklung über die Behandlungsstrecke zu untersuchen und die optimale Leistungseinkopplung für ein gleichmäßiges, materialschonendes Ausrüstungsergebnis des Gewebes zu erhalten. Dabei geben Kurzaufnahmen mit einer CCD-Kamera weiteren Aufschluss über die Filamentverteilung der Barrierenentladungen im Gaspalt der Anordnung. Die Aufnahme in Bild 1 zeigt, dass sich die Filamente der Barrierenentladungen gleichmäßig und zeitlich parallel im Gaspalt quer zur Transportrichtung der Gewebbahn verteilen. Dieses ist die Voraussetzung für eine gleichmäßige Plasmabehandlung.

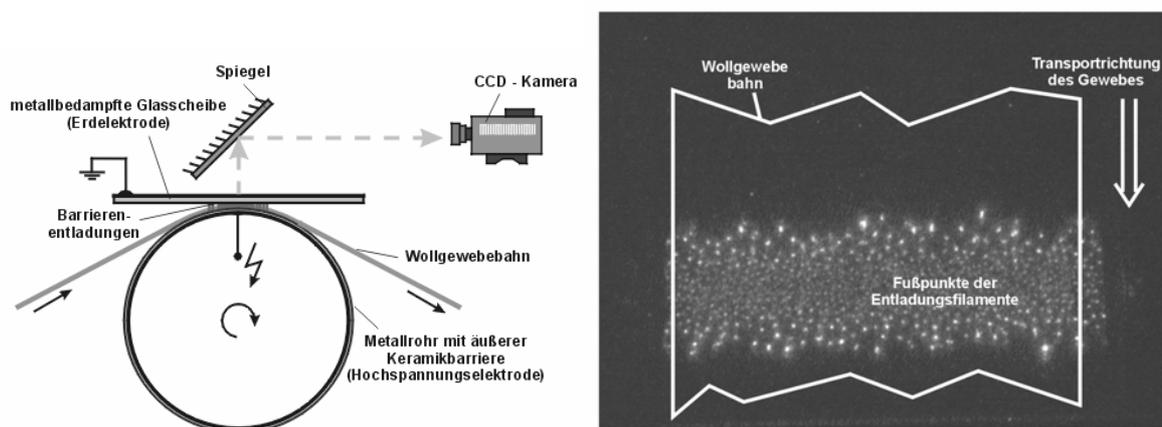


Bild 1: Prinzipieller Versuchsaufbau der Versuchsanlage des Institutes in Hallendorf zur Behandlung von Wollgewebe und typische Filamentverteilung der Barrierenentladungen während der Behandlung von Wollgewebe

Im Institut behandelten Wollgewebeproben werden beim DWI auf ein faser- und flächeneqales, materialschonendes Ausrüstungsergebnis untersucht.

Weiterhin werden im Rahmen des Vorhabens die aus den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse auf eine Versuchsanlage (Behandlungsbreite: 2m) umgesetzt. Bild 2 zeigt die prinzipielle Funktionsweise dieser Anlage. Mit dieser Anlage ist es möglich, Tuchbahnen mit einer Länge von 50 m im industriellen Maßstab zu verarbeiten und zu zeigen, dass die Plasmabehandlung mit Barrierenentladungen bei Atmosphärendruck auch für die tuchveredelnde Industrie nutzbar ist.

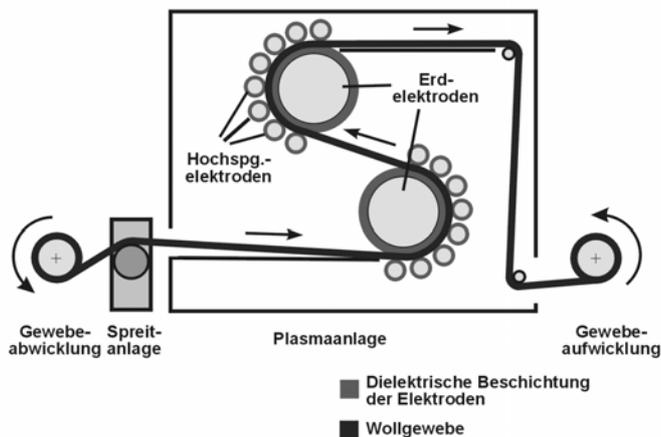


Bild 2: Prinzipieller Aufbau einer Versuchsanlage zur Behandlung von Wollgewebepanzen mit Barrierenplasma

Die Untersuchungsergebnisse im Rahmen des Vorhabens zeigen, dass sich auch Wollgewebe durch Behandlung mit Barrierenentladungen so modifizieren lässt, dass die Filzneigung deutlich vermindert wird. Zur Färbung von plasmabehandeltem Wollgewebe mit einer bestimmten Farbnuance wird weniger Farbstoff im Färbebad benötigt. Zusätzlich wird das Färbebad besser ausgenutzt, sodass der Restfarbstoffgehalt des ausgezogenen Färbebades und damit die Schadstoffbelastung des Abwassers reduziert wird.

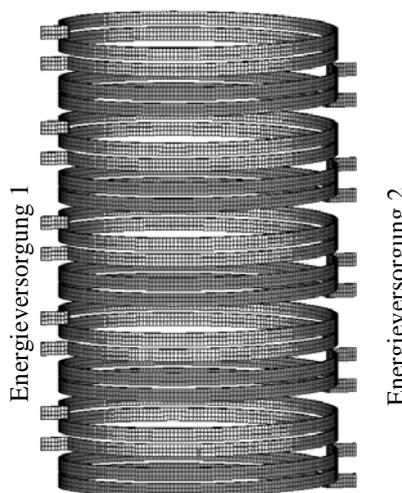
Entkopplungstransformator für den Dynamischen Ergodischen Divertor des Fusionsexperimentes TEXTOR

Volker Schwanitz

In das plasmaphysikalische Experiment TEXTOR wurde der Einbau eines Dynamischen Ergodischen Divertors (DED) vorgesehen. Bei dem DED handelt es sich um eine Spulenordnung, die mit einem 4-Phasen-Drehstromsystem gespeist wird. Die Aufgabe des DED besteht darin, die Randbereiche des Fusionsplasmas im TEXTOR mit dem erzeugten Feld zu verwirbeln. Das 4-Phasen-Drehstromsystem wird aus zwei Energieversorgungssystemen gespeist, die um 90° phasenverschoben betrieben werden.

Die Spulenordnung des DED stellt eine induktive Kopplung zwischen den Energieversorgungssystemen dar. Für die geplanten Energieversorgungssysteme ist eine Entkopplung notwendig, die mit dem Entkopplungstransformator (EKT) erreicht wird.

Für die Auslegung des EKT sind die Nennwerte der Energieversorgung zu berücksichtigen, d.h. max. 15 kA für 15s bei Frequenzen von 0 Hz bis 10 kHz. Die Abbildung zeigt



FEM-Modell des EKT

ein FEM-Modell des EKT, wie es für dimensionierende Berechnungen verwendet wurde.

Die Konstruktion wurde so ausgeführt, das die Kopplungsinduktivität einstellbar ist, da der Kopplungsfaktor zwischen den Energiesystemen vom endgültigen Aufbau der DED-Anlage abhängt und eine Anpassung an verschiedene Arbeitspunkte des DED vorgesehen werden sollte. So ist die Kopplungsinduktivität von $0,84 \mu\text{H}$ bis $2,12 \mu\text{H}$ durch den Überlappungsgrad der einzelnen Spulensegmente einstellbar. Die äußeren Abmessungen des EKT betragen $1,2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$ bei einem Gewicht von ca. 1.000 kg .

EMV am Fusionsexperiment TEXTOR im Forschungszentrum Jülich

Volker Schwanitz, Dirk Styhler, Dr. Ulrich Braunsberger

Die Europäische Kommission hat eine Empfehlung mit dem Titel „Council Recommendation to limit the exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)“ (1999/519/EC) zum vorbeugendem Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern veröffentlicht. Daraufhin wurde von der Berufsgenossenschaft eine Unfallverhütungsvorschrift zum Schutz gegen nicht ionisierende Strahlung (BG BGV 11) im Jahr 2001 herausgegeben. Die Kurven in Bild 1 zeigen den Verlauf der Grenzwerte für das magnetische Feld, die der EU-Empfehlung und der Unfallverhütungsvorschrift entnommen wurden.

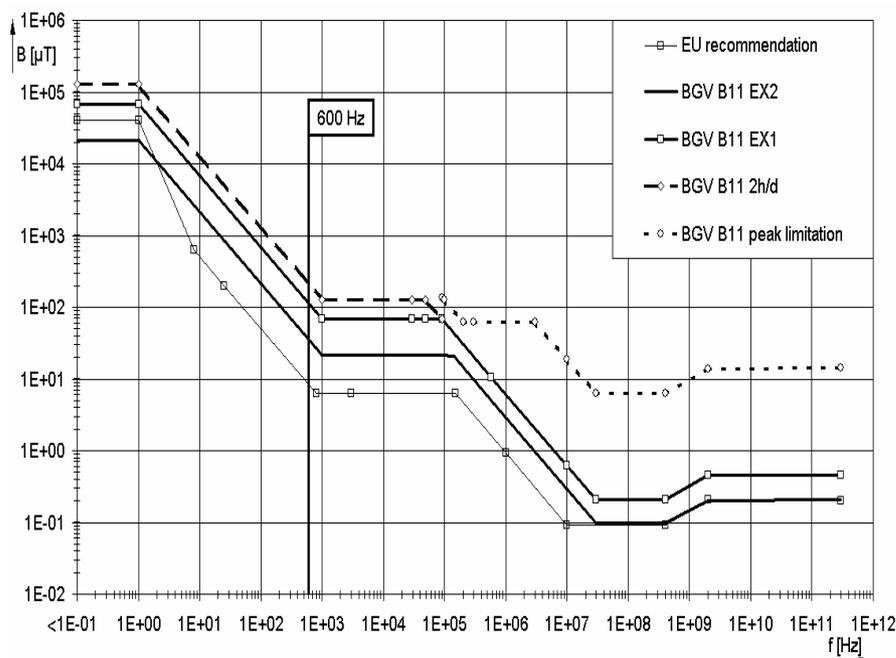


Bild 1: Grenzwerte des magnetischen Feldes nach den Empfehlungen der EU-Kommission und der Berufsgenossenschaft

Die neuen Grenzwerte für magnetische und elektrische Felder sind erheblich niedriger als die alten, so dass beim plasmaphysikalischen Experiment TEXTOR eine Überprüfung angezeigt war. Im Vorfeld von durchzuführenden Messungen zeigte aber eine Abschätzung der elektrischen Felder und einige Probemessungen, dass ein Überschreiten der Grenzwerte für elektrische Felder nicht zu erwarten war.

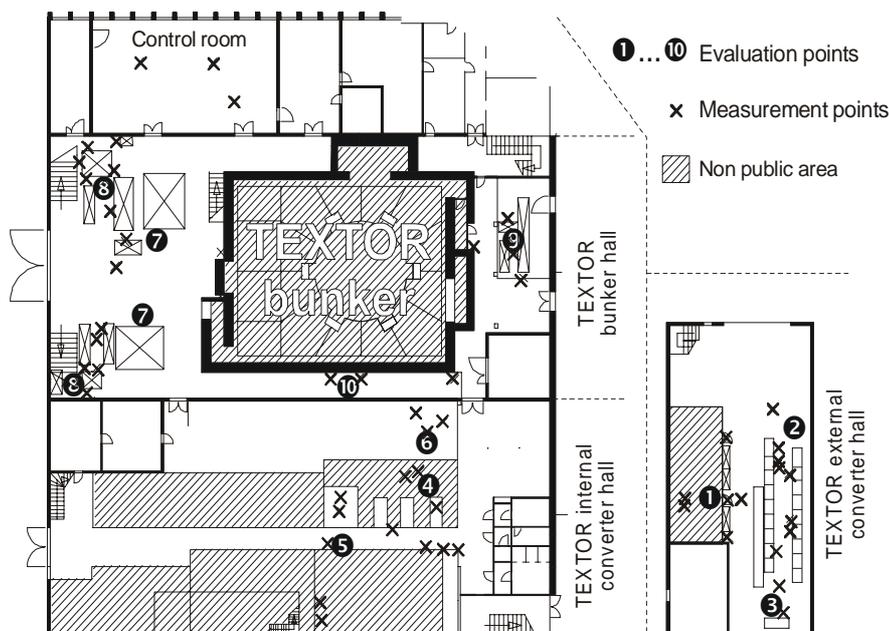


Bild 2: TEXTOR Gebäudeplan und Meß- und Bewertungspunkte des B-Feldes

Auf Grundlage der BGV 11 sind Messungen der magnetischen Felder am TEXTOR-Standort durchgeführt worden. Für einen Nachweis der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) im Sinne der BG BGV 11 wurden sowohl Gleich- als auch Wechselfelder aufgenommen.

Auf Grund der Schaltung der Hauptstromversorgungen tritt neben Gleichstrom die Frequenz von 600 Hz (in Bild 1 hervorgehoben) bei den Strömen der verwendeten Umrichter für TEXTOR als stärkste Komponente auf. Somit wurde für die Bewertung der gemessenen Felder der Grenzwert für 600 Hz als Richtwert festgelegt.

Bild 2 zeigt einen Teil des TEXTOR-Gebäudeplans und die Stellen bzw. Bereiche, in denen gemessen und eine Überschreitung der Grenzwerte festgestellt wurde.

Die Ergebnisse zeigen eine Erhöhung der elektromagnetischen Felder an den Umrichtern für die Toroidal- und Vertikalfelder **1 4 5 6**, dem Zündkreis **4 6** an exponierten Stellen von Kabeln **3** und Kabelbühnen **2 3** und Strom führenden Schienen **10** sowie an der Linerheizung **9** während des Betriebs von TEXTOR. In einigen Bereichen, in denen Überschreitungen vermutet wurden, wie an der ICRH-Leitung **7** oder dem Kontrollraum, konnten keine Grenzwertverletzungen festgestellt werden. Aus den Meßergebnissen wurden Maßnahmen für die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen abgeleitet.

3.2 Dissertationen

Funkenzündung von Gasgemischen bei erhöhten Drücken und Temperaturen für die Zündschutzart Eigensicherheit

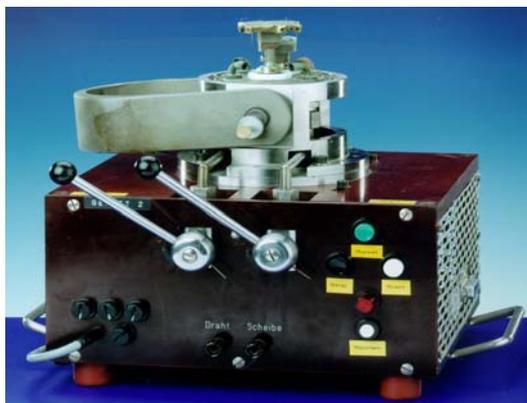
Martin Thedens

Tag der mündlichen Prüfung: 04.04.2002

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Dieter Kind
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

Die vorliegende Arbeit behandelt den Einfluss eines erhöhten Gemischvordruckes bzw. -temperatur auf die verschiedenen Zündprozesse, die für die Aufrechterhaltung der Explosionsschutzmaßnahme nach der Zündschutzart „Eigensicherheit“ erforderlich sind. Diese Zündprozesse sind sowohl die Zündung eines elektrischen Funkens in dem für die Zündschutzart „Eigensicherheit“ typischen Strom- und Spannungsbereich (0-5 A ; 0-500 V) als auch die möglicherweise nachfolgende Zündung eines explosionsfähigen Brenngas/Luft-Gemisches. Als Brenngase werden Wasserstoff und Ethylen verwendet. Neben dem genormten Funkenprüfgerät (FPG) zur Aufnahme von Zündgrenzkurven stand ein neu entwickeltes Funkenbeobachtungsgerät (FBG) zur Verfügung. Mit diesem ist es möglich, Funkenentladungen und Gemischzündungen mit Hilfe einer CCD-Kamera und einer Schlierenoptik sichtbar zu machen.

Zunächst werden in dieser Arbeit der Versuchsaufbau und die Durchführung der Versuche mit dem Funkenprüfgerät ausführlich geschildert, um eine Reproduzierbarkeit der gewonnenen Ergebnisse auch durch andere Prüfstellen zu ermöglichen. Die dabei ermittelten Zündgrenzkurven bilden die Grundlage einer Prüfung und Zertifizierung eigensicherer explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel. Die Anwendbarkeit des genormten Funkenprüfgerätes und der damit gemessenen Zündgrenzkurven in dem untersuchten Druck- und Temperaturbereich bis 0,5 MPa und 100 °C wird nachgewiesen. In grundlegenden Untersuchungen werden die Abhängigkeiten der verschiedenen Zündprozesse von den Parametern Druck, Temperatur und elektrische Leistung festgestellt und erklärt. Durch den Vergleich mit Funkenprüfgerät und Funkenbeobachtungsgerät durchgeführten Messungen der Funkendauer und der im Funken vorhandenen Energie werden neue Erkenntnisse über die Entstehung von Explosionszündungen gewonnen.



Mit einem solchen Funkenprüfgerät werden periodisch Schaltkontakte erzeugt.

Homogene Barrierentladungen bei Atmosphärendruck

Jens Tepper

Tag der mündlichen Prüfung: 30.10.2002

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Salge
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Wahl

Barrierentladungen bilden sich im Gasspalt von Elektrodenanordnungen aus, bei denen mindestens eine Elektrode mit einer Isolierstoffbarriere bedeckt ist, wenn die angelegte Hochspannung (i.a. mittelfrequente Wechselspannung) einen kritischen Wert überschreitet. Sie können zu einer Vielzahl plasmatechnischer Prozesse an Oberflächen und im Gasvolumen eingesetzt werden. Bei Atmosphärendruck bestehen sie üblicherweise aus einer Vielzahl einzelner, kurzzeitig (ns) existierender filamentierter Mikroentladungen, deren Wirkung im zeitlichen und räumlichen Mittel möglichst gleichmäßig sein sollte. Unter besonderen Bedingungen ist es möglich, homogene Barrierentladungen ohne Filamentbildung zu erzeugen. Es ist zu erwarten, dass homogene Entladungen zu homogeneren Behandlungsergebnissen führen als filamentierte. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Kenntnisse über die Möglichkeiten, homogene Barrierentladungen bei Atmosphärendruck zu erzeugen, erweitert. Neben der Zielrichtung, den Existenzbereich homogener Entladungen in kostengünstigen Gasen wie Stickstoff und Luft zu vergrößern, wird ein Vergleich des Behandlungseffektes zwischen homogener und filamentierter Entladung durchgeführt.

Erfasst werden der durch das Entladungsgefäß fließende Strom, die über der Entladungsanordnung anliegende Spannung sowie die räumliche und zeitliche Entwicklung der Leuchterscheinungen mittels Hochgeschwindigkeits-Filmaufnahmen.

Umfassende experimentelle Untersuchungen befassen sich mit der Beeinflussung des Existenzbereiches homogener Entladungen in verschiedenen Gasen und Anordnungen durch Parameter und Materialien der Entladungsstrecke und des elektrischen Kreises. Dabei wird festgestellt, dass zwei grundsätzlich verschiedene Arten von homogenen Barrierentladungen in Stickstoff und Luft erzeugt werden können. In Bild 1 ist eine homogene Barrierentladung des Typs 1 in Stickstoff und in Bild 2 des Typs 2 in Luft dargestellt. Daneben sind charakteristische Spannungs- und Entladungsstromverläufe dieser Entladungsarten wiedergegeben. Sie unterscheiden sich grundlegend um etwa drei Größenordnungen bezüglich der Stromhöhe und Stromflußdauer. Die Untersuchungen zum Einfluss des Barrierenmaterials und zum Einfluss der Frequenz der Spannungsversorgung deuten darauf hin, dass die Entladungsart durch die Wahl des Barrierenmaterials bestimmt wird. Ferner wird gezeigt, dass der Existenzbereich homogener Entladungen durch die Art der Elektroden beeinflusst wird. So kann mit feinen Drahtgitterelektroden hinter den Barrieren, an denen im Entladungsbetrieb Teilentladungen auftreten und welche wie Widerstände wirken, oder mit widerstandsbehafteten Elektrodenmaterialien ein erweiterter Existenzbereich im Vergleich zu planen Elektroden erzeugt werden. Behandlungsversuche zeigen die Eignung homogener Entladung zur Erhöhung der Benetzbarkeit von Kunststoff-Folien.

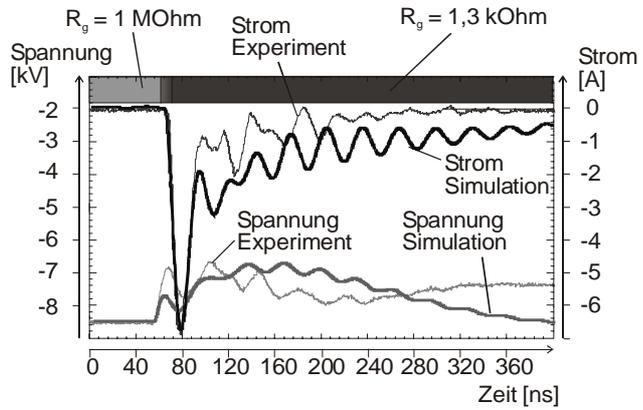
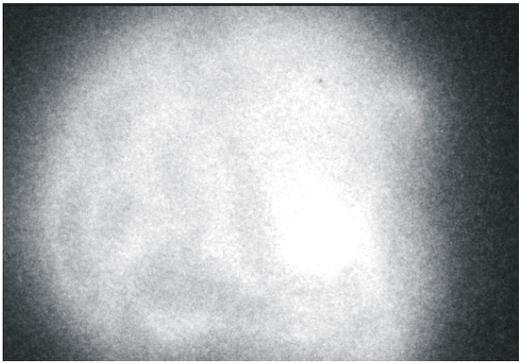


Bild 1: Homogene Barrierentladung des Typs 1 in Stickstoff mit gemessenem und simuliertem Stromverlauf (R_g = Entladungsersatzwiderstand in der Simulation, vereinfacht als konstant angenommen)

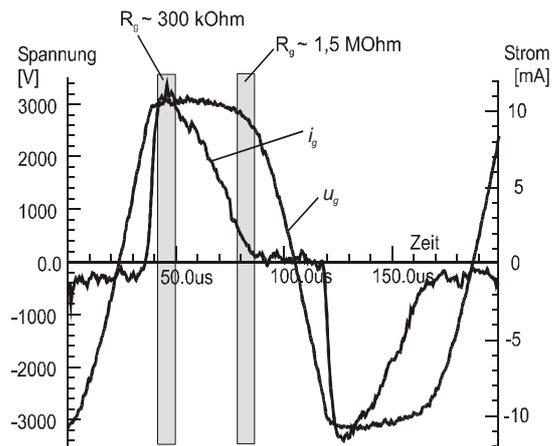
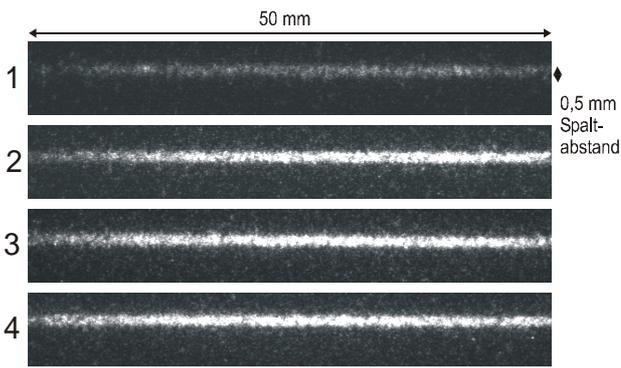


Bild 2: Homogene Barrierentladung des Typs 2 in Luft mit dem Verlauf der Entladungsspannung und dem Entladungsstrom (R_g = errechneter Entladungsersatzwiderstand aus dem Experiment)

Untersuchungen zu homogenen Barrierenentladungen und Aktivierung von 3D-Bauteilen

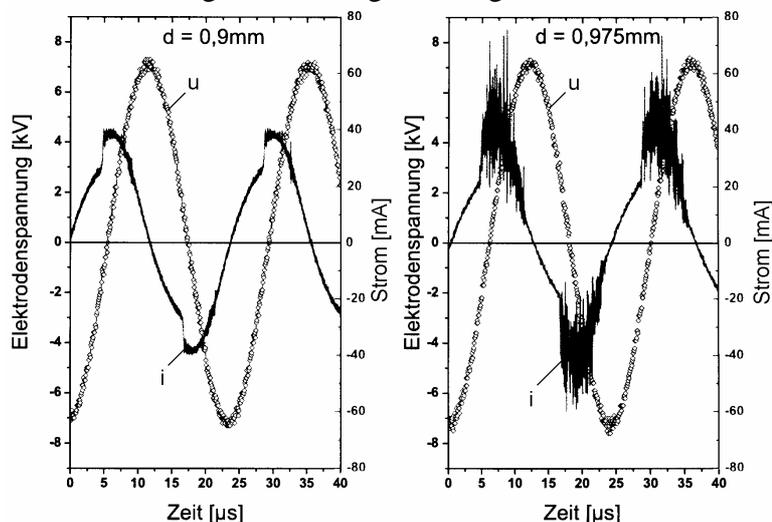
Andreas Siemes

Tag der mündlichen Prüfung: 20.11.2002

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer
2. Bericht: Prof. Dr. Claus-Peter Klages

Die vorliegende Arbeit entstand als externe Doktorarbeit bei der Fa. Bosch im Rahmen des selben BMBF-Verbundprojekts "Homogene Atmosphärendruckplasmen" wie die Arbeit von Jens Tepper. Sie beschäftigt sich mit den Untersuchungen des Existenzbereichs homogener, dielektrisch behinderter Entladungen bei Atmosphärendruck und der Reinigungs- und Aktivierungswirkung von Barrierenentladungen.

Nach einer kurzen Einführung in die theoretischen Grundlagen und den Versuchsaufbau werden die experimentellen Untersuchungen zum Existenzbereich homogener Barrierenentladungen vorgestellt. Dazu werden systematisch die Einflüsse von verschiedenen Parametern wie Barrierenmaterial, Schlagweite, Spannung, Frequenz, Prozessgas und Gasströmung auf die Entladung untersucht. Die verschiedenen Entladungsformen werden über Strom-Spannungs-Verläufe und Aufnahmen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera charakterisiert. Die Untersuchungen werden an Doppelbarriersystemen aus Keramik-Glas bzw. Keramik-Keramik durchgeführt. Es zeigt sich, dass in Helium homogene Barrierenentladungen in einem weiten Parameterfeld erzeugt werden können. Verwendet man Stickstoff als Prozessgas, so wird der Existenzbereich deutlich verringert. Mit zunehmender Schlagweite nimmt die Anzahl der Filamente im Entladungsspalt auf Kosten der homogenen Zonen zu und die homogene Entladung geht in eine teil-homogene über. Vergrößert man den Elektrodenabstand weiter, so existieren nur noch Filamente. Ihre Anzahl nimmt mit steigendem Abstand ab, gleichzeitig nimmt ihre Stromstärke zu. Bei Zugabe von geringen Mengen Sauerstoff zu Stickstoff findet bereits bei geringen Schlagweiten der Übergang zwischen homogener Entladung und filamentierter Entladung statt. In Luft können keine homogenen Entladungen erzeugt werden.



Beispiel für Übergang von homogener (links) zu filamentierter Entladung (rechts) bei Erhöhung der Spaltweite. Arbeitsgas: Stickstoff

Da in den Applikationen häufig metallische Schichten gereinigt werden sollen, wird zunächst das Entladungs- und anschließend das Reinigungsverhalten von Einbarrierenanordnungen un-

tersucht. An Einbarrierenanordnungen können auch bei geringen Schlagweiten keine homogenen Entladungen erzeugt werden. Die Entladungsfilamente verteilen sich gleichmäßig über die gesamte Elektrodenfläche. Die Reinigungswirkung dieser „homogenisierten“ Entladungen wird an 500 nm dicken Ölfilmen, die auf Metallbleche aufgebracht wurden, mit Hilfe der Kontaktwinkelmessung untersucht. In Luft lassen sich diese Schichten bei einer Schlagweite von 0,5mm und Volumenströmen von 8 l/min homogen abreinigen. In reinem Stickstoff polymerisiert die Ölschicht zu einem festhaftenden Film.

Für die Plasmavorbehandlung von 3D-Bauteilen werden aus verschiedenen keramischen Werkstoffen angepasste Elektroden hergestellt und verschiedene Behandlungsprozesse untersucht. Dabei wird gezeigt, dass mit angepassten Elektroden eine lokal und scharf begrenzte Vorbehandlung durchgeführt werden kann.

Gleitentladungen zur Behandlung von Oberflächen

Cord-Christian Hering

Tag der mündlichen Prüfung: 27.11.2002

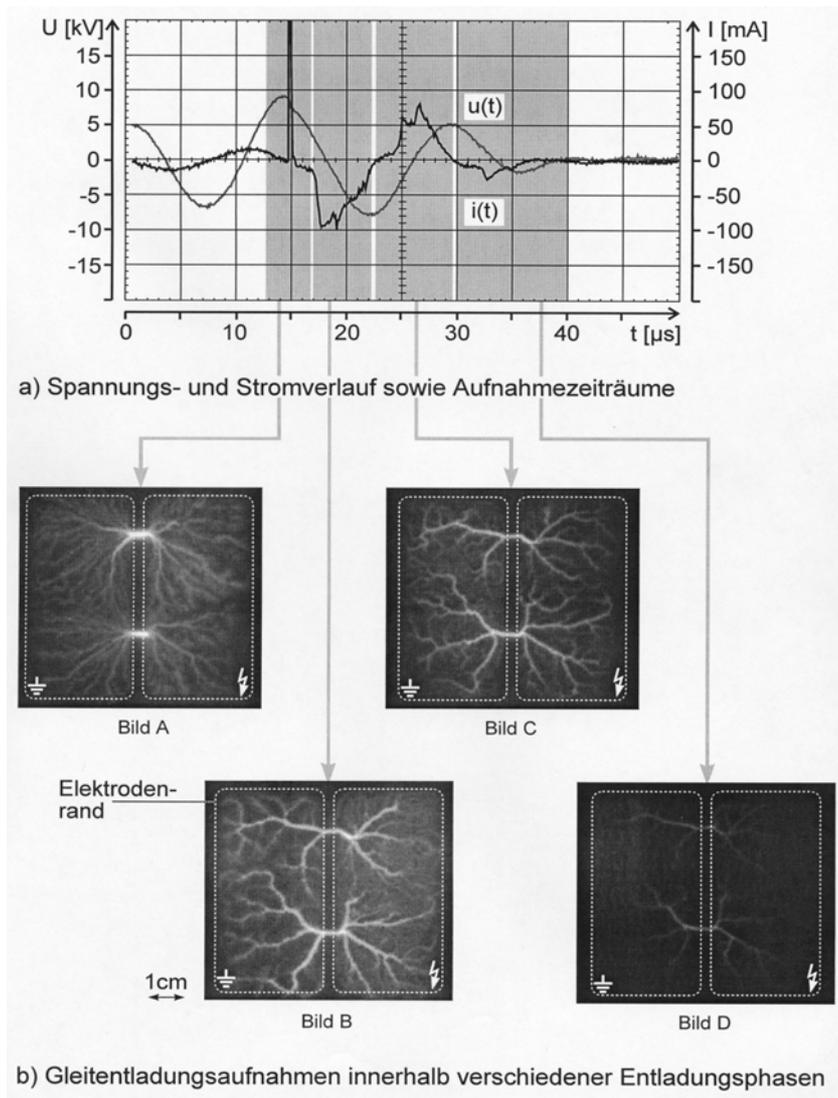
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Salge
2. Bericht: Prof. Dr. rer. nat. Georg Wahl

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Untersuchung von Gleitentladungen, die eine Behandlung von Isolierstoffoberflächen bei Atmosphärendruck ermöglichen.

Nach einem Überblick über die Entstehung und den technischen Einsatz von Gleitentladungen werden umfangreiche Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Gleitentladungsentwicklung durchgeführt. Hierzu werden die Leuchterscheinungen der Gleitentladungen mittels Kurzzeitfotographie per CCD-Kamera aufgenommen und den gleichzeitig gemessenen Spannungs- und Stromverläufen zugeordnet. Zum Einsatz kommen sowohl Entladungssysteme, bei denen eine Elektrode direkt auf die dielektrische Barriere aufgesetzt ist, als auch Systeme, die mit verdeckt unter der dielektrischen Barriere angeordneten, voneinander isolierten Elektroden arbeiten. Das Bild zeigt ein Beispiel der zeitlichen Spannungs- und Stromverläufe sowie der Leuchterscheinungen bei verdeckten Elektroden in Argon.

Im weiteren Verlauf wird untersucht, in welcher Weise auf die Entladungsentwicklung durch Spannungsform, Menge der zur Verfügung stehenden Energie, Pulsbetrieb des Energieversorgungssystems, Gasströmung, Gasart und Gestaltung des Elektrodensystems Einfluß genommen werden kann. Es wird dabei festgestellt, daß sich der Einsatz eines gepulst betriebenen Energieversorgungssystems und die Gasströmung entscheidend auf die Gleit-entladungsverteilung auf der Oberfläche auswirken.

Auf den Untersuchungen zur Gleitentladungsentwicklung aufbauend, werden in einem weiteren Abschnitt Behandlungskonzepte aus bekannten Barrierenentladungssystemen entwickelt, die eine Oberflächenbehandlung von bewegten Isolierstofffolien mit Gleitentladungen erlauben. Ziel ist es dabei, mit einem großen Gleitentladungsanteil zu arbeiten, eine im Mittel gleichmäßige Bedeckung der Folienoberfläche mit Gleitentladungen zu erreichen und bei Einsatz reaktiver Gase eine Mitbeschichtung der aufgesetzten Elektrode zu verhindern.



Im letzten Teil der Arbeit werden orientierende Behandlungsversuche durchgeführt. An ruhenden BOPP- (biaxial orientierte Polypropylen-) Folienproben wird die generelle Eignung von Gleitentladungen zur Oberflächenbehandlung und der Einfluß verschiedener Gase, der Behandlungszeit und von Parametern des Pulsbetriebs auf die Oberflächenspannung untersucht. Anschließend werden 100 mm breite BOPP-Folienbahnen mit ausgewählten Elektrodenystemen in Argon, Luft und Helium sowie in einem reaktiven Gasgemisch behandelt. Dabei wird der Einfluß des Gases, der Parameter des Pulsbetriebs und der Behandlungsgeschwindigkeit auf die Oberflächenspannung festgestellt.

4 Besondere Ereignisse³

| | | |
|---|---------------------|--|
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 16.- 18.01.01 | V. Schwanitz D. Styhler |
| Demontage des DED-Modells bei Alstom AG, Berlin | 01.- 02.02.01 | U. Braunsberger R. Wachholz D. Obst D. Pochwat T. Duda E. Klawonn A. Kapitza |
| Teilnahme am Kooperations-treffen BMBF-Projekt „HTSL-Strombegrenzer“ in Erlangen | 08.- 09.02.01 | J. Grundmann |
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 12.- 14.02.01 | V. Schwanitz D. Styhler |
| Teilnahme am APP Spring Meeting “Diagnostics of Non-Equilibrium High Pressure Plasmas” in Bad Honnef | 18.- 21.02.01 | M. Lindmayer J. Tepper |
| Teilnahme an 10. Bundesdeutscher Fachtagung „Plasmatechnologie“ in Greifswald | 27.02.- 02.03.01 | M. Lindmayer J. Tepper |
| Teilnahme an BMBF-Statusseminar „Plasmaanwendungen in der Textilindustrie“ in Denkendorf | 19.- 20.03.01 | M. Lindmayer |
| BMBF-Verbandtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Kreatinfasern durch kombinierte Plasma-/Harzbehandlung“ in Leverkusen | 03.04.01 | V. Ermel |
| Teilnahme an BMBF-Verbandtreffen „Homogene Atmosphärendruckplasmen“ in Schwieberdingen | 09.- 10.05.01 | M. Lindmayer J. Tepper |
| Studienexkursion gemeinsam mit EMV-Institut zu Alstom Kassel, Rohde & Schwarz München, Bundeswehr-EMV-Prüfstelle Greding | 05.- 07.06.01 | |
| Vorstellung des Instituts im Rahmen der Ringvorlesung für Viertsemester-Studierende | 19.06.01 | M. Lindmayer |

³ Außer den aufgeführten Ereignissen fanden im Rahmen von Projektbesprechungen eine Vielzahl von Besuchen bei Industriefirmen und Firmenbesuchen im Institut statt.

| | | |
|---|------------------|---|
| Montage des DED-Modells im Forschungszentrum Jülich | 20.- 21.06.01 | U. Braunsberger R. Wachholz D. Obst M. Stövesand. T. Duda |
| Vortrag im Rahmen des Plasma-Kolloquiums der Uni Stuttgart | 28.06.01 | M. Lindmayer |
| Teilnahme an Sitzung des Industrieberater-Kreises der Fakultät in Braunschweig | 05.07.01 | M. Lindmayer |
| Präsentation des Instituts im City-Point in Braunschweig "Der Blitz im Wohnzimmer" | 06.07.01 | |
| Teilnahme am Koopertionstreffen BMBF-Projekt „HTSL-Strombegrenzer“ in Erlangen | 13.07.01 | J. Grundmann |
| BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Keratinfasern durch kombinierte Plasma-/Harzbehandlung“ beim Deutschen Wollforschungsinstitut in Aachen | 18.07.01 | V. Ermel C. Thode |
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 30.- 31.07.01 | M. Lindmayer U. Braunsberger |
| Teilnahme an “47th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts” in Montreal | 10.- 12.09.01 | M. Lindmayer M. Springstubbe |
| Teilnahme am „12 th Topical Meeting of the European Electromagnetic Launch Society“ in Ayr, Schottland | 10.- 12.09.01 | U. Braunsberger |
| Teilnahme am Treffen des „Current Zero Club“ in Newcastle | 24.- 25.09.01 | M. Lindmayer |
| Teilnahme an 16. VDE-Fachtagung „Kontaktverhalten und Schalten“ in Karlsruhe | 26.- 28.09.01 | M. Lindmayer F. Barcikowski E. Marzahn M. Springstubbe |
| Teilnahme an VDE Fachbereichssitzung „Kontaktverhalten und Schalten“ in Karlsruhe | 27.09.01 | M. Lindmayer |
| Teilnahme an BMBF Arbeitstreffen „Atmosphärendruckplasma“ in Hamburg | 04.10.01 | J. Tepper |

| | | |
|--|------------------|------------------------------------|
| Teilnahme am Ehrenkolloquium 75. Geburtstag Prof. Rother In Ilmenau | 12.10.01 | M. Lindmayer |
| Teilnahme am DFG-Kolloquium in Wuppertal „Zustands- bewertung von Betriebsmitteln und Anlagen der elektri- schen Energieversorgung“ | 15.- 16.10.01 | F. Gerdinand M. Kurrat |
| AIF-Verbundtreffen „Coronabehandlung von Wollgewe- ben“ beim Deutschen Wollforschungsinstitut in Aachen | 15.10.01 | C. Thode |
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 17.- 18.10.01 | V. Schwanitz |
| Ehemaligentreffen im Institut | 20.10.01 | |
| BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Keratinfasern durch kombinierte Plasma- /Harzbehandlung“ in Leverkusen | 22.10.01 | V. Ermel C. Thode |
| Leitung der Jahreshauptversammlung des VDE Bezirksver- eins Braunschweig | 21.11.01 | M. Lindmayer |
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 26.- 27.11.01 | M. Lindmayer Dr. Braunsberger |
| Projektpräsentation im Rahmen der 75. Tagung des Wissen- schaftlichen Rates der AiF in Magdeburg | 28.11.02 | C. Thode |
| Teilnahme an BMBF-Verbundtreffen „Homogene Atmo- sphärendruckplasmen“ in Braunschweig | 28.- 29.11.01 | M. Lindmayer J. Tepper P. Li |
| Besuch beim Lehrstuhl für Hochspannungstechnik und E- lektrische Anlagen der Universität Dortmund | 30.11.01 | W. Kodoll M. Kurrat |
| AIF-Verbundtreffen „Coronabehandlung von Wollgewe- ben“ und BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash- Ausrüstung von Keratinfasern durch kombinierte Plasma- /Harzbehandlung“ in Stadtallendorf | 03.12.01 | V. Ermel C. Thode |
| Teilnahme an Sitzung des Lenkungsgremiums der Zertifi- zierungsstelle ALPHA in Frankfurt | 04.12.01 | M. Lindmayer |

| | | |
|---|------------------|-----------------------|
| Besuch beim Fachlabor für Meßwandler und Hochspannungstechnik der PTB in Braunschweig | 05.12.01 | D. Kind M. Kurrat |
| Teilnahme am FGH Workshop in Mannheim „Silikonisolatoren im Freilufteinsatz“ | 11.12.01 | M. Kurrat |
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 17.- 18.12.01 | P. Li V. Schwanitz |
| Besuch beim Institut für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen | 18.12.01 | M. Lindmayer |
| Jahresversammlung der Instituts-Mitarbeiter/innen | 20.12.01 | |
| BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Kreatinfasern durch kombinierte Plasma-/Harzbehandlung in Stadtallendorf | 16.01.02 | V. Ermel C. Thode |
| Besuch und Vortrag von Prof. Samm, Direktor des Instituts für Plasmaphysik des Forschungszentrums Jülich in Braunschweig | 16.01.02 | |
| Teilnahme am „19 th Symposium on Fusion Engineering“ in Atlantic-City, USA | 21.- 25.01.02 | U. Braunsberger |
| Prof. Peier und Herr Khaddour, Universität Dortmund besuchen das Institut | 22.01.02 | |
| Mitwirkung am Schülertag der TU Braunschweig | 23.- 24.01.02 | |
| Teilnahme am Kooperationstreffen BMBF-Projekt „HTSL-Strombegrenzer“ in Erlangen | 25.01.02 | J. Grundmann |
| AIF-Verbundtreffen „Coronabehandlung von Wollgewebe“ und BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Kreatinfasern durch kombinierte Plasma-/Harzbehandlung in Stadtallendorf | 28.01.02 | V. Ermel C. Thode |
| Besuch beim Schering-Institut in Hannover | 04.02.02 | D. Kind M. Kurrat |
| Teilnahme an Sitzung des Industrieberater-Kreises der Fakultät in Peine | 05.02.02 | M. Lindmayer |
| Besuch beim Institut für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen | 15.02.02 | M. Lindmayer |

| | | |
|---|------------------|--|
| AIF-Verbundtreffen „Coronabehandlung von Wollgewebe“ und BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash- Ausrüstung von Kreatinfasern durch kombinierte Plasma- /Harzbehandlung in Aachen | 26.02.02 | V. Ermel C. Thode |
| Teilnahme an der ETG Fachtagung in Berlin „Diagnostik elektrischer Betriebsmittel“ | 26.- 27.02.02 | F. Gerdinand M. Kurrat |
| Sitzungsteilnahme und Vortrag bei Association Arc Electri- que in Paris | 20.03.02 | M. Lindmayer |
| Teilnahme an Projekttreffen „Low Voltage Vacuum Arcs“ im Rahmen des NATO Science for Peace Programms in Bukarest | 08.- 09.04.02 | M. Lindmayer |
| Teilnahme am Kolloquium „20 Jahre Lehrstuhl für Hoch- spannungstechnik“ in Dortmund | 12.04.02 | M. Kurrat |
| Vorsitz des Treffens des „Current Zero Club, Circle Va- cuum Switching“ in Hengelo, Niederlande | 15.- 16.04.02 | M. Lindmayer |
| Exkursion mit Studenten des 6./8. Semesters der Energie- technik zur Hannover-Messe | 16.04.02 | M. Kurrat |
| Teilnahme an BMBF Arbeitstreffen „Atmosphärendruck- plasma“ in Karlsruhe | 23.- 24.04.02 | J. Tepper P. Li |
| Besuch beim Institut für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen | 16.05.02 | M. Kurrat |
| Studienexkursion gemeinsam mit EMV-Institut und Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe u. Bahnen nach Nord- deutschland zu Baltic Cable Lübeck, Airbus Hamburg, Transrapid Emsland | 21.- 23.05.02 | |
| BMBF-Verbundtreffen „Homogene Atmosphärendruck- plasmen“ in Braunschweig | 27.- 28.05.02 | M. Lindmayer J. Tepper P. Li |
| Teilnahme am DFG-Kolloquium in Darmstadt „Zustands- bewertung von Betriebsmitteln und Anlagen der elektri- schen Energieversorgung“ | 27.- 28.05.02 | F. Gerdinand M. Kurrat |
| Besuch Forschungszentrum Jülich | 11.- 13.06.02 | U. Braunsberger P. Li V. Schwanitz |

| | | |
|---|------------------|--|
| Teilnahme am Treffen der niedersächsischen Elektrotechnik-Professoren | 22.06.02 | M. Lindmayer |
| Vorstellung des Instituts im Rahmen der Ringvorlesung für Viertsemester-Studierende | 25.06.02 | M. Kurrat M. Lindmayer |
| Exkursion mit Studenten des 6./8. Semesters zum Umspannwerk Nord und Heizkraftwerk Nord der Braunschweiger Versorgungs-AG | 28.06.02 | M. Lindmayer |
| Teilnahme am "XXth International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum" in Tours, Frankreich | 01.- 05.07.02 | M. Kurrat M. Lindmayer K. Steinke U. Schümann S. Temborius |
| Exkursion mit Studenten des 6./8. Semesters zu E.ON Hannover-Lehrte | 09.07.02 | M. Lindmayer |
| BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Kreatinfasern durch kombinierte Plasma-/Harzbehandlung in Aachen | 05.08.02 | V. Ermel |
| Prof. Kojima, Kogakuin University, Japan besucht das Institut | 19.08.02 | |
| Teilnahme an der CIGRÉ-Session in Paris | 26.- 29.08.02 | M. Kurrat U. Schümann |
| Teilnahme an „XIV International Conference on Gas Discharges and Their Applications" in Liverpool | 01.- 06.09.02 | M. Lindmayer J. Tepper |
| Teilnahme an BMBF Arbeitstreffen „Atmosphärendruckplasma“ in Hamburg | 04.09.02 | J. Tepper P. Li |
| Teilnahme an "21st International Conference on Electrical Contacts" in Zürich | 08.- 12.09.02 | M. Lindmayer F. Barcikowski E. Marzahn |
| AIF-Verbundtreffen „Coronabehandlung von Wollgewebe“ und BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Kreatinfasern durch kombinierte Plasma-/Harzbehandlung in Aachen | 09.09.02 | V. Ermel C. Thode |

| | | |
|---|---------------------|--|
| Posterpräsentation im Rahmen des „22 nd Symposium on Fusion Technology (SOFT)“ in Helsinki | 09.- 13.09.02 | U. Braunsberger V. Schwanzitz |
| Prof. Hinrichsen, TU Darmstadt und Prof. Schnettler, RWTH Aachen besuchen das Institut | 16.09.02 | |
| Teilnahme an VDE Fachbereichssitzung „Kontaktverhalten und Schalten“ in Ulm | 17.- 18.09.02 | M. Lindmayer |
| Betriebsausflug des gesamten Instituts | 19.09.02 | |
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 24.- 25.09.02 | M. Lindmayer U. Braunsberger |
| Besuch beim Institut für Hochspannungstechnik in Aachen | 17.10.02 | U. Schümann |
| BMBF-Verbundtreffen „AOX-freie Superwash-Ausrüstung von Kreatinfasern durch kombinierte Plasma-/Harzbehandlung in Aachen | 21.- 22.10.02 | V. Ermel |
| Teilnahme an IEEE Holm “Conference on Electrical Contacts”, Entgegennahme des “Erle Shobert Best Paper Award” in Orlando, Florida | 20.- 23.10.02 | M. Lindmayer |
| Teilnahme an Sitzung des Industrieberater-Kreises der Fakultät in Wolfsburg | 30.10.02 | M. Lindmayer |
| Frau Prof. Nitu, Bukarest, besucht das Institut | 31.10.- 06.11.02 | |
| Frau Dr. Urma, Bukarest, verbringt einen Studienaufenthalt am Institut | 31.10.- 24.11.02 | |
| Teilnahme an Projekttreffen „Low Voltage Vacuum Arcs“ im Rahmen des NATO Science for Peace Programms in Warschau | 04.- 05.11.02 | M. Lindmayer |
| Besuch beim Lehrstuhl für Hochspannungstechnik und Elektrische Anlagen der Universität Dortmund | 06.11.02 | T. Braunsberger A. Dziubek M. Kurrat |
| Teilnahme an BMBF-Verbundtreffen „Homogene Atmosphärendruckplasmen“ in Bremen | 11.- 12.11.02 | M. Lindmayer P. Li |
| Besuch beim Fachgebiet Hochspannungstechnik der TU Darmstadt | 19.11.02 | T. Braunsberger A. Dziubek |

| | | |
|--|----------|---------------------------------|
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 21.11.02 | V. Schwanitz |
| Leitung der Jahreshauptversammlung des VDE Bezirksvereins Braunschweig | 21.11.02 | M. Lindmayer |
| Besuch im Forschungszentrum Jülich | 25.11.02 | M. Lindmayer U. Braunsberger |
| Projektpräsentation im Rahmen der 75. Tagung des Wissenschaftlichen Rates der AIF in Magdeburg | 28.11.02 | C. Thode |
| Teilnahme an Sitzung des Lenkungsgremiums der Zertifizierungsstelle ALPHA in Frankfurt | 03.12.02 | M. Lindmayer |
| Jahresversammlung der Instituts-Mitarbeiter/innen | 19.12.02 | |

Ehemaligentreffen am 20. Oktober 2001

Die Festveranstaltung im alten Audimax der TU (Hörsaal S4) wurde von Prof. Lindmayer eröffnet. Über 150 ehemalige Mitarbeiter mit Begleitung waren zu dem Fest erschienen. Der Präsident der TU, Prof. Litterst, begrüßte alle Anwesenden und wünschte eine angenehme Feier.



Die Professoren Kind und Salge berichteten über ihre Zeit am Hochspannungsinstitut. Dabei gab es Einblicke in Forschungsthemen und –projekte der Vergangenheit sowie persönliche Anmerkungen zur Bedeutung der elektrischen Energie.

Prof. Lindmayer berichtete ausführlich über die Forschungsarbeiten in der Abteilung Elektrische Energieanlagen und über die Lehre. Außerdem erläuterte er die wechselvolle Entwicklung der Institutsgeschichte, deren Abteilungen mal zusammen und mal getrennt „marschierten“.

In dem folgenden Vortrag nahm Prof. Kärner Abschied von der Hochspannungstechnik. Er ließ die unter seiner Leitung durchgeführten Forschungsprojekte Revue passieren und würzte seine Erinnerungen mit zahlreichen Anekdoten.

Zum Abschluss folgte die „Schlüsselübergabe“ an Prof. Kurrat, der anschließend seine Gedanken und Pläne über zukünftige Forschungsprojekte ausführte.

Für den Fachbereich überbrachte Prof. Reimers als Dekan mit humorigen Worten die besten Wünsche für das Institut und das Geburtstagskind, Prof. Lindmayer, zu seinem 60-ten.

Nach den Vorträgen gab es die Möglichkeit, sich an einem Büfett zu stärken, und es wurden in lockeren Gesprächskreisen manche Erinnerungen aus der „guten alten Zeit“ ausgetauscht. Das setzte sich bei der Besichtigung der Forschungseinrichtungen fort, wobei mancher mit leuchtenden Augen „seine“ Versuchseinrichtungen wieder entdeckte.

Im Vorfeld des Institutstreffens lud Prof. Kärner die derzeitig Aktiven der Abteilung Hochspannungstechnik sowie ihren neuen Chef zu einem Abschiedsessen ein. Anlaß war die Amtsübergabe an Herrn Prof. Kurrat.



Der Wunsch von Prof. Kärner, an diesem Freitagmittag gemeinsam einige fröhliche, unbeschwerte Stunden zu erleben, erfüllte sich. Natürlich wurden auch zahlreiche Erinnerungen noch einmal lebendig.

Prof. Lindmayer feierte am Abend des 20.10. seinen Geburtstag mit über 100 Mitarbeitern und Ehemaligen sowie deren Angehörigen aus dem früheren Institut (heute Abteilung) für Elektrische Energieanlagen.

Am Sonntag, den 21.10. waren die Doktoranden der Herren Professoren Kärner und Kind bei ihren jeweiligen Doktorvätern eingeladen zu fröhlichem Wiedersehen, regem Gedankenaustausch und gemeinsamem Essen. So hatten die Besucher des Treffens vor der Heimfahrt noch einmal die Gelegenheit, ihre Institutskollegen unter der „Obhut“ der früheren Chefs intensiv zu interviewen.

Studienexkursion in Norddeutschland vom 21. – 23. Mai 2002

In diesem Jahr dürfen wir gemeinsam mit dem Institut für Elektromagnetische Verträglichkeit und dem Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen auf eine erfolgreiche Exkursion mit 50 Studenten zurückblicken. Frohgemut starteten wir am Dienstag mit einem Reisebus nach Lübeck zur Besichtigung der HGÜ-Station Herreweyk. In Lübeck gab uns Herr Waldhauer von der E.ON Netz eine interessante Einführung in das Baltic-Cable Projekt; nicht zuletzt auch wegen der anschaulichen Schilderung der Reparatur des durch eine Schiffshavarie zerstörten Kabels. Danach wurden wir durch die Konverterstation geführt.

Auf der Weiterfahrt nach Hamburg kehrten wir in einem netten zu einem Restaurant umgebauten Kino ein, um das traditionelle Exkursions-Dinner zu genießen, bevor wir in der Jugendherberge Bargtheide für einige kurze Stunden übernachteten.

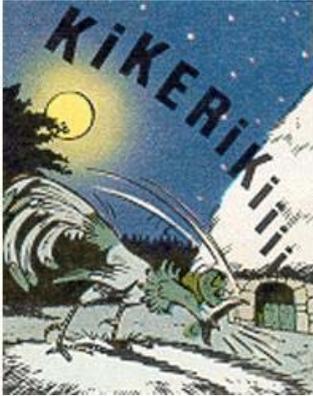
Am nächsten Tag besuchten wir Airbus in Hamburg-Finkenwerder. Nach einigen Vorträgen über den zukünftigen Airbus A380 mit seinen neuen Technologien besichtigten wir die großen Werkshallen. Natürlich reicht ein Tag bei weitem nicht aus, um die interessanten Fertigungsstätten auch nur halbwegs in Augenschein nehmen zu können. Am Abend erkundeten wir Hamburg auf eigene Faust.



Der letzte Tag führte uns ins Emsland nach Lathen zur Transrapid Versuchsanlage. Die Fahrt mit dem Transrapid auf der ca. 30 km langen Versuchsstrecke war sicherlich der Höhepunkt der Exkursion und die Besichtigung der Wagen in der Versuchshalle konnten alle für diese Technologie begeistern. Die Vorzeichen für die Inbetriebnahmeprüfungen in Shanghai waren auch im Emsland sichtbar.

Erschöpft aber zufrieden kehrten wir am Abend nach Braunschweig zurück. Wir bedanken uns herzlich bei allen Organisatoren und Vortragenden und sind sicherlich bei der nächsten Exkursion 2003 wieder dabei.

Betriebsausflug 19. September 2002



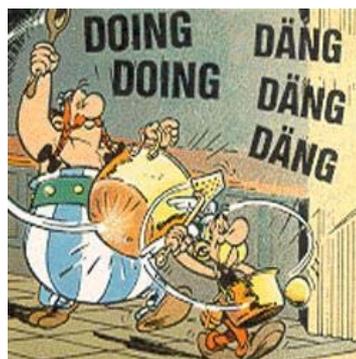
Am Donnerstag haben wir uns ganz, ganz früh um 8:30 Uhr mit den Fahrrädern auf dem Parkplatz vor dem Institut versammelt.

Dann ging es schnellstmöglich und geordnet los... bis nach Wolfenbüttel!!



Unterwegs wurden uns einige Snacks zur Stärkung gereicht...

In Wolfenbüttel haben wir, auf unsere zurückhaltende Art, die Stadt unsicher gemacht und uns dort ein wenig umgeschaut. Im Anschluß daran sind wir dann nach Hallendorf geradelt.



Dort ließen wir den Tag mit einer Grillparty witzig ausklingen.



Nachdem die fast 100 m lange Fahrradschlange die Stadt Braunschweig glücklich und unfallfrei hinter sich gelassen und sich einen Weg in die freie Natur gebahnt hat, entdeckt sie am Waldesrand einige sehr schmackhafte Appetithappen, die mit dem Institutsbus herangeschafft wurden



Dass die Mitarbeiter so leicht für eine Stadtführung zu begeistern sind, hätte man nicht gedacht, aber jetzt können sich die Professoren vor dem Schloss in Wolfenbüttel ausruhen. Für ein Foto steht man jedoch gerne noch mal von der Bank auf.

Endlich sind alle bei der Versuchsanlage in Salzgitter-Hallendorf angekommen. Der Grill raucht schon und die Schmetterlingssteaks bruzzeln, bevor sie in den nimmersatten Mägen der Institutsmannschaft verschwinden.

Es gilt halt immer wieder, Zeichen und Maßstäbe zu setzen



4 Veröffentlichungen und Vorträge

- Gerdinand, F.
Kurrat, M. *Optimierung von mineralisch gefüllten Epoxidharzverbundwerkstoffen für Hochspannungsisolierungen*
elektrizitätswirtschaft Jg. 101 (2002) Heft 26
- Lindmayer, M.
Springstubbe, M. *3D-Simulation of arc motion between arc runners including the influence of ferromagnetic material*
IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies,
September 2002, Vol. 25, No. 3
- Schwanitz, V.
Sauer, M.
Lindmayer, M.
Braunsberger, U.
Giesen, O.
Neubauer, O. *Electromagnetic stray fields of the power supply systems of TEXTOR in Regard of the European Commission Council Recommendation (199/519/EC)*
22nd Symposium on Fusion Technology
Helsinki, 9. - 13. September 2002
- Lindmayer, M. *Simulations of Switching Devices Based on the General Transport Equation*
International Conference on Electrical Contacts
Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland, September 9-12, 2002
- Tepper, J.
Li, P.
Lindmayer, M. *Effects of interface between dielectric barrier and electrode on homogeneous barrier discharges at atmospheric pressure*
XIV International Conference on Gas Discharges and their Applications,
The University of Liverpool 2002, 01. - 06. September 2002
- Lindmayer, M. *Complete Simulation of Moving Arcs in Low-Voltage Switchgear*
XIV International Conference on Gas Discharges and their Applications,
The University of Liverpool 2002, 01. - 06. September 2002
- Schümann, U.
Barcikowski, F.
Schreiber, M.
Kärner, H.C.
Seifert, J.M. *FEM Calculation and Measurement of the Electrical Field Distribution of HV Composite Insulator Arrangements*
39th CIGRE Session
Paris, France, 25. – 30. August 2002
- Giere, S.
Knobloch, H.
Sedlacek, J. *Double and Single-Break Vacuum Interrupters for High Voltage Applications – Experiences on Real High-Voltage Demonstration-Tubes*
39th CIGRE Session
Paris, France, 25. – 30. August 2002

- Schümann, U.
Kurrat, M. *Breakdown Voltage of Electrode Arrangements in Vacuum in Consideration of Surface Area*
XX th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum
TOURS, FRANCE – June 30 – July 5, 2002
- Giere, S.
Kurrat, M.
Schümann, U. *HV Dielectric Strength of Shielding Electrodes in Vacuum Circuit-Breakers*
XX th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum
TOURS, FRANCE – June 30 – July 5, 2002
- Steinke, K.
Lindmayer, M. *Differences in Current Zero Behavior between Bipolar and Quadrupolar AMF Contacts*
XX th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum
TOURS, FRANCE – June 30 – July 5, 2002
- Temborius, S.
Lindmayer, M.
Gentsch, D. *Comparison of the Properties of WCAg and WCCu as Contact Materials for Vacuum Contactors*
XX th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum
TOURS, FRANCE – June 30 – July 5, 2002
- Kärner, H.
Kodoll, W.
Seifert, J.
Tanaka, T.
Nagao, M.
Henriksen, M.
Ross, R.
Kahle, M.
Ichikawa, K.
Fukuda, A.
Ezoe, M. *Interfacial Phenomena Affecting Electrical Insulating Properties in Composites*
Proposal of Test Method, Results and Discussion of CIGRE RRT
Electra, June 2002, No. 202
- Gerdinand, F. *Beurteilung des Alterungszustandes durch Verlustfaktormessung an modellhaften Proben*
DFG-Kolloquium in Wuppertal „Zustandsbewertung von Betriebsmitteln und Anlagen der elektrischen Energieversorgung“
Mai 2002
- Bakija, B.
Kurrat, M. *Druckberechnung für Schaltanlagenräume im Störlichtbogenfall*
elektrizitätswirtschaft Jg. 101 (2002) Heft 9
- Lindmayer, M. *Die Anwendung der allgemeinen Transport-Differentialgleichung in Simulationen der Schaltgerätetechnik*
Ehrenkolloquium Prof. Rother, Ilmenau 12.10.2001

- Lindmayer, M. *3D simulation of arc motion between arc runners including the influence of ferromagnetic material*
Current Zero Club Meeting, Newcastle 2001
- Springstubbe, M.
Lindmayer, M. *3D-Simulation of arc motion between arc runners including the influence of ferromagnetic material*
47th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Montreal 2001
- Düning, G.
Lindmayer, M. *Energy and density of ions in vacuum arcs between axial and radial magnetic field contacts*
IEEE Transactions on Plasma Science, 2001, Vol. 29, S. 726-733
- Lindmayer, M. *Plasmadynamische Simulation von Schaltlichtbögen in Luft*
Jahrbuch 2000 der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, S. 81-88, J. Cramer Verlag, Braunschweig 2001
- Gerdinand, F. *Beurteilung des Zustandes von modellhaften Hochspannungs-isolierungen mit Hilfe der dielektrischen Diagnose*
DFG-Kolloquium in Wuppertal „Zustandsbewertung von Betriebsmitteln und Anlagen der elektrischen Energieversorgung“
Oktober 2001
- Barcikowski, F.
Lindmayer, M. *Wärmehaushalt von Schaltgeräten*
16. Fachtagung, Kontaktverhalten und Schalten
Karlsruhe, 26. - 28. September 2001
- Lindmayer, M.
Springstubbe, M.
Marzahn, E. *Neues über die Komplettsimulation des Lichtbogenverhaltens in Schaltgeräten*
16. Fachtagung, Kontaktverhalten und Schalten
Karlsruhe, 26. - 28. September 2001
- Braunsberger, U. *ZnO-Arresters for Overvoltage Protection in Pulsed Power Circuits*
12th Topical Meeting of the European Electromagnetic Launch Society
Ayr, Schottland, 10th - 12th September 2001
- Jung, M.
Weise, Th. H.G.G.
Braunsberger, U.
Sabath, F. *High Power Compact UWB-Systems*
International Conference on Pulsed Power Application
Gelsenkirchen, 29th - 30th March 2001
- Giere, S.
Kärner, H.C.
Knobloch, H. *Dielectric Strength of Double and Single-Break Vacuum Interrupters – Experiments with Real HV Demonstration Bottles*
IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation
Advances in Dielectric Applications; Remembering Professor Ieda, February 2001, Volume 8, Number 1, S.43-47