

Institut für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik

Jahresbericht 2012

Inhalt

Personelle Besetzung	5
Lehre	11
Forschung	15
Dissertationen	81
Veranstaltungen	89
Anfahrtsskizze	109

Titelfoto von Prof. Schegner:
Generatoren des Kraftwerks im „Hoover Dam“

Postanschrift:

Technische Universität Dresden
Institut für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik
01062 Dresden

Besucheranschrift:

Mommsenstraße 10
Binderbau
Zi. 124/125
01069 Dresden

Telefon: +49 (0) 351 463-34374/-33428

Telefax: +49 (0) 351 463-37036/-37157

Internet: <http://www.tu-dresden.de/etieeh/>



Sehr geehrte Freunde des Instituts für
Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik,

mit dem vorliegenden Jahresbericht 2012 möchten wir Sie über Neuigkeiten am Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik (IEEH) und der Technischen Universität Dresden (TUD) informieren.

Die erfolgreiche Bewerbung bei der Exzellenzinitiative war einer der Höhepunkte des vergangenen Jahres an unserer Universität. Die TUD gehört nun zu den 11 Universitäten, die in der zweiten Phase der Exzellenzinitiative als Exzellenz-Universität ausgewählt wurden. Die TUD war mit ihrem gesamten Antragspaket aus Zukunftskonzept, zwei Exzellenzclustern und einer Graduiertenschule erfolgreich. Besonders herauszustellen ist das Engagement und die integrative Leistung unseres Rektors Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen im Rahmen dieser Bewerbung. Ihm ist es gelungen, nicht nur die gesamte TUD, von den Studenten über die Mitarbeiter bis zu den Professoren, sondern auch die Stadt Dresden und das Umland für diese Bewerbung zu begeistern und sie tatkräftig zu unterstützen. Dieser Erfolg hat weitreichende Auswirkungen auf die Entwicklung der TUD, die Stadt Dresden und die Region. Die Forschungszusammenarbeit zwischen allen Forschungseinrichtungen in der Region wird sich erheblich verbessern und es werden neue „Forschungs-Leuchttürme“ hier in Dresden entstehen.

Die Zahl der Studienanfänger an der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik in den Studiengängen Elektrotechnik, Informationssystemtechnik, Mechatronik und Regenerative Energiesysteme hat sich konsolidiert. Durch den Wegfall der Wehrpflicht und die Einführung eines neuen Studiengangs war die Anzahl der Studienanfänger im Jahr 2011 stark angestiegen. Um eine qualitativ hochwertige Ausbildung anbieten zu können, wurde für den Studiengang Regenerative Energiesysteme im letzten Jahr ein Numerus Clausus eingeführt. Sehr positiv für die elektrische Energietechnik ist auch die Entwicklung bei der Wahl der Vertiefungsrichtung. Die Anzahl der Studierenden, die sich für diese Studienrichtung entschieden haben, ist deutlich angestiegen. Gleichzeitig ist die Nachfrage nach Absolventen auf dem Gebiet weiter gewachsen.

Herr Kollege Professor Steffen Grossmann wurde im Dezember 2012 zum Dekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik gewählt. Die gesamte Fakultät hat ihm ihr Vertrauen ausgesprochen. Auf diesem Weg möchte ich ihm herzlich zu diesem Erfolg gratulieren und ihm alles Gute und viel Erfolg bei der neuen Aufgabe wünschen. Dies wird mit Sicherheit keine leichte Aufgabe, da innerhalb der TUD weitreichende Veränderungen anstehen.

Die gute Zusammenarbeit mit unseren Partnern in der Industrie und der Energiewirtschaft sowie zahlreiche neue öffentlich geförderte Projekte haben uns auch im vergangenen Jahr wieder umfangreiche und erfolgreiche Forschung ermöglicht. Besonders hervorzuheben ist der im letzten Jahr neu geschlossene Kooperationsvertrag zwischen 50Hertz und der TUD. Der Vertrag bildet die Basis einer langen, intensiven und umfassenden Forschungsk Kooperation. An dieser Stelle möchten wir uns nochmals für das entgegengebrachte Vertrauen bei allen Forschungspartnern bedanken.

Die Anzahl und der Umfang der Forschungsprojekte, die am IEEH durchgeführt wurden und werden, haben sich weiter vergrößert. Dies spiegelt sich auch in der Anzahl von Doktoranden wieder, die im letzten Jahr auf einen neuen Höchststand angestiegen ist. Dieser Zuwachs ist einerseits sehr erfreulich, andererseits führt er jedoch zu Herausforderungen bei der Infrastruktur und der Organisation.

Für die Unterstützung bei der praxisbezogenen Ausbildung der Studierenden möchten wir uns besonders bei den Dozenten aus der Industrie bedanken. Herr Professor Gert Hentschel und Herr Dr. Matthias Hable haben durch ihre Lehrangebote wesentlich dazu beitragen.

Ein besonderer Dank gilt den ehemaligen Mitarbeitern unseres Instituts: Dr. Hartmut Bauer, Dr. Eberhard Engelmann, Dr. Helmut Löbl und Prof. Gert Winkler. Sie haben uns auch im letzten Jahr, trotz ihres wohlverdienten Ruhestandes, wieder mit Rat und Tat unterstützt.

Diesen Jahresbericht nehme ich zum Anlass, allen Mitarbeitern des Instituts, Freunden und Partnern für ihre tatkräftige Mitarbeit und Unterstützung im vergangenen Jahr zu danken.

Wir wünsche Ihnen ein gesundes, erfolgreiches und frohes Jahr 2013 und freuen uns auf eine weiterhin gute Zusammenarbeit.

Dresden, im Dezember 2012



Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner
Institutsdirektor

Personelle Besetzung

Personelle Besetzung

Mitarbeiter

An unserem Institut begannen im Jahr 2012 folgende neue Mitarbeiter ihre Tätigkeit:

Herrn Dipl.-Ing. Jens Werner	(ab 01.01.2012)
Herrn Dipl.-Ing. Michael Gatzsche	(ab 01.02.2012)
Herrn M.Sc. Esmail Davoud Moghadam	(ab 15.02.2012)
Herrn M.Techn. Diptargha Chakravorty	(ab 01.08.2012)
Herrn Dr.-Ing. Matthias Baumann	(ab 01.09.2012)
Herrn Dipl.-Ing. Niels Erdmann	(ab 01.11.2012)
Herrn Dipl.-Ing. Uwe Schmidt	(ab 01.11.2012)
Herrn Dipl.-Ing. Friedemann Möller	(ab 04.12.2012)

	Name und E-Mail-Adresse	Telefon (0351) 463-
Hochschul- lehrer	Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner Institutsdirektor peter.schegner@tu-dresden.de	34374
	Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann steffen.grossmann@tu-dresden.de	33428
Professoren und Hoch- schullehrer in Ruhestand	Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Eberhardt	
	Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler	35088
	Doz. Dr.-Ing. Hartmut Bauer hartmut.bauer@tu-dresden.de	35104
	Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl helmut.loebl@tu-dresden.de	32138
Sekretariate	Regina Scharf regina.scharf@tu-dresden.de	33202
	Ulrike Hendrich ulrike.hendrich@tu-dresden.de	33428
Projekt- management	M.Sc. Kathleen Mehnert kathleen.mehnert@tu-dresden.de	32963

Personelle Besetzung

	Name und E-Mail-Adresse	Telefon (0351) 463-
Wissenschaft- liche Mitarbei- ter	Dipl.-Ing. Hans-Peter Pampel (Laborleiter) hans_peter.pampel@tu-dresden.de	33103
	Dr.-Ing. Matthias Baumann matthias.baumann@tu-dresden.de	33080
	Dr.-Ing. Jan Meyer jan.meyer@tu-dresden.de	35102
	Dr.-Ing. Joachim Speck joachim.speck@tu-dresden.de	33105
	Dipl.-Ing. Robert Adam robert.adam@tu-dresden.de	34789
	Dipl.-Ing. Karsten Backhaus karsten.backhaus@tu-dresden.de	33608
	M.Eng. Maher Bakka maher.bakka@tu-dresden.de	34948
	M.Eng. Maria Blanco ana_maria.blanco_castaneda@tu-dresden.de	32217
	M.Techn. Diptargha Chakravorty diptarghachakravorty@gmail.com	32217
	Dipl.-Ing. Jörg Dickert joerg.dickert@tu-dresden.de	35272
	Dipl.-Ing. Max Domagk max.domagk@tu-dresden.de	35223
	Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Dreier sebastian.dreier@tu-dresden.de	34756
	Dipl.-Ing. Niels Erdmann niels.erdmann@tu-dresden.de	43138
Dipl.-Ing. Torsten Fuhrmann torsten.fuhrmann@tu-dresden.de	32746	
Dipl.-Ing. Etienne Gasch etienne.gasch@tu-dresden.de	35104	

Personelle Besetzung

Dipl.-Ing. Michael Gatzsche michael.gatzsche@tu-dresden.de	34756
Dipl.-Ing. Melanie Gründel melanie.gruendel@tu-dresden.de	34789
Dipl.-Ing. Maria Hering maria.hering@tu-dresden.de	33608
Dipl.-Ing. Tobias Heß tobias.hess@tu-dresden.de	32941
Dipl.-Ing. Christian Hildmann christian.hildmann@tu-dresden.de	34948
M.Sc. Christian Jäschke christian.jaeschke@tu-dresden.de	35353
Dipl.-Ing. Benjamin Kaufmann benjamin.kaufmann@tu-dresden.de	34948
Dipl.-Ing. Matthias Klatt matthias.klatt@tu-dresden.de	35223
Dipl.-Ing. Nils Lücke nils.luecke@tu-dresden.de	34756
Dr.-Ing. Jörg Meyer joerg.meyer@tu-dresden.de	35272
Dipl.-Ing. Friedemann Möller friedemann.moeller@tu-dresden.de	35223
M.Sc. Esmail Davoud Moghadam davoud.moghadam@tu-dresden.de	33608
Dipl.-Ing. Stephanie Pfeifer stephanie.pfeifer@tu-dresden.de	32746
Dr.-Ing. Stephan Schlegel stephan.schlegel@tu-dresden.de	32746
Dr.-Ing. Uwe Schmidt u.schmidt@tu-dresden.de	35272
Dr.-Ing. Roberto Schulze roberto.schulze@tu-dresden.de	35353

Personelle Besetzung

	Dipl.-Ing. Robert Stiegler robert.stiegler@tu-dresden.de	32217
	Dipl.-Ing. Matthias Voigt matthias.voigt1@tu-dresden.de	33080
	M.Eng. Moyan Wei moyan.wei@tu-dresden.de	33080
	Dipl.-Ing. Jens Werner jens.werner1@tu-dresden.de	32941
Technische Angestellte	Dipl.-Ing. (FH) Axel Göres axel.goeres@tu-dresden.de	32613
	Waltraud Müller waltraud.mueller@tu-dresden.de	33307
Werkstatt	Ralf Dittrich ralf.dittrich@tu-dresden.de	34745
	Falk Eusewig falk.eusewig@tu-dresden.de	34757
	Michael Gläser michael.glaeser@tu-dresden.de	34260
	Gerd Jaroszczyński gerd.jaroszczyński@tu-dresden.de	34745
	Helge Knüpfel helge.knuepfel@tu-dresden.de	34260
	Peter Wermuth peter.wermuth@tu-dresden.de	34757
Fax:	Prof. Elektroenergieversorgung	37036
	Prof. Hochspannungs- u. Hochstromtechnik	37157

Personelle Besetzung

Mitarbeit in Gremien

Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann

- Prodekan und seit Dezember 2012 Dekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Stellv. Vorsitzender des Prüfungsausschusses der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Stellv. Vorsitzender des VDE-Bezirksverein Dresden e.V.
- Arbeitskreis „Hochspannungsgeräte und -anlagen“ im VDE-BV Dresden
- Mitglied im VDE-ETG-Fachbereich Q3 „Kontaktverhalten und Schalten“
- Gesellschaft von Freunden und Förderern der TU Dresden e.V.
- Mitglied des Vorstands der Freunde und Förderer der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner

- Fachkollegiat der DFG
- persönliches Mitglied FGH, IEEE, VDE
- Senior Member of the IEEE
- Mitglied CIGRE B5
- Member of the PSCC-Council
- EMTP-Usergroup
- Gesellschaft von Freunden und Förderern der TU Dresden e.V.
- Mitglied des Vorstands der Freunde und Förderer der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler

- Expertennetzwerk „Spannungsqualität“ des FNN Berlin im VDE
- AK „Netzzrückwirkungen“ im VDE-Bezirksverein Dresden
- AK D-A-CH-CZ EMV/PQ „Regeln zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen“

Doz. Dr.-Ing. Hartmut Bauer

- VDE-Ausschuss „Sicherheits- und Unfallforschung“ (stv. Obmann)
- DKE-GAK 952.0.10 „IEC 61850“ (bis 21.02.2012)
- ETG-ITG-GAK „Schutz- und Automatisierungstechnik“
- DKE-K122 „Isolationskoordination“
- VDE-AK 10 „Koordination der Isolation“ beim VDE-BV Dresden
- persönliches Mitglied VDE, CIGRE, FGH, Deutscher Hochschulverband

Dr.-Ing. Jan Meyer

- AK „Netzzrückwirkungen“ im VDE-Bezirksverein Dresden
- AK D-A-CH-CZ EMV/PQ „Regeln zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen“
- Expertennetzwerk „Spannungsqualität“ des FNN Berlin im VDE
- UK 767.1 „Niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen“ der DKE (Gast)
- Deutsches Komitee CIRED
- CIGRE - WG C4.112 - Guidelines for Power Quality Monitoring

Dipl.-Ing. Hans-Peter Pampel

- UK 214.5 „Ausrüstungen und Geräte zum Arbeiten unter Spannung; Arbeitsgeräte und starre Schutzvorrichtungen“ der DKE
- Fachausschuss V2.2 „Arbeiten unter Spannung“ der ETG im VDE

Lehre

Lehre

Grundstudium

Vorlesungen / Übungen / Praktika	SS	WS
Elektroenergietechnik Prof. Dr.-Ing. Schegner	0 / 0 / 1	3 / 1 / 0

Hauptstudium

Elektroenergiesysteme Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner	0 / 0 / 1	3 / 2 / 0
Elektroenergieanlagen Prof. Dr.-Ing. Schegner	2 / 1 / 0	
Netzbetrieb Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler	0 / 0 / 1	2 / 0 / 0
Rationelle Energieanwendung Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler	2 / 0 / 0	
Netzberechnung Prof. Dr.-Ing. Schegner		2 / 2 / 0
Leittechnik Doz. Dr.-Ing. Bauer	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Netzschutztechnik Prof. Dr.-Ing. Schegner	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Elektroanlagenprojektierung Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. Hentschel		1 / 1 / 0
Planung elektrischer Verteilungsnetze Prof. Dr.-Ing. Schegner / Dr.-Ing. Hable	2 / 0 / 0	
Hochspannungstechnik 1 Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	0 / 0 / 2	2 / 1 / 0
Hochspannungstechnik 2 Prof. Dr.-Ing. Großmann / PD Dr.-Ing. habil. Löbl / Dr.-Ing. Speck	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Hochspannungsisolieretechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck		2 / 0 / 0
Hochstromtechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / PD Dr.-Ing. habil. Löbl		2 / 1 / 1
Hochspannungsgeräte Prof. Dr.-Ing. Großmann / PD Dr.-Ing. habil. Löbl	2 / 0 / 1	
Hochspannungsprüf- und -messtechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck		2 / 0 / 1

	Lehre	
Vorlesungen / Übungen / Praktika	SS	WS
Blitzschutztechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann	2 / 0 / 0	
Statistik für Elektrotechniker Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	2 / 0 / 1	
Zuverlässigkeits- und Sicherheitsberechnung Doz. Dr.-Ing. Bauer	1 / 1 / 0	
Lehrexport an andere Fakultäten – Grundstudium		
Elektrotechnik 1 + 2 für die Fakultät Maschinenwesen Prof. Dr.-Ing. Großmann	2 / 2 / 0	2 / 2 / 0
Lehrexport an andere Fakultäten – Hauptstudium		
Elektroenergieversorgung für Wirtschaftsingenieure und Lehramt an berufsbildenden Schulen Doz. Dr.-Ing. Bauer		2 / 1 / 1
Hochspannungstechnik für Wirtschafts- und Verkehrsingenieure (Diplom) Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0
Hochspannungs- und Hochstromtechnik für Wirtschaftsingenieure (Bachelor) Prof. Dr.-Ing. Großmann		2 / 1 / 1

Forschung

- **Elektrische Energieversorgung** Seite 18
- **Hochspannungstechnik und Hochstromtechnik** Seite 53

Unsere Forschungspartner

50Hertz Transmission GmbH

ABB

AiF

Alcan Singen GmbH

AREVA

Betonbau GmbH und Co. KG

BSD Bildungs- und Servicezentrum GmbH

Cellpack GmbH

Doble Lemke GmbH

DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH

ELECTRONICON Kondensatoren GmbH

EnBW Energie Baden-Württemberg AG

ENSO Energie Sachsen Ost AG

E.ON edis AG

E.ON Avacon AG

ESA Grimma

enviaM

ESF / SAB

Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie

NEXANS / GPH GmbH

HEINE Resistors GmbH

High-Volt Prüftechnik Dresden GmbH

Lanz Oensingen AG

LTB Dresden

MC Stäubli Group

Multicontact

NH-/HH-Recycling-Verein
OMICRON
Partzsch Elektromotoren
PPC Insulators GmbH
Pronutec
RIBE Elektroarmaturen GmbH & Co KG
RIBE Subcon
Ritz Messwandler
Ruhrtal Hochspannungsgeräte GmbH
RWE
SMA Technologie AG
Scheidt GmbH & Co KG
Schneider electric
Siemens AG
Stadtwerke Oranienburg
SMT und Hybrid GmbH Dresden Weißig
ThyssenKrupp Aufzugswerke
Übigauer Schaltanlagen Uesa GmbH
Vattenfall Europe Distribution GmbH
VEM Sachsenwerk GmbH
VEM Motors
Werner Industrielle Elektronik
Witthinrich

Elektrische Energieversorgung

Die elektrische Energieversorgung verändert sich zurzeit grundlegend. Neben der Integration von dezentralen und dargebotsabhängigen Energieerzeugungsanlagen (Wind- und Photovoltaik-Anlagen) sollen künftig auch Elektrofahrzeuge an das Niederspannungsnetz angeschlossen werden. Darüber hinaus erfolgt die Integration von kleinen und kleinsten Blockheizkraftwerken, sogenannte Mikro-KWK-Anlagen, in dieses Netz. Zukünftig wird ein sehr großer Teil der elektrischen Energie in der heutigen Verteilnetzebene produziert. Hierdurch entstehen vollkommen neue Anforderungen an die Betriebsführung, den Selektivschutz und an die Versorgungsqualität in diesen Netzen. Auch im Zusammenhang mit der Systemführung (Stabilität, Spannungshaltung usw.) sind grundlegende Untersuchungen notwendig. Um diesen geänderten Rahmenbedingungen gerecht zu werden, wurden die folgenden Forschungsschwerpunkte an der Professur für Elektroenergieversorgung etabliert. Zu jedem der Forschungsschwerpunkte wird eine Auswahl von im letzten Jahr bearbeiteten Themen genannt.

▪ **Elektroenergiequalität und Netzzrückwirkungen**

- Messgeräte unabhängiges Datenbanksystem zur zentralen Speicherung von Messdaten der Elektroenergiequalität
- Anwendung von statistischen Methoden zur automatisierten ortsübergreifenden Bewertung der Spannungsqualität
- Internetbasierte Austauschplattform von Messungen der Emission harmonischer Ströme von Haushaltsgeräten; PANDA (equipment hArmonic DAtabase)
- Identifikation und Qualifizierung korrelativer Zusammenhänge zwischen elektrischer und klimatischer Umgebung der Elektroenergiequalität
- Einfluss von Elektrofahrzeugen auf die Strom- und Spannungsqualität (ElmoNetQ)
- Entstehung und Ausbreitung von höheren Harmonischen bis 150 kHz im elektrischen Energieversorgungssystem

▪ **Smart Grid**

- Smart Energy Management - Intelligentes Energiemanagement von Strom - Gas - Wärme - Kälte
- Regionales, virtuelles Kraftwerk auf Basis der Mini- und Mikro-KWK-Technologie - Intelligente Vernetzung von thermischen und elektrischen Verbrauchersystemen
- Combined Energy Lab - thermische und elektrische Versuchseinrichtung für Mikro-KWK-Anlagen

- **Schutz- und Leittechnik**
 - Auswirkungen der verstärkten Einbindung von großen Windparks in das Übertragungsnetz auf das Netzschutzsystem
 - Anforderungen an die Erkennung von Netzpendelungen zur Stabilisierung bzw. Freigabe von Distanzschutzeinrichtungen
 - Grundlagen des übergeordneten Schutzes von elektrischen Transport – und Verteilungssystemen (Systemschutz)
- **Planung und Betrieb von Netzen**
 - Stochastische bottom-up Modellierung von Niederspannungsnetzlasten
 - Netzausbauplanung unter veränderten und unscharfen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
 - Nachhaltige Energiesysteme - Interdependenz von technischer Gestaltung und gesellschaftlicher Akzeptanz
 - Energiewende Sachsen im transnationalen Kontext - Strategien und Lösungsansätze für ein nachhaltigeres Energieversorgungssystem
 - Ermittlung des Ausbaubedarfs in Verteilnetzen
- **Induktive Wandler**
 - Analytische Berechnungs- und messtechnische Bewertungsverfahren von Generatorstromwandlern mit erweitertem Frequenzmessbereich
 - Optimierung des Frequenzübertragungsverhaltens von Mittelspannungsspannungswandler



Jörg Dickert, Dipl.-Ing.

Elektrische Auslegung eines Effizienzhaus Plus

Im Jahr 2010 lobte das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung einen offenen interdisziplinären Planungswettbewerb für ein Effizienzhaus Plus aus. Daran nahm auch ein Team der TU Dresden teil, wobei das IEEH die elektrische Auslegung des Gebäudes übernahm. Weitere Beteiligte kamen aus den Gebieten Architektur, Bauklimatik, Informatik, Baubetriebswesen sowie Umweltökonomie.

Ziel des Wettbewerbs war es, ein architektonisch ansprechendes Haus zu entwerfen, welches bilanziell in einem Jahr mehr Energie produziert als verbraucht. Das Plus bezieht sich darauf, dass auch noch zwei Elektroautos und ein Pedelec bzw. Elektroroller in die Bilanz mit einbezogen werden. Zudem sollte das Haus möglichst autark vom Netz sein.

Mit unserem Entwurf konnten wir den 2. Preis gewinnen. Der 1. Preis ging an die Universität Stuttgart in Kooperation mit Werner Sobek Stuttgart GmbH & Co. KG [1]. Das sogenannte Effizienzhaus wurde in Berlin errichtet und wird von März 2012 bis Mai 2013 von einer vierköpfigen Familie bewohnt und auf Funktionalität getestet [2].

Während der elektrischen Auslegung des Hauses zeigte sich schnell, dass die Elektrizitätserzeugung mit einer PV-Anlage und die Wärmeerzeugung (Heizen und Warmwasser) mit einer Wärmepumpe zu realisieren ist (Bild 1). Um die geforderte Ladung der Autos während der Nacht zu reali-

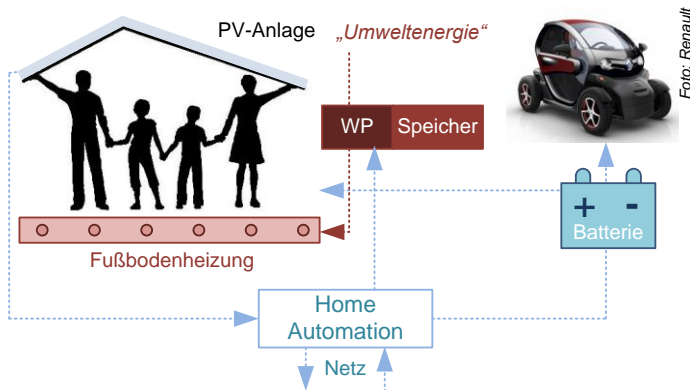


Bild 1: Struktur des technischen Konzepts mit Energieflüssen

sieren, wurde eine stationäre Batterie vorgesehen. Die Ladung erfolgt möglichst langsam, um die Verluste der Batterie zu minimieren. In Tabelle 1 sind die angestrebten Verbräuche nach Anwendungsbereich zusammengefasst. Planerisch konnte nur auf den Wärmebedarf und die Verluste der Batterie Einfluss genommen werden. Der architektonische Entwurf musste dementsprechend genügend Flächen vorsehen, um die geforderte elektrische Energie mit PV-Anlagen zu erzeugen. Die Erzeugung der PV-Anlage wurde auf 15.568 kWh/a geschätzt.

Tabelle 1: *Energieverbrauch nach Anwendungsbereich*

Bereich	Verbrauch
Haushaltsgeräte	3,500 kWh/a
Heizen und Warmwasser	5,000 kWh/a
Mobilität (inkl. Ladeverluste)	6,000 kWh/a
Verluste der Batterie	1,000 kWh/a
Gesamtverbrauch	15,500 kWh/a

Als Batterie wurde eine VRLA-Akkumulator mit einer Kapazität von 30 kWh eingeplant. Hauptgründe für diesen Akku-Typ waren die bewährte Technik, Recycelbarkeit und die vergleichbar geringen Kosten. Mit diesem Akku schätzten wurde einen Grad der Autarkie von 53 % abgeschätzt.

Die Uni Stuttgart entschied sich einen Li-Ion Akku aus Zweitnutzung von E-Mobil-Batterien zu verwenden. Die gewählte Kapazität beträgt dabei 40 kWh bei einem Grad der Autarkie von 50 %.

In der Realisierung stand der Li-Ion Akku erst 3 Monate nach Fertigstellung des Hauses zur Verfügung. Dies zeigt, dass eine Zweitnutzung von E-Mobil-Batterien nicht ohne weiteres zu realisieren ist. Zum einen müssen die Batterien auch für die Nachnutzung aufbereitet werden. Dazu kommen Themen wie Haftung und Gewährleistung [3]. Zum anderen werden diese „Altbatterien“ erst in 10 – 15 Jahren in genügendem Umfang zur Verfügung stehen.

Das Effizienzhaus Plus zeigt, dass nachhaltiges Wohnen und Mobilität bilanztechnisch möglich ist. Es ist jedoch nur ein Grad der Autarkie von ca. 50 % möglich. Um diesen zu erhöhen, müssen entweder Langzeitspeicher verwendet oder andere Energiequellen erschlossen werden.

- [1] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): „Wettbewerbsergebnisse - Plusenergiehaus mit E-Mobilität,“ 2012. [Online] http://www.bbr.bund.de/nn_22808/DE/BautenBundesBerlin/WissenschaftForschung/Effizienzhaus_Plus/Wettbewerb/Plusenergiehaus.html
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): „Messdaten zum Effizienzhaus Plus,“ 2012. [Online] www.bmvbs.de/DE/EffizienzhausPlus/Monitoring/node.html
- [3] P. Trechow: „Zweitnutzung von E-Mobil-Batterien ist fraglich“. VDI-Nachrichten, Nr. 42, 19.10.2012.



Max Domagk, Dipl.-Ing.

Charakterisierung von öffentlichen Niederspannungsnetzen auf Basis der Zeitreihen von Stromqualitätskenngrößen

Die Elektroenergiequalität (Strom- und Spannungsqualität) im öffentlichen Niederspannungsnetz wird durch eine Vielzahl verschiedener Faktoren beeinflusst, wobei zwischen Einflussgrößen der elektrischen Umgebung und Einflussgrößen der nichtelektrischen Umgebung zu unterscheiden ist. Die elektrische Umgebung am Verknüpfungspunkt untergliedert sich in Abnehmerstruktur, Erzeugerstruktur und Netzstruktur. Die Abnehmerstruktur wird durch die angeschlossenen Kunden definiert und wird in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), Büros und Wohngebiete mit Ein- oder Mehrfamilienhäusern eingeteilt.

Die Abnehmerstruktur hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Stromqualität im betrachteten Niederspannungsnetz. Verschiedene Abnehmerstrukturen unterscheiden sich in der Zusammensetzung der angeschlossenen Geräte und deren Nutzungsverhalten. Stromqualitätskenngrößen, wie z. B. die Stromharmonischen, haben dementsprechend ein mehr oder weniger ausgeprägtes Verlaufsmuster, welches stark mit dem Tageszyklus zusammenhängt und möglichst automatisiert identifiziert und klassifiziert werden soll.

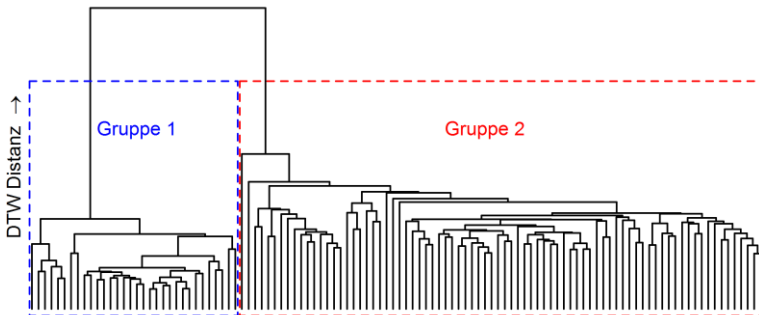
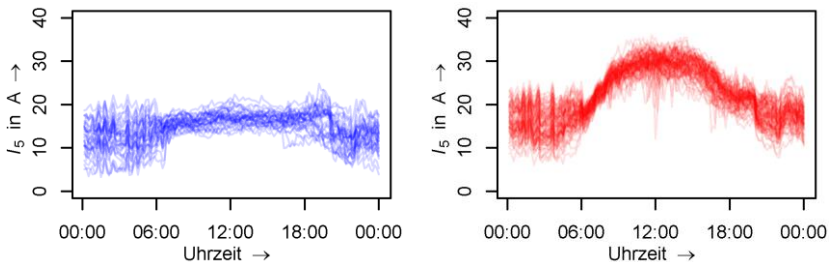


Bild 1: Dendrogramm der Gruppierung für Tagesverläufe der 5. Stromharmonischen einer Bürostruktur; Leiter L1; 16 typische Wochen; Juli bis November 2011; Gruppeneinteilung: Mo-Fr in **Gruppe 2** und Sa-So in **Gruppe 1**

Verschiedenen Abnehmerstrukturen, die von einer Abnehmerart dominiert werden, lassen sich charakteristische Wochenverläufe zuordnen. Bspw. ist der Wochenverlauf W 5-2 (5 Tage mit ähnlichem Verlauf und 2 Tage mit einem anderen, ähnlichen Verlauf) typisch für eine Bürostruktur mit 5 Werktagen von Montag bis Freitag. Wohngebiete weisen Wochenverläufe vom Typ W 7-0 auf, da Abnehmerverhalten und somit auch Wochenverlauf an allen Tagen ähnlich sind.

Innerhalb der typischen Wochen einer Abnehmerstruktur können die Tagesverläufe einer Stromqualitätskenngröße mit ähnlicher Verlaufsform durch Anwendung der Clusteranalyse automatisch gruppiert werden. Als Distanzmaß zur Herausstellung der Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede zwischen den Tagesverläufen wird die aus der Spracherkennung bekannte Dynamic Time Warping Distanz (DTW Distanz) verwendet. Zu Beginn der Gruppierung ist jeder Tagesverlauf einer individuellen Gruppe zugeordnet. Die Gruppen, welche sich entsprechend der DTW Distanz am nächsten liegen, werden schrittweise verschmolzen bis am Ende alle Tagesverläufe in einer Gruppe zusammengefasst sind. Für die Tagesverläufe der 5. Stromharmonischen einer Bürostruktur aus 16 typischen Wochen (Wochenverlauf W 5-2) ist die Gruppierung in Form eines Dendrogramms in Bild 1 dargestellt. Die letzten beiden Gruppen der Tagesverläufe sind sich sehr unähnlich, da sie erst bei einer großen DTW Distanz zusammengefasst werden. Die geeignete Gruppenzahl für das Beispiel beträgt demnach 2.

Die Tagesverläufe beider Gruppen sind in Bild 2 zu sehen und zeigen den Unterschied zwischen den Verlaufsformen der gemessenen Bürostruktur. Mit Hilfe des vorgestellten Verfahrens können große Datenmengen einfach auf Ähnlichkeiten untersucht und charakteristische Tagesverläufe bestimmt werden. Daraus lassen sich im nächsten Schritt u. a. Stromqualitätsprofile für die entsprechenden Abnehmerstrukturen ableiten.



a) Gruppe 1: 32 Wochenendtage (Sa, So) b) Gruppe 2: 80 Werktage (Mo bis Fr)

Bild 2: Gruppierete Tagesverläufe der 5. Stromharmonischen einer Bürostruktur; 10-Minuten-Mittelwerte; Leiter L1; Gruppeneinteilung aus Bild 1



Etienne Gasch, Dipl.-Ing.

Indexsystem zur Bewertung der Spannungsqualität

Eine zunehmende Anzahl gleichzeitig auszuwertender Messorte stellt Netzbetreiber vor wachsende Herausforderungen bei der effizienten Bewertung der Spannungsqualität. Es gibt eine große Vielzahl von Herstellern und Typen von Messgeräten, welche sowohl fest einbaubar als auch mobil einsetzbar sind. Allen Messgeräten gemein ist eine herstellereigene Auswertesoftware, welche eine nutzergerechte Systemintegration und damit eine einheitliche, messortübergreifende Auswertung erschwert. Erst eine einfache und übersichtlich zusammengefasste Darstellung der Spannungsqualität ganzer Netzgebiete ermöglicht eine effiziente Qualitätsbewertung und die Möglichkeit der Einbindung dieser Information z. B. in ein Netzleitsystem. Die messortbezogene, zumeist wochenweise und manuelle Auswertung der Spannungsqualität (je Messort 83 Kenngrößen gemäß EN 50160), wie sie derzeit in der meisten Messgerätesoftware als einzige Auswertemöglichkeit zur Verfügung gestellt wird, ist nicht praktikabel.

Eine Software zur Auswertung der Spannungsqualität muss die Informationen deshalb stark verdichten können, ohne dass dabei die wesentlichen Informationen verloren gehen. Dazu wurde am Institut bereits der *Qualitätsindex* (r_E) entwickelt.

$$r_{E(v,q,p)} = 1 - \frac{m(v,q,p)}{g(q)}$$

Dieser liefert eine einfach interpretierbare und quantitative Aussage, ob eine Grenzwertverletzung (g) für die Spannungsqualitätskenngröße q am Messort v in der Phase p vorliegt. Die Variable m entspricht dabei dem aktuellen Messwert der entsprechenden Kenngröße (gemäß EN 50160, z. B. das 95%-Quantil einer Woche). Ferner repräsentiert der Index die Reserve der jeweiligen Kenngröße zum Grenzwert (0,4 bedeutet 40 % Reserve zum Grenzwert). Die Normalisierung ermöglicht es, die Qualitätsindizes für verschiedene Kenngrößen zusammenzufassen. Dies ergibt bspw. einen Messortindex oder einen Netzindex. Der Netzindex beschreibt die Spannungsqualität für ein gesamtes Netzgebiet über einen gegebenen Zeitraum durch eine einzige Zahl. Diese gibt dem Netzbetreiber einen schnellen Überblick über die aktuell vorhandenen Qualitätsreserven des Netzes.

Wird mittels Qualitätsindex ein Quantil bewertet (z. B. 95%-Quantil), bleiben die restlichen 5 % un beurteilt. Dies entspricht bspw. für 1 Wochenintervall insgesamt 8 Stunden. Für den Netzbetreiber ist es jedoch wichtig zu wissen, ob die Messwerte in diesen 8 Stunden nur knapp oberhalb des 95%-Quantils liegen, oder ob es eine Vielzahl von Ausreißern gibt. Deshalb wird der Qualitätsindex um einen sogenannten *Risikoindex* erweitert, der den Bereich oberhalb des gewählten Bewertungsquantils ebenfalls auswertet. Er ist genauso über verschiedene Kenngrößen und Messorte aggregierbar wie der Qualitätsindex. Beide Indizes beschreiben ausschließlich den aktuellen Zustand der Spannungsqualität für ein vorgegebenes Zeitintervall. Trends bzw. Schwankungen in der Spannungsqualität über der Zeit werden damit noch nicht abgebildet.

Zur Beurteilung von Entwicklungstendenzen wird deshalb ein *Trendindex* eingeführt. Er kann sowohl für den Qualitätsindex, als auch für den Risikoindex berechnet werden. Durch die Auswahl eines geeigneten Bewertungsintervalls können so kurzfristige, mittelfristige und langfristige Trends beurteilt werden. Der Trendindex gibt somit Auskunft, ob im weiteren Verlauf eine Verbesserung oder eine Verschlechterung der Spannungsqualität zu erwarten ist.

Der Trendindex wird durch einen *Schwankungsindex* ergänzt, der ebenfalls für Qualitätsindex und Risikoindex berechnet werden kann. Dieser bewertet die Schwankungen einer bestimmten Kenngröße über einen vorgegebenen Zeitraum, da trotz eines Trends nahe Null unter Umständen erhebliche Schwankungen auftreten können.

Das so definierte Indexsystem (Bild 1) ermöglicht die umfassende, automatisierte Bewertung der Spannungsqualität. Seine einfache Interpretierbarkeit und Skalierbarkeit auf eine beliebige Anzahl von Messorten ermöglicht eine Einbindung der Indizes in ein bestehendes Netzleitsystem. Im weiteren Verlauf des Projektes sollen u. a. Verfahren der effektiven Einbindung der entwickelten Indizes in eine webbasierte Auswertesoftware gezeigt werden.

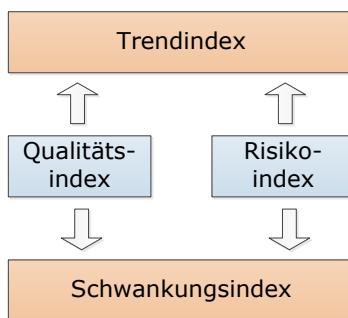


Bild 1: Indexsystem



Tobias Heß, Dipl.-Ing.

Regionales Virtuelles Kraftwerk

Virtuelle Kraftwerke sind eine viel diskutierte Variante zur Integration dezentraler Erzeugungsanlagen in das elektrische Netz [1]. Als Erzeugungsanlagen stehen im Allgemeinen Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (μ KWK) im Fokus des Virtuellen Kraftwerkes. Durch die sehr gute Dynamik auf elektrischer Seite im Sekunden- bis Minutenbereich und die mögliche Entkopplung der thermischen und elektrischen Energieerzeugung durch einen thermischen Speicher sind μ KWK besonders dafür geeignet. Durch den Betrieb der Anlagen im Virtuellen Kraftwerk wird andererseits die Marktteilnahme dieser ermöglicht. Im Rahmen des Projektes „Regionales Virtuelles Kraftwerk“ wurde ein Planungs- und Betriebskonzept auf Basis von μ KWK entwickelt.

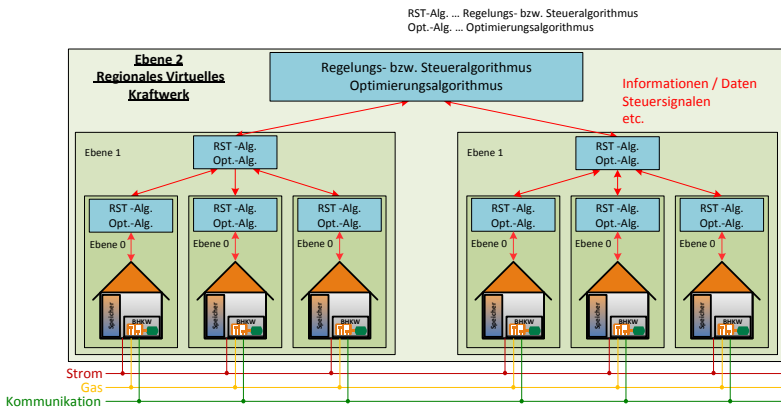


Bild 1: Grundkonzeption für den Aufbau eines Regionalen Virtuellen Kraftwerkes

Für den Betrieb des Virtuellen Kraftwerkes existieren verschiedene Regelungs- bzw. Steueransätze [2]. Grundsätzlich lassen sich diese in zentrale und dezentrale Verfahren unterteilen. Zentrale Optimierungslösungen sind bestrebt, für alle dem Virtuellen Kraftwerk zugeordneten Anlagen einen optimierten Einsatzplan zu ermitteln unter Beachtung sämtlicher von außen wirkender Randbedingungen. Solche Randbedingungen sind zum Beispiel Netzrestriktionen auf elektrischer Seite oder Wärmerestriktionen bei μ KWK-

Anlagen auf der thermischen Seite. Bei einer Vielzahl von Anlagen steigt der Aufwand für die Optimierung enorm und so stoßen diese Konzepte schnell an ihre Grenzen. Im Regionalen Virtuellen Kraftwerk wird daher ein hierarchischer, d. h. dezentraler, Steuerungsansatz entsprechend Bild 1 verfolgt. Durch die Reduzierung der auszutauschenden Parameter und Information und der Aufteilung der Optimierungsaufgabe in den verschiedenen Ebenen wird der Betrieb des Regionalen Virtuellen Kraftwerks auch bei einer großen Anzahl von Anlagen ermöglicht [3].

Die Ebene 0 im RVK repräsentiert Anlagenebene mit den μ KWK-Anlagen und den angeschlossenen Speichereinheiten. Sie umfasst den Haushalt mit seinem spezifischen kundenabhängigen Wärmebedarf. Diese Ebene stellt sicher, dass zu jedem Zeitpunkt der Wärmebedarf gedeckt werden kann. In dieser Ebene wird weiterhin auf Basis der Wärmerestriktion der mögliche Einsatz der μ KWK-Anlage berechnet. Diese Information wird an die übergeordnete Ebene 1 weitergegeben.

Ebene 1 repräsentiert das elektrische Netz und fasst die Daten aller unterlagerten Ebenen zusammen. In dieser Ebene werden die Restriktionen im elektrischen Netz beachtet und der daraus resultierende mögliche Einsatz an Ebene 2 übermittelt.

Ebene 2 stellt die Schnittstelle des RVKs zu den verschiedenen Märkten dar. Auf Basis des zur Verfügung stehenden Einsatzpotentials aller Ebenen wird ein konkreter Fahrplan in den Märkten angeboten und vereinbart. Die einzelnen Ebenen des RVK verteilen nun den vereinbarten Fahrplan auf ihre unterlagerten Ebenen und stellen so den Betrieb des RVKs nach dem vereinbarten Fahrplan sicher.

In den nächsten Arbeitsschritten wird dieses Konzept auf einer Testplattform implementiert und der Betrieb mit Hilfe des „Combined Energy Labs“ (siehe Beitrag Jens Werner) getestet.

- [1] Buchholz, Bernd; Bühner, Volker; Frey, Hellmuth; Glaunsinger, Wolfgang; Kleimaier, Martin; Pielke, Magnus; Roman, Hans; Schmiesing, Johannes; Stein, Johannes; et al.: Smart Distribution 2020 Virtuelle Kraftwerke in Verteilungsnetzen, 2008
- [2] Sonnenschein, M.; Appelrath, H.; Hofmann, L.; Kurrat, M.; Lehnhoff, S.; Mayer, Ch.: Dezentrale und selbstorganisierte Koordination in Smart. In: VDE-Kongress 2012. Berlin: VDE VERLAG GmbH, 2012
- [3] Heß, Tobias; Schegner, Peter; Seifert, Joachim; Werner, Jens: Regionale Virtuelle Kraftwerke - Aufbau und Chancen. In: Kraftwerktechnisches Kolloquium 2012. Dresden, 2012



Christian Jäschke, M.Sc.

Berechnung der Hauptinduktivität von Stromwandlern unter Berücksichtigung von Wirbelströmen

Durch den zunehmenden Einsatz leistungselektronischer Anlagen werden im erhöhten Maße Oberschwingungen in Energieversorgungsnetzen emittiert, die andere Geräte und Anlagen negativ beeinflussen können. Zur Erfassung dieser Oberschwingungen ist es notwendig, höherfrequente Ströme und Spannungen mit einer hohen Genauigkeit messen zu können. Dazu werden in der Regel induktive Strom- und Spannungswandler eingesetzt.

Das frequenzabhängige Übertragungsverhalten von Stromwandlern wird von einer Vielzahl physikalischer Effekte geprägt. Diese müssen für eine analytische Modellierung des Übertragungsverhaltens der Wandler berücksichtigt werden.

Ein Effekt, der das Übertragungsverhalten von Stromwandlern negativ beeinflusst, ist die Ausbildung von Wirbelströmen in deren Kernblechen. Die auftretenden Wirbelströme bewirken eine Verdrängung des magnetischen Feldes in den Kernblechen, was zu einer Verringerung des magnetischen Flusses im Kern führt. Die auftretende magnetische Feldverdrängung kann im Frequenzbereich mit Hilfe der Helmholtzgleichung

$$(\Delta + \underline{k}^2) \underline{H} = 0 \quad \text{mit} \quad \underline{k}^2 = -j\omega \underline{\mu} \kappa$$

beschrieben werden. Wendet man diese Gleichung auf die einzelnen Bleche des Stromwandlerkerns an, so kann die magnetische Feldverteilung, und dadurch auch der magnetische Fluss im Kern eines Stromwandlers berechnet werden. Durch die Definition einer komplexwertigen Induktivität

$$\underline{L}_h = \frac{\underline{\mu}}{j\underline{k}} \cdot \left[\underline{G}_1 \cdot \tanh\left(\frac{j\underline{k} \delta_B}{2}\right) - \frac{\underline{G}_2}{\sinh(j\underline{k} \delta_B)} \right] \quad \underline{L}_h \in \mathbb{C}$$

kann der Effekt der Feldverdrängung auch in einem elektrotechnischen Ersatzschaltbild berücksichtigt werden (siehe Bild 1). Die Variable δ_B steht dabei für die Dicke der einzelnen Wandlerbleche und die Faktoren \underline{G}_1 und \underline{G}_2 berechnen sich aus den geometrischen Daten des Wandlerkerns.

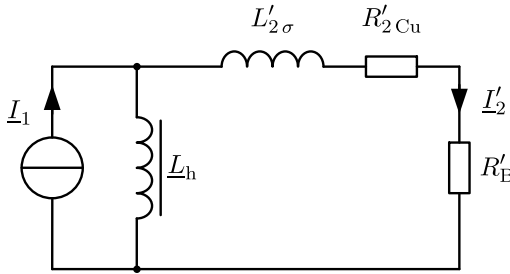


Bild 1: Stromwandler-Ersatzschaltbild

Mit Hilfe der komplexen Induktivität \underline{L}_h lassen sich auch die Elemente des konventionellen Ersatzschaltbildes L_μ und R_ν berechnen (siehe Bild 2).

$$L_\mu = \frac{|\underline{L}_h|^2}{\operatorname{Re}\{\underline{L}_h\}}$$

$$R_\nu = -\frac{\omega \cdot |\underline{L}_h|^2}{\operatorname{Im}\{\underline{L}_h\}}$$

Das abgeleitete Kernmodell benötigt als Eingangsparameter, neben den geometrischen Abmessungen der Kernbleche, die Konduktivität und Permeabilität des Kernmaterials.

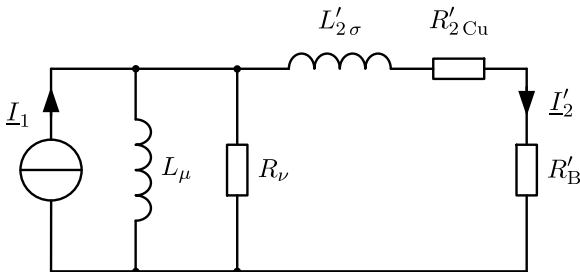


Bild 2: Klassisches Stromwandler-Ersatzschaltbild

Da die Permeabilität der Kernbleche aber stark abhängig von der Aussteuerung und den anregenden Frequenzen ist, müssen noch messtechnische Untersuchungen vorgenommen werden, um repräsentative Werte für $\underline{\mu}_f = f(\omega)$ zu bestimmen.



Matthias Klatt, Dipl.-Ing.

Systematische Laboruntersuchung des Aussendungsverhaltens von Photovoltaik-Wechselrichtern

Die zunehmende Zahl von Photovoltaikanlagen, insbesondere in Deutschland, stellt die Verteilnetze der Zukunft und deren Betreiber vor immer neue und wachsende Aufgaben. Neben der Erzeugung von Wirk- und Blindleistung sind diese Wechselrichter (WR) auch Quelle von Störungen. Dies sind zum einen niederfrequente, charakteristische Harmonische, die bei Einsatz selbstgeführter Stromrichtertopologien deutlich niedriger ausfallen, als bei netzgeführten Systemen. Die selbstgeführten leistungselektronischen Systeme arbeiten meist auf Basis einer Pulsweitenmodulation mit fester Schaltfrequenz. Dadurch emittieren sie auch höherfrequente Anteile um die Schaltfrequenz und deren Vielfache in das Netz.

Die genauen Einflussfaktoren und Zusammenhänge in der Aussendung dieser höherfrequenten Störgrößen in das öffentliche Niederspannungsnetz sind im Moment noch wenig untersucht. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft (IE³) der TU Dortmund wurden diesbezüglich Messungen durchgeführt, welche das Verständnis über das höherfrequente Aussendungsverhalten solcher Anlagen vertiefen sollen.

Am IE³ stehen dazu sowohl mehrere, leistungsstarke Wechselspannungsverstärker, als auch Gleichspannungsquellen mit programmierbarer U-I-Kennlinie zur Verfügung. Es wurde ein Versuchsaufbau entwickelt, mit dem die Wechselrichter bezüglich ihrer höherfrequenten Aussendung untersucht wurden. Der Aufbau des Versuchs ist in Bild 1 dargestellt.

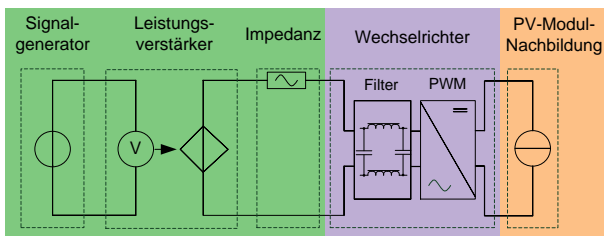


Bild 1: Versuchsaufbau, schematisch, AC Seite, DC Seite

Ein typisches Spektrum mit 3 Emissionsbändern bis 50 kHz zeigt Bild 2. Die Schaltfrequenz bei 16 kHz des Wechselrichters ist deutlich durch die erhöhten Pegel bei 16 kHz, 32 kHz und 48 kHz erkennbar.

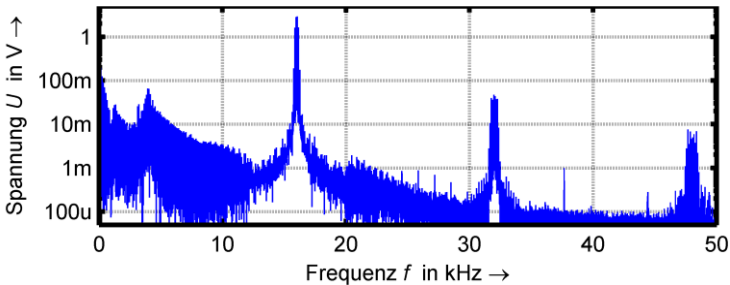


Bild 2: U-Spektrum eines Wechselrichters bis 50 kHz, 3 Emissionsbänder

Im Rahmen dieser Messungen wurden verschiedene Einflussgrößen untersucht. Dazu zählen die Höhe der Zwischenkreisspannung, der Wechselspannung, des Flickers, der Harmonischen und der Netzimpedanz. Die Messungen haben gezeigt, dass die Aussendung stark vom Design des EMV-Filters im Wechselrichter abhängt. Je nach Hersteller und Typ kann die Innenimpedanz stark variieren. Während der WR Typ C praktisch eine konstante Spannung ausgibt (niedrige Impedanz), ist der Typ A eher als Stromquelle zu charakterisieren (hohe Impedanz). Da benachbarte Geräte auf Grund der höherfrequenten Spannungsanteile gestört werden können, sind die WR mit hoher Quellenimpedanz als kritisch zu betrachten.

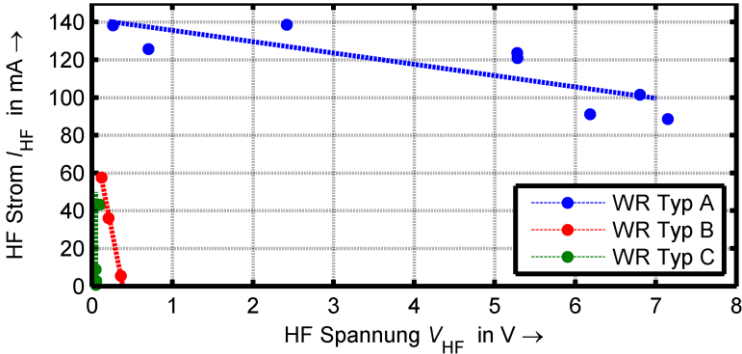


Bild 3: U-I-Charakteristik der Aussendung unterschiedlicher Wechselrichter, 600 Hz-Bänder, 1 s Mittelwerte Die Messungen bilden die Grundlage für die Modellbildung, welche unter anderem einen wichtigen Beitrag im Rahmen der Diskussion zukünftiger Grenzwerte spielt. Daher werden in näherer Zukunft weitere Untersuchungen zu diesem Thema an einem eigenen Versuchsstand am IEEH folgen.



Jan Meyer, Dr.-Ing.

Beeinflussung elektronischer Haushaltgeräte durch Störpegel mit Frequenzen größer 2 kHz

Die zunehmende Nutzung moderner Schaltungstechnologien (z. B. selbstgeführte Photovoltaik-Wechselrichter oder Geräte mit aktiver Leistungsfaktorkorrektur) führt zu einem stetigen Anstieg der Störaussendungen im Frequenzbereich zwischen 2 kHz und 150 kHz. In letzter Zeit wurden vermehrt Störbeeinflussungen beobachtet, welche ihre Ursache in dem genannten Frequenzbereich haben. Die Störungen reichen von fehlerhaft funktionierenden Touch-Dimmer-Lampen bis zur Beeinflussung der Genauigkeit von Energiezählern. Neben diesen eindeutigen Störwirkungen stellt sich die Frage, ob und in welcher Weise insbesondere elektronische Geräte für den Massenmarkt durch die höherfrequenten Störemissionen beeinflusst werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen einen Beitrag für die Arbeit der relevanten Normungsgremien bei IEC SC77A (WG1, WG6, WG8) an einer adäquaten Verträglichkeitskoordination leisten.

Qualitative Überlegungen hinsichtlich der Zusatzbeanspruchung durch höherfrequente Störemissionen zeigen, dass insbesondere Querkapazitäten betroffen sein können. Mit zunehmender Frequenz verringert sich deren Impedanz, was zu steigenden Zusatzströmen und damit zu einer höheren thermischen Beanspruchung führen kann. Eine Analyse der verschiedenen netzseitigen Eingangsschaltungen elektronischer Massengeräte ergab, dass u. a. einfache Eingangsschaltungen ohne Leistungsfaktorkorrektur, wie sie bspw. in Energiesparlampen kleiner 25 W eingesetzt werden, näher zu untersuchen sind. Vereinfacht bestehen diese aus einer 2-pulsigen Gleichrichterschaltung, welche direkt einen Zwischenkreis-Kondensator versorgt. Während des Nachladevorgangs ist dieser somit direkt an das Versorgungsnetz angeschlossen.

Die Stromaufnahme einer solchen Schaltung bei Präsenz einer höherfrequenten Spannung zeigt eine ausgeprägte höherfrequente Komponente im Strom (blauer Verlauf in Bild 1). Die Maximalwerte liegen bei mehr als dem Doppelten gegenüber einer sinusförmigen Versorgungsspannung (grüner Verlauf in Bild 1). Eine höhere thermische Belastung ist deshalb naheliegender. Bild 2 zeigt, dass die Effektivwerterhöhung außerdem abhängig von der Frequenz der höherfrequenten Spannungskomponente ist. Dies konnte im Rahmen von Laboruntersuchungen für mehr als 50 verschiedene Energiesparlampen kleiner 25 W nachgewiesen werden. Maximale Überhöhung und deren Lage (Frequenz) variieren dabei in weiten Bereichen.

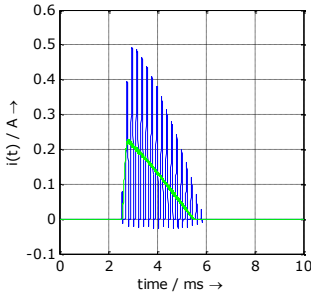


Bild 1: Stromverlauf einer Energiesparlampe ohne/mit höherfrequente Spannungskomponente

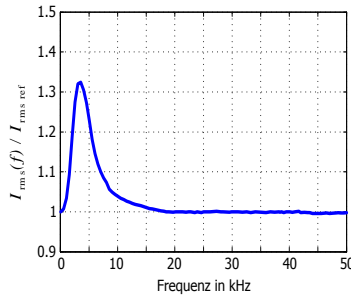


Bild 2: Überhöhung des aufgenommenen Stromeffektivwertes in Abhängigkeit der Frequenz der höherfrequenten Spannungskomponente

Um die zusätzliche thermische Belastung zu quantifizieren, wurden zwei ausgewählte Energiesparlampen mit Thermosensoren präpariert (Bild 3). Bei annähernd konstanter Umgebungstemperatur wurde einer sinusförmigen Versorgungsspannung schrittweise eine höherfrequente Spannung mit steigendem Pegel überlagert. Zwischen den Tests wurde immer eine entsprechende Abkühlung abgewartet. In Bild 4 ist zu erkennen, dass gegenüber sinusförmiger Versorgungsspannung ($u_{HF} = 0\%$) deutliche Temperaturerhöhungen am Zwischenkreiskondensator nachweisbar sind. Diese können u. a. zu einer Reduktion der Lebensdauer dieser Geräte führen.

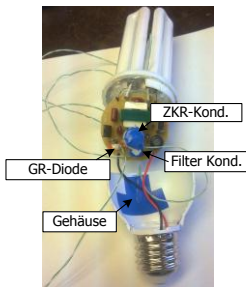


Bild 3: Temperaturmesspunkte an einer Energiesparlampe

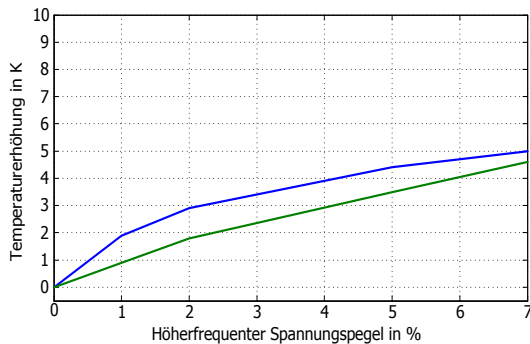


Bild 4: Temperaturerhöhung am Zwischenkreiskondensator in Abhängigkeit des Pegels der höherfrequenten Spannungskomponente (2 Prüflinge)

Weitere Untersuchungen der Beeinflussung, u. a. für andere Schaltungstopologien, für weitere höherfrequente Emissionsarten (z. B. bei PLC-Anwendungen) sind neben der quantitativen Abschätzung der Lebensdauerreduktion Gegenstand weiterer Forschungsprojekte.



Jörg Meyer, Dr.-Ing.

Erstellung von Prüfverläufen zur Prüfung der Pendelsperrfunktion von Distanzschutzgeräten

In [1] wurde bereits die Notwendigkeit, die Anforderungen und einige Einstellempfehlungen an die Pendelschutzfunktion von Distanzschutzgeräten umfangreich untersucht. Daraufhin wurden die folgenden Anforderungen an das Verhalten der Pendelschutzfunktion in [2] festgelegt:

- (1) Gedämpfte Netzpendelungen sollen nicht zu einer Auslösung führen.
- (2) Aufklingende Netzpendelungen sollen auf Basis definierter Bewertungskriterien zur Auslösung in der elektrischen Mitte (minimale Impedanz) führen.
- (3) Eine Spannungsabsenkung durch langsam auseinander drehende Netze sollen auf Basis definierter Bewertungskriterien (rechtzeitig) zur Netztrennung führen, um Kraftwerksausfälle zu vermeiden.
- (4) Asynchrongang soll zur Auslösung in der Nähe der elektrischen Mitte führen.
- (5) Kurzschlüsse, die während einer Netzpendelung auftreten, müssen selektiv und in Schnellzeit geklärt werden.

Die Einhaltung dieser Funktionen durch die Schutzgeräte sollen mit geeigneten Prüfverläufen nachgewiesen werden. Basierend auf diesen Anforderungen wurden geeignete Prüfverläufe für die Inbetriebnahme- und Turnusprüfung von Distanzschutzgeräten erzeugt. Die Prüfverläufe sollten möglichst universell einsetzbar sein und mit einer Vielzahl der vom Auftraggeber eingesetzten Distanzschutzrelais funktionieren. Dabei war zu beachten, dass die Prüfverläufe nicht die Grenzen anderer aktiver Schutzfunktionen unterschreiten und eine ungewollte Reaktion hervorrufen. Folgende Anforderungen wurden u. a. an die Prüfverläufe gestellt:

$$U_{\text{prüf}} \geq U_{<} \quad (1)$$

$$I_{\text{prüf}} < 0,9 I_{>} \quad (2)$$

Außerdem müssen Grenzwerte von Impedanzen und maximale Prüfzeiten berücksichtigt werden.

In folgendem Bild 1 ist exemplarisch eine Impedanztrajektorie für die Überprüfung des Distanzschutzes bei gedämpften Netzpendelungen (Anforderung (1)) dargestellt.

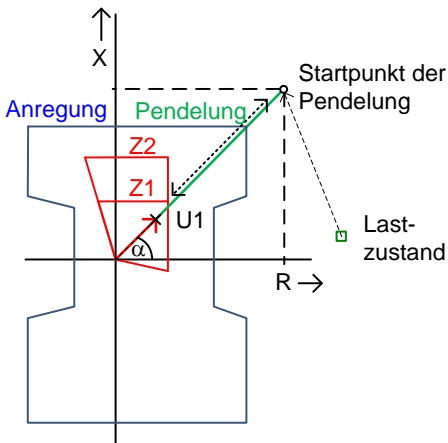


Bild 1: Beispiel einer Impedanztrajektorie zur Überprüfung des Verhaltens von Schutzgeräten bei gedämpften Netzpendelungen

Ausgehend von einem Lastzustand springt die Trajektorie auf den Startpunkt der Pendelung. Die Pendelung wurde für die Erzeugung der Prüfverläufe als lineare Impedanzänderung angenommen, die mit verschiedenen Pendelfrequenzen abläuft. Nach der halben Periodendauer erreicht die Impedanz ihr Minimum im Umkehrpunkt U1. Dabei soll geprüft werden, dass bei gedämpften Netzpendelungen keine Auslösung erfolgt, obwohl die Impedanz das Anrege- und Auslösepolygon erreicht. Es wurden insgesamt sechs Prüfverläufe berechnet um die 5 Anforderungen nachzuprüfen. Für die Überprüfung des Verhaltens bei Kurzschlüssen (Anf. (5)) wurde ein drei- und ein einpoliger Kurzschluss bewertet.

- [1] P. Stachel: „Anwendung des Pendelschutzes zur Erhaltung der Systemstabilität bei großen Lastflussänderungen“, Institut für elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik, Dresden, 2007
- [2] PG Systemstabilität, „Anforderungen an Netzschutzeinrichtungen im Übertragungsnetz“, 2010



Roberto Schulze, Dr.-Ing.

Modellierung von induktiven Spannungswandlern der Mittelspannungsebene mittels FEM

Die Integration energiesparender Verbraucher und regenerativer Erzeuger in das Elektroenergiesystem bringt neben vielen Vorteilen auch Herausforderungen mit sich. So besitzen diese Komponenten des Elektroenergiesystems in der Regel schaltende Elemente und stellen die Ursache für höherfrequente Spannungen und Ströme mit Frequenzen >1 kHz dar. Zur Messung dieser Größen innerhalb der Mittelspannungsebene sind zukünftig Messwandler mit einem definierten Frequenzübertragungsverhalten im Bereich 50 Hz - 10 kHz notwendig. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, ist eine Optimierung der bisher nur für die Grundfrequenz 50 Hz ausgelegten Wandler erforderlich. Messtechnische Untersuchungen ergaben, dass die Streuinduktivitäten eines Spannungswandlers maßgeblich für die Ausprägung der ersten Resonanzstelle verantwortlich ist, welche bei einigen 100 Hz - 2 kHz liegt. Ziel dieser Entwicklungsarbeit ist die Berechnung der Streuinduktivitätswerte, die im Wesentlichen von Geometriedaten abhängen, um die erste Resonanzstelle zu eliminieren. Grundlage dieser Berechnung ist die schrittweise mathematische Modellierung eines Wandlers, wobei vereinfachende Annahmen eine analytische Beschreibung ermöglichen. Bei dieser Vorgehensweise werden Entwicklungsschritte mithilfe von FEM-Berechnungen kontrolliert und ggf. korrigiert.

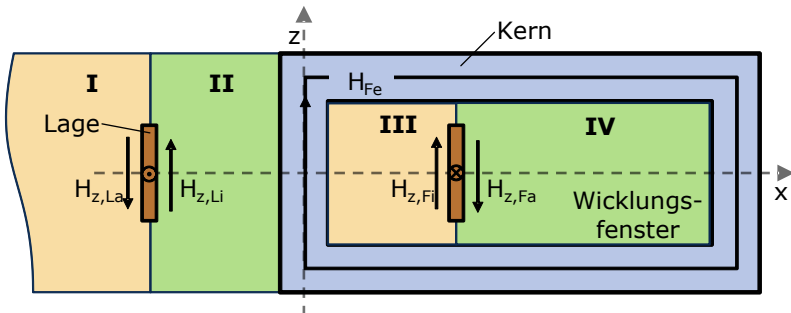


Bild 1: Vereinfachtes Modell eines Spannungswandlers, Seitenansicht in x-z Ebene

Das Bild 1 veranschaulicht einen Eisenkern mit einer Lage zur Studie der Feldverhältnisse an Spannungswandlern. Als Ergebnis von FEM-Berechnungen wurde die Einteilung des Feldraumes in vier Bereiche vorgenommen. Zur Berechnung der Streuinduktivitäten ist es ausreichend, die z-Kom-

ponenten der Feldgrößen in der x-y-Ebene zu betrachten, da sowohl die x- als auch y-Komponente vernachlässigbar klein sind. Innerhalb dieser vier Segmente ist $H_z(x,0,0)$ symbolisch beschreibbar. Die separate Betrachtung der magnetischen Felder beliebig vieler Lagen und deren Superposition ermöglicht die Modellierung eines vollständigen Wandlers inkl. Sekundärwicklung.

Bild 2 stellt H_z für vier Lagen der Primärwicklung sowie eine kurzgeschlossene Lage der Sekundärwicklung dar, wobei die Plateaus der Kurven wesentlich sind. In diesem Bild werden das Ergebnis einer FEM-Berechnung mittels COMSOL sowie der analytischen Berechnung verglichen.

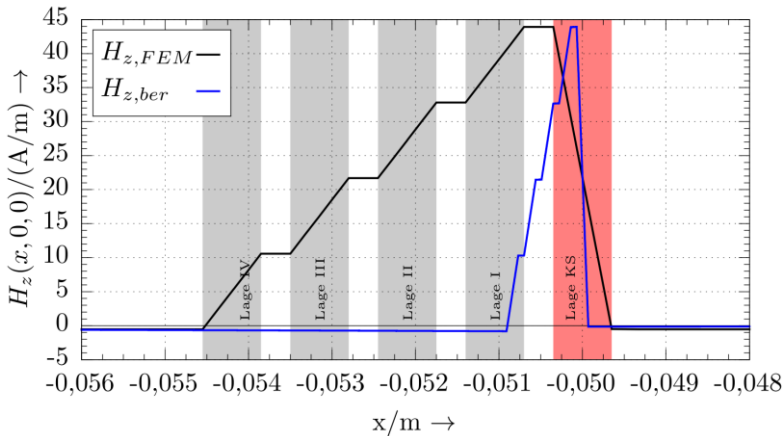


Bild 2: Numerisch und analytisch berechneter Feldstärkeverlauf

Hierbei kommt der berechnete Verlauf $H_{z,ber}$ mit kleinen Lagendicken sowie -abständen den Gegebenheiten der Realität deutlich näher. Die Übereinstimmung der Höhe der Plateaus ist für die Verifikation des analytischen Ansatzes hinreichend. Eine FEM-Rechnung mit kleineren Abständen ist aufgrund der sehr hohen Anzahl an Elementen sowie des enormen Zeitaufwands nicht möglich, sodass nur ein analytischer Ansatz zielführend ist.

Als nächster Schritt schließt sich die Flussberechnung separiert in Eisen- und Luftanteil an, mit der eine Berechnung sämtlicher Selbst- und Kopplinduktivitäten der Lagen möglich wird. Die resultierende Induktivitätsmatrix bietet die Grundlage zur Berechnung von Lagenspannungen sowie der Streuinduktivitäten. Die Ergebnisse dieses analytischen Ansatzes werden mit den Resultaten praktischer Untersuchungen an Spannungswandlern mit Lagenanzapfungen verglichen. Damit ist eine weitere Möglichkeit zur Verifikation und zur Optimierung des Berechnungsverfahrens gegeben.



Robert Stiegler, Dipl.-Ing.

Entwicklung eines portablen Prüfsystems zur Messung des frequenzabhängigen Übertragungsverhaltens von Spannungswandlern auf Basis der Omicron CMC 256

Für die Messung der Spannungsqualität werden in den meisten Fällen bei Messungen in Mittel- und Hochspannungsnetzen die bereits vorhandenen induktiven Spannungswandler genutzt. IEC 61000-4-30 definiert die Anforderungen an die Genauigkeit der Messgeräte, berücksichtigt dabei jedoch nicht den Einfluss der Spannungswandler. Aktuelle Normen zu Spannungswandlern definieren die Übertragungsgenauigkeit nur für Bemessungsfrequenz, d. h. für Messungen von Spannungsharmonischen ist die Gesamtmessgenauigkeit unbekannt.

Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass das frequenzabhängige Übertragungsverhalten von Spannungswandlern bei höheren Frequenzen stark vom Bemessungsübertragungsverhältnis abweicht und von vielen Faktoren wie z. B. Temperatur oder angeschlossener Bürde beeinflusst werden kann. Deshalb ist es notwendig, das Übertragungsverhalten von Spannungswandlern individuell am Aufstellungsort mit betriebsmäßiger Bürde messen zu können. Dazu wird ein kleines, leichtes und transportables Messsystem benötigt.

Als Basis für die Entwicklung wurde das Schutzprüfgerät CMC 256 der Firma OMICRON gewählt (Bild 1). Der Frequenzbereich des Spannungsgenerators der CMC 256 deckt mit 3 kHz den Frequenzbereich der aktuellen Normen zur Messung und Bewertung von Spannungsharmonischen ab. Allerdings ist die Ausgangsspannung auf einen Effektivwert von 300 V beschränkt. Da die Messspannung das gemessene Übertragungsverhalten des Spannungswandlers beeinflussen kann, wurde der Einfluss der Spannungshöhe auf die Genauigkeit der Messung detailliert untersucht.

Den Messaufbau zur Ermittlung des frequenzabhängigen Übertragungsverhaltens mit der realitätsnächsten Messspannung zeigt Bild 2. Die Messspannung ist dabei die Summe aus einer Grundharmonischen mit Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz des Spannungswandlers und eine frequenzveränderliche höherfrequente Komponente mit einer

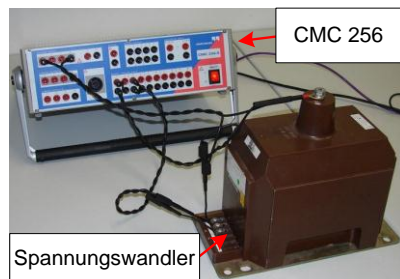


Bild 1: Portables Prüfsystem

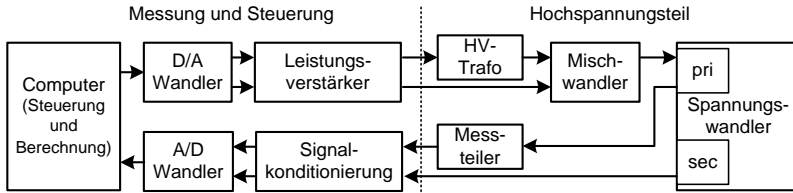


Bild 2: Schema des Labormesssystems für die Referenzmessung

Spannungshöhe von bis zu 10 % der Bemessungsspannung. Bild 3 zeigt das normalisierte Übertragungsverhältnis eines 20-kV-Spannungswandlers für eine solche, zweifrequente Messung. Die Messergebnisse werden als Referenzmessung für die Bewertung der Messgenauigkeit mit der CMC 256 verwendet.

Für die Nutzung der CMC 256 wurden drei Messverfahren an vier Mittelspannungswandlern verschiedener Bemessungsspannung mit der Referenzmessung verglichen, das einfrequente Messverfahren, das zweifrequente Messverfahren mit Grundharmonischer kleiner als Bemessungsspannung und das multifrequente Verfahren (Bild 4). Beim multifrequenten Verfahren wird die geringste Messdauer erzielt, da das Übertragungsverhalten bei mehreren Frequenzen gleichzeitig ermittelt wird.

Mit dem zweifrequenten und dem multifrequenten Messverfahren konnte die Messgenauigkeit des portablen Wandlerprüfsystems im Vergleich zum einfrequenten Messverfahren stark verbessert werden. Während das zweifrequente Messverfahren die höchste Genauigkeit erzielt, ist das multifrequente Messverfahren ein guter Kompromiss zwischen Genauigkeit und Messgeschwindigkeit. Es ist mit 30 s je Messung ca. um den Faktor 10 schneller als das zweifrequente Messverfahren.

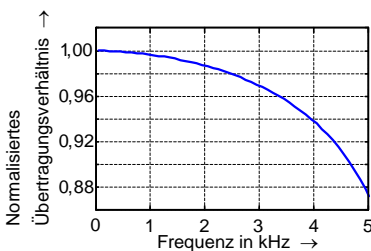


Bild 3: Normalisiertes Übertragungsverhältnis eines 20 kV Spannungswandlers bei der Referenzmessung

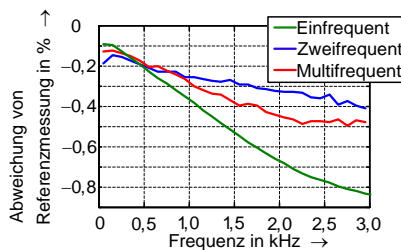


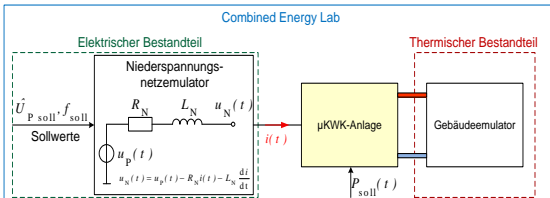
Bild 4: Abweichungen von der Referenzmessung bei verschiedenen Spannungsformen



Jens Werner, Dipl.-Ing.

Entwicklung eines elektrischen Netzemulators zum Test von Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in einer virtuellen Umgebung

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „Regionales Virtuelles Kraftwerk auf Basis der Mini- und Mikro-KWK-Technologie“¹ sind umfangreiche messtechnische Untersuchungen von μ KWK-Anlagen im Leistungsbereich bis $P_{el}=10$ kW geplant. Die bisherigen Untersuchungen begrenzen sich auf Untersuchungen zum thermischen Verhalten der Anlagen. Hierzu steht ein thermischer Gebäudeemulator zur Verfügung (vgl. Bild 1), anhand dessen thermische Lastgänge von Ein- und Mehrfamilienhäusern nachgebildet werden können. Für die Komplettierung der Testszenarien wird der Versuchsstand mit einem elektrischen Netzemulator zur Nachbildung des elektrischen Niederspannungsnetzes (NS-Netz) erweitert. Gemeinsam bilden beide Emulatoren das in Deutschland einzigartige „Combined Energy Lab“, mit dem stationäre und dynamische Untersuchungen der elektrischen und thermischen Verhaltensweise der μ KWK-Anlagen ermöglicht werden.



*Bild 1:
Grundstruktur des
Combined Energy Lab*

Die bisherigen messtechnischen Untersuchungen erfolgen am öffentlichen Energieversorgungsnetz. Die charakteristischen Netzparameter Spannung, Frequenz und Kurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt sind hierdurch fest vorgegeben. Der Niederspannungsnetzemulator ermöglicht es, die Parameter entsprechend Bild 1 zu verändern und das charakteristische Verhalten eines NS-Netzes nachzubilden. Somit können die möglichen Testszenarien komplettiert werden.

Der Niederspannungsnetzemulator besteht aus zwei zentralen Komponenten. Für die Vorgabe der Netzspannung werden drei Leistungsverstärker (LV) eingesetzt, welche sich durch sehr gute dynamische Eigenschaften mit

¹ Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Kennzeichen: 03ET1042A) sowie durch die Verbundnetz Gas AG.

einer Steilheit für Spannungsänderungen von $52 \text{ V}/\mu\text{s}$ auszeichnen. Für den Test von einphasigen μKWK -Anlagen ist die Parallelschaltung der LV vorgesehen, für den dreiphasigen Betrieb bilden die LV das symmetrische Drehstromsystem.

Leistungsverstärker sind technisch bedingt in der Leistungsaufnahmefähigkeit beschränkt. Im einphasigen Betrieb kann diese Herausforderung durch die Parallelschaltung der drei LV beherrscht werden. Im dreiphasigen Betrieb ist jedoch eine zusätzliche Last notwendig, um den vollen Testumfang sicherzustellen. Diese wird als Motor-Generator-Satz, bestehend aus bürstenlos erregter Synchronmaschine (SM) und umrichter gespeister Asynchronmaschine (ASM), ausgeführt und ermöglicht aufgrund der getrennten Regelbarkeit von Wirk- und Blindleistung eine erhöhte Flexibilität.

Ein umfangreiches Steuer- und Regelkonzept ermöglicht einen flexiblen Einsatz. Im Mittelpunkt steht ein echtzeitfähiges PXI-System von National Instruments als Automatisierungs- und Messsystem. Dieses dient der Datenakquisition sowie der Implementierung der notwendigen Regelungen. Ergänzt wird dieses durch eine SPS der Firma VIPA sowie einen OPC-Server für die Kommunikation untereinander und mit der Steuereinheit des thermischen Netzemulators.

Mit dem elektrischen Netzemulator können weitreichende Einsatzmöglichkeiten erschlossen werden. So können bei ein- und dreiphasigen μKWK -Anlagen die Einflüsse von langsamen und schnellen Spannungs- und Frequenzänderungen analysiert werden. Die Untersuchungen sind hierbei motiviert sowohl von dem Ziel der Parameteridentifikation der Anlagen als Basis für zukünftige simulationstechnische Untersuchungen als auch von der Ableitung von Automatisierungskonzepten für den Betrieb von Regionalen Virtuellen Kraftwerken. Komplettiert werden die Einsatzmöglichkeiten durch die Nachbildung von Inselnetzen und unsymmetrischen Drehstromsystemen.

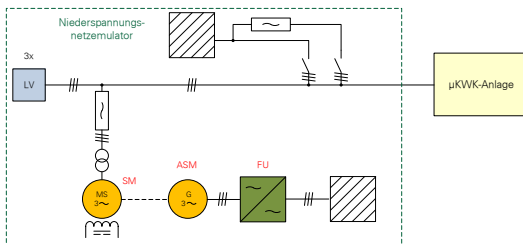


Bild 2: Niederspannungs-netzemulator für den Test von 3-phasigen Anlagen



Ana Maria Blanco, M.Sc.

Harmonic Emission of Home Appliances

The low and high frequency emission of household equipment (e.g. TV, laptops and lamps) in public LV-grids may have undesirable effects on the distribution grids, like increasing voltage distortion levels, overheating of transformers and cables or malfunction of other devices connected to the grid. Different studies were carried out to analyze the impact of electronic devices on the grid, but no really consistent conclusion can be drawn. Differences mainly arise from the high number of factors that have impact on the simulation results. Examples of influencing factors are: the presence of other linear and non-linear devices, the supply voltage distortion or the system harmonic impedance.

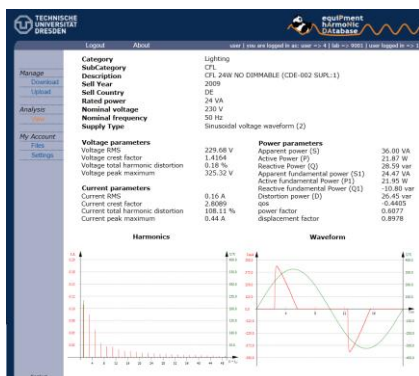


Figure 1: PANDA

To improve harmonic analyses, a database for a central collection of harmonic emission measurements of all types of household appliances and office equipment has been developed. The name of the database is PANDA (equiPment hARMoNIC DAtabase) and it provides for each device magnitudes and phase angles of the voltage and current harmonic spectra, voltage and current waveforms (optional) and some descriptive information (Figure 1).

The database is hosted at the Technische Universität Dresden and can be accessed world-wide via a web-based platform (<http://www.panda.et.tu-dresden.de>). Up to now 6 laboratories from all over the world participate in this database. Currently the database contains more than 2000 measurements of various devices.

As an application example PANDA is used to study the behavior of Compact Fluorescent Lamps (CFLs). 60 CFLs from 8 different countries with rated active power below 25W were selected. Only test points with sinusoidal supply voltage waveform at nominal voltage are considered. Several characteristic parameters of these lamps were compared (THDi, power factor and current harmonics). Figure 2 and 3 show some of the results. In

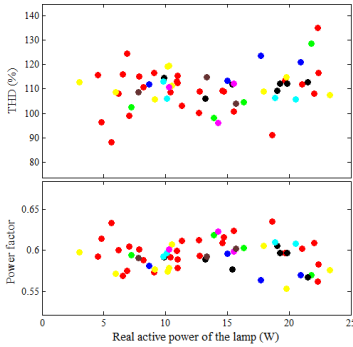


Figure 2: Dependency of THDi and PF from calculated active power

Region	Countries Color
Europe	[Red] [Black] [Blue] [Pink] [Brown]
South America	[Green] [Dark Blue]
Asia	[Yellow]

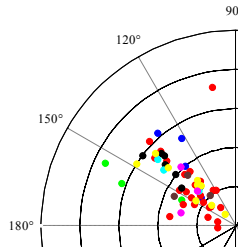


Figure 3: 5th harmonic current of the 60 CFLs.

general, no significant differences between the CFLs from the different countries were found. Even in countries where no harmonic standard applies (countries outside Europe), the behavior of the CFLs is more or less similar to the European lamps. In general, all lamps have low power factors (between 0.55 and 0.65) and THDi between 80% and 140%. The magnitudes and phase angles of the low order harmonic currents are also similar, which results in a low harmonic cancellation among these lamps.

As second aspect the high frequency emission of the CFLs was analyzed. For each CFL the spectrum was calculated and the highest magnitude in the frequency range above 10 kHz was identified. In general, the CFLs have high-frequency components with frequencies between 20 and 60 kHz and magnitudes usually below 0.5 mA (Figure 4). While CFLs of most of the countries show no significant differences, in one country a significant number of lamps have in the higher frequency range amplitudes of up to 6 mA.

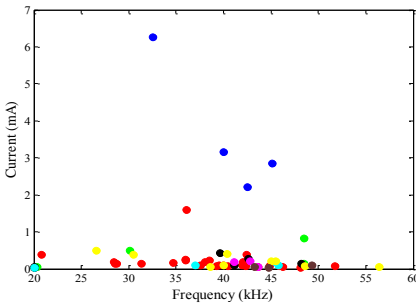


Figure 4: High frequency component of CFLs

Next steps of the project are the analysis of cancellation effect and attenuation effect caused by different levels of supply voltage distortion. Laboratories working in a similar field are highly welcome to join the project by contributing their own measurements and benefiting from the access to the whole database content.

Moreover two types of models are used to represent the MV load: a series R and L model which is available in all software packages (standard load model) and the CIGRE type C model, which was specially developed for harmonic impedance studies.

Based on the different model characteristics and network parameters, like load model, transmission line model and the different loading states, a set of cases was defined. One of the cases simulates a cable network using default model for the downstream loads and distributed model for the lines. The loading state is varied from a full load condition to a half load and low load condition respectively. The results obtained from the five softwares are given in Figure 2.

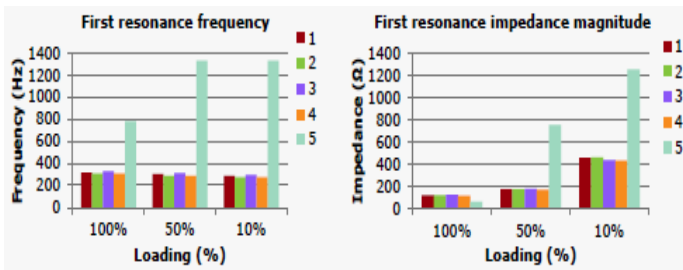


Figure 2: Results for default load model with distributed cable network

Software 5 is not used further as it gives completely different results. Keeping the network same as the previous case, all the downstream loads are now modelled as CIGRE type C load. Figure 3 shows the results for the remaining software packages.

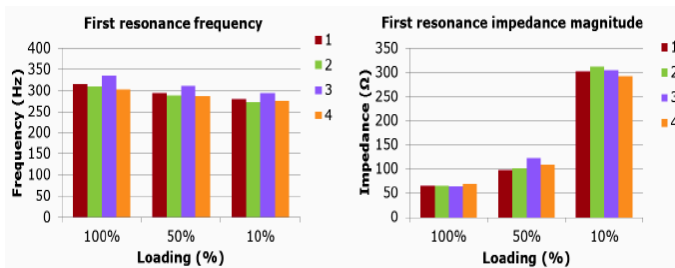


Figure 3: Results for CIGRE load model with distributed cable network

The results of the 4 software packages correspond quite well. The first resonance of the considered network is close to the 5th harmonic. While the impact of load model can be neglected for resonance frequency the CIGRE load model provides a higher, more realistic damping of the resonance.

Diplomarbeiten

Helfricht, Michael

Untersuchung charakteristischer Kenngrößen ausgewählter Niederspannungsnetze und deren statistische Aufbereitung

DA 12/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. M. Domagk)

Hähle, Stephan

Untersuchung der thermischen Beanspruchung ausgewählter Massengeräte durch höherfrequente Spannungen

DA 13/2011 (Betreuer: Dr.-Ing. Jan Meyer)

Leiteritz, Kay

Anforderungen an Hochspannungsgleichstrom-Leistungsschalter

DA 15/2011 (Betreuer: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner)

Zierfuß, Thomas

Untersuchungen von Zusammenhängen zwischen Elektroenergiequalität und elektrischer Umgebung

DA 16/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. M. Domagk)

Aha, Stefan (Fak. Wirtschaftswissenschaften)

Untersuchung des Einflusses zukünftiger Photovoltaikeinspeisungen für ausgewählte Niederspannungsnetze

DA 01/2012 (Betreuer: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner)

Ruben, Mathias

Einfluss von Windenergieanlagen bei unsymmetrischen Fehlern auf den Netzschutz

DA 09/2012 (Betreuer: Dr.-Ing. Jörg Meyer)

Möller, Friedemann

Bewertung des Einflusses einer vermehrten Ladung von Elektrofahrzeugen und eines erhöhten Anteils von Einspeiseanlagen auf die Strom- und Spannungsqualität im Niederspannungsnetz

DA 10/2012 (Betreuer: Dr.-Ing. Jan Meyer)

Studienarbeiten

Nietzold, Robert

Untersuchung der Genauigkeit von Messungen des frequenzabhängigen Übertragungsverhaltens von Spannungswandlern bei unterschiedlicher Aussteuerung

SA 13/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. R. Stiegler)

Krahmer, Sebastian

Untersuchung des Ausbreitungsverhaltens höherfrequenter Störemissionen im Niederspannungsnetz

SA 14/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. M. Klatt)

Vorträge

Meyer, Jan

Beurteilung von Anlagen für den Anschluss an Hochspannungsverteilernetze. Seminar zu D-A-CH-CZ Regel zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen, Mannheim, 08.02.2012

Bauer, Hartmut

IEC 61850 – Monitoring, Redundanzkonzeption und Spannungsqualität. Abschlussbericht des AK „Prozessbus und Monitoring“. DKE 952.0.10, Frankfurt/Main, 21.02.2012

Blanco, Ana Maria; Gasch, Etienne; Meyer, Jan

Web-based Platform for Exchanging Harmonic Emission Measurements of Electronic Equipment.

Workshop on Harmonics in Distribution Networks, Dortmund, 22.02.2012

Meyer, Jan

Power Quality Challenges in future distribution networks.

Workshop on Harmonics in Distribution Networks, Dortmund, 22.02.2012

Bauer, Hartmut

Sicherheitsaspekte für Kernkraftwerke nach Fukushima.

VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung, 77. Sitzung, Berlin, 13.03.2012

Blanco, Ana Maria; Gasch, Etienne; Meyer, Jan; Schegner, Peter

Web-based Platform for Exchanging Harmonic Emission Measurements of Electronic Equipment.

„13. Dresdener Kreis 2012“, Dresden, 15.-16.03.2012

Forschung

Werner, Jens
Regionales Virtuelles Kraftwerk – Entwicklung eines elektrischen Netzemulators zum Test von μ KWK-Anlagen.
„13. Dresdener Kreis 2012“, Dresden, 15.-16.03.2012

Bauer, Hartmut
Isolationskoordination nach IEC 60071.
Symposium an der TU Chemnitz, 16.03.2012

Dickert, Jörg
Herausforderung Energiewende: Ausbau der Stromnetze – Brauchen wir Leitungsausbau für eine dezentrale Energieversorgung?
Energiesammtisch Elbland, Dresden, 01.05.2012

Meyer, Jan
Technische Regeln zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen D-A-CH-CZ.
Weiter- und Fortbildungsseminar (Netzzrückwirkungen/Spannungsqualität),
Dresden, 07.06.2012

Meyer, Jan
Power Quality challenges in future distribution networks (Do we need Power Quality in future grids ?)
Power Quality Wortshop, Eindhoven, 08.06.2012

Dickert, Jörg
Stromnetze im Wandel.
Ringvorlesung Strahlender Strom, TU Dresden, 12.06.2012

Meyer, Jan
CIGRE C4.112 Guidelines for Power Quality monitoring Cp.4 Selection of monitoring Parameters.
ICHQP, Hong Kong, 17.-20.06.2012

Meyer, Jan; Stiegler, Robert
Netzzrückwirkungen moderner LED-Beleuchtungseinrichtungen (Erste Ergebnisse aus Messungen).
Tagung Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. Bezirksgruppe Dresden, Dresden, 25.09.2012

Meyer, Jan; Dickert, Jörg; Schegner, Peter
The Impact of Wind Turbines on the Behavior of the Grid Protection – in Consideration of the Negative Sequence Interference.
IEEE-PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, Berlin,
14.-17.10.2012

Meyer, Jan

Beurteilung von Anlagen für den Anschluss an Hochspannungsverteilernetze.
Fachtagung Versorgungsqualität Power-Quality 2012, Brunnen, 07.11.2012

Bauer, Hartmut

Isolationskoordination und Überspannungsschutz.
Fachveranstaltung „Hochspannungs-Schaltanlagen“, HdT Essen,
07./08.11.2012

Schegner, Peter

Vor- und Nachteile verschiedener Prinzipien der Speicherung elektrischer
Energie.

Sächsisches Fachsymposium ENERGIE 2012, Deutsches Hygiene-
Museum Dresden, 12.11.2012

Meyer, Jan

Harmonische in Niederspannungsnetzen.
Power Quality Expertenseminar a.eberle, Nürnberg, 04.12.2012

Veröffentlichungen

Domagk, M.:

Characterization of public low voltage grids by clustering of power quality
parameters.

PMAPS 2012, Istanbul, 10.-14.06.2012

Meyer, J.; Kilter, J.; Howe, B.; Zavoda, F.; Tenti, L.; Romero Gordon, J. M.;
Milanović, J. V.:

Contemporary and Future Aspects of Cost Effective Power quality monitor-
ing - Position paper of CIGRE WG C4.112.

Power Quality 2012 Conference, Tartu, 11.-13.06.2012

Blanco, A. M.; Gasch, E.; Meyer, J.; Schegner, P.:

Web-based Platform for Exchanging Harmonic Emission Measurements of
Electronic Equipment.

15th IEEE International Conference on Harmonics and Quality of Power,
Hong Kong, 17.-20.06.2012

Stiegler, R.; Meyer, J.; Schegner, P.:
Portable Measurement System for the Frequency Response of Voltage Transformers.
15th IEEE International Conference on Harmonics and Quality of Power,
Hong Kong, 17.-20.06.2012

Meyer, J.; Mombauer, W.:
Assessment of Emission Limits for Disturbing Installations Connected to HV Distribution Networks in AT, CH, CZ and GE.
15th IEEE International Conference on Harmonics and Quality of Power,
Hong Kong, 17.-20.06.2012

Kilter, J.; Meyer, J.; Howe, B.; Zavoda, F.; Tenti, L.; Milanović, J. V.;
Bollen, M.; Ribeiro, P. F.; Doyle, P.; Romero Gordon, J. M.:
Current Practice and Future Challenges for Power Quality Monitoring –
CIGRE WG C4.112 Perspective.
15th IEEE International Conference on Harmonics and Quality of Power,
Hong Kong, 17.-20.06.2012

Schulze, R.; Schegner, P.; Stachel, P.:
A Survey on Modern Fault Record Analysis.
IEEE PES General Meeting, San Diego, 22.-26.07.2012

Gunkel, D.; Heß, T.; Schegner, P.:
Optimal Scheduling of Decentralized Co-Generation Plants in Micro-Grids.
IEEE PES General Meeting, San Diego, 22.-26.07.2012

Pfajfar, T.; Meyer, J.; Schegner, P.; Papič, I.:
Influence of Instrument Transformers on Harmonic Distortion Assessment.
IEEE PES General Meeting, San Diego, 22.-26.07.2012

Werner, J.; Heß, T.; Schegner, P.:
Flexible Test Facility for Evaluation of the Static and Dynamic Parameters of Micro Combined Heat and Power Plants.
8th Power Plant & Power System Control Symposium, Toulouse,
02.-05.09.2012

Seifert, J.; Meinzenbach, A.; Seidel, P.; Hess, T.; Schegner, P.:
Mikro KWK Systeme für Einfamilienhäuser - Simulationsmodelle für thermische und elektrische Analysen.
Forth German-Austrian IBPSA Conference BauSIM, Berlin, 26.-28.09.2012

Dickert, J.; Heß, T.; Schegner, P.; Felsmann, C.:
Electrical Design of an Efficiency House Plus.
IEEE-PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, Berlin,
14.-17.10. 2012

Werner, J.; Heß, T.; Schegner, P.; Seifert, J.:
Regionale Virtuelle Kraftwerke – Aufbau und Chancen.
Kraftwerktechnisches Kolloquium 2012, Dresden, 23.-24.10.2012

Dickert, J.; Schegner, P.:
Lastgänge als Grundlage für die Analyse von Smart Grids – Anforderungen
und Vergleich von Lastgangsynthesen.
VDE-Kongress 2012, Stuttgart, 05.-06.11.2012

Heß, T.; Hable, M.; Schegner, P.:
Verfahren zum Lastmanagement in Niederspannungsnetzen – Anwendung
von E-Mobility bis Wärmespeicher.
VDE-Kongress 2012, Stuttgart, 05.-06.11.2012

Hochspannungstechnik

Hochspannungs-Gleichstromübertragungen (HGÜ) nehmen international immer mehr an Bedeutung zu. Für die Hersteller der Betriebsmittel sind experimentelle Grundlagenuntersuchungen ebenso wichtig wie Tests an gefertigten Geräten und Komponenten. Zurzeit laufende Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit Öl-Papier-Isolierungen und verschiedenen Gasisolierungen bei hoher Gleichspannung.

Elektrische Maschinen werden zunehmend mit Umrichtern betrieben. Die dabei auftretenden Spannungsimpulse stellen höhere Anforderungen an die Isolierungen. Die Lebensdauer der Isolierung und das Verhalten des Endenglimmschutzes bei diesen Belastungen werden untersucht.

Mit steilen Hochspannungsimpulsen können Gesteine zertrümmert werden. In Kooperation mit der Fakultät für Maschinenbau werden Grundlagenuntersuchungen zum Aufbau eines Bohrkopfes für die Tiefengeothermie auf dieser Basis durchgeführt.

Die Grundlagenuntersuchungen für das Arbeiten unter Spannung knüpfen an traditionell am Institut angesiedelte Forschung zum Arbeiten unter Spannung an und sollen Erkenntnisse bringen, die im Bereich der Elektroenergieversorgung neue Technologien bei der Wartung und Instandhaltung ermöglichen.

Hochstromtechnik

Die Forschung auf dem Gebiet der Hochstromtechnik nimmt seit vier Jahrzehnten am Institut einen hervorragenden Platz ein. Dieses Fachgebiet ist eine wesentliche Säule unserer Arbeit. Dabei ergänzen sich Forschung für unsere Industriepartner und Grundlagenforschung in hervorragender Weise.

Betriebsmittel der Elektroenergietechnik haben die Aufgabe, Strom zu leiten. Dabei sind die Strombahnen so zu gestalten und zu bemessen, dass zulässige Grenztemperaturen eingehalten und ein über Jahrzehnte zuverlässiger Betrieb gewährleistet ist. Eine immer höhere Auslastung der Betriebsmittel bei gleichzeitig höherem Kostendruck für die Hersteller erfordern neue kreative Lösungen. Die dafür erforderlichen Grundlagen zur Erwärmung sind Bestandteil unserer Forschung. Eine wesentliche Rolle spielen dabei auch die in den Elektroenergieanlagen notwendigen elektrischen Verbindungen und deren Langzeitverhalten abhängig von konstruktiven und betriebsbedingten Einflüssen sowie den Umgebungsbedingungen.

Die nachfolgenden Beiträge geben eine Übersicht über die wichtigsten derzeit laufenden Arbeiten.



Karsten Backhaus, Dipl.-Ing.

Dielektrisches Verhalten der Öl-Papier-Isolierungen bei hoher Gleichspannung

Die Öl-Papier-Isolierung der Leistungstransformatoren für die Gleichstromübertragung (HGÜ) erfährt durch die Gleichspannungsprüfung eine besondere Belastung gegenüber konventionellen Transformatoren.

Zur Dimensionierung stützt man sich bisher auf eine elektrische Feldberechnung, welche auf der Modellvorstellung beruht, dass das dielektrische Verhalten der Isolierwerkstoffe vollständig anhand eines RC-Netzwerks beschrieben werden kann. Mit der Barriereanordnung nach [1] kann wie für Öl-Papier-Spalte [2] gezeigt werden, dass bisherige Materialmodelle ungenügend sind, um kritische Beanspruchungen und damit den Durchschlag einer Öl-Papier-Isolierung zu berechnen.

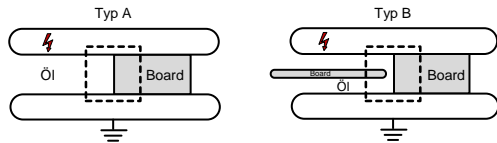


Bild 1: Barriere-Modelle nach [1]

Die nachfolgende Feldberechnung basiert gemäß [1] auf einem Leitfähigkeitsverhältnis des Öl zu Papier von 100:1 bei der im experimentell ermittelten, positiven Durchschlagspannung.

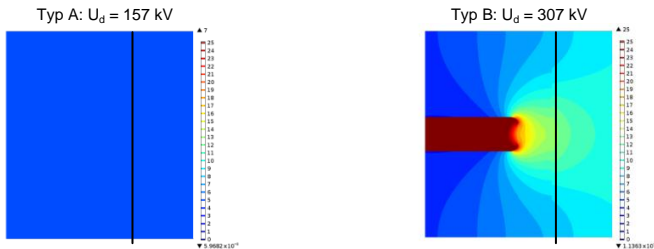


Bild 2: Feldstärkeverteilung gemäß elektrischer Leitfähigkeit

Bild 2 zeigt die konventionell berechnete Feldstärkeverteilung mit gleicher Farbskalierung für die markierten Bereiche in Bild 1. Für Typ A wird ein homogenes Feld mit einer Feldstärke von 5,2 kV/mm berechnet, welche circa ein Fünftel der eigentlichen Festigkeit beträgt. Für Typ B ergibt sich mit der eingeschoben Barriere eine Feldstärkeerhöhung im Isolieröl aufgrund des Leitfähigkeitsunterschiedes zum Papier. Die berechnete Feld-

stärke unterscheidet sich bei doppelter Durchschlagspannung um den Faktor 5 im Vergleich zum Typ A.

Um diesen Widersprüchen zu entgegnen, wurde bisher mit der Theorie des sog. Längsgrenzflächenversagens mit einer geringeren Festigkeit argumentiert. Dies gelingt in diesem Beispiel nicht schlüssig. Versuche am IEEH zeigen jedoch, dass es ein solches Längsgrenzflächenversagen bei DC nicht gibt, sondern ein Öldurchschlag durch sich bildende Ionenschichten vor den Elektroden und deren Versagen ausgelöst wird.

Ein physikalisch besserer Ansatz zur Beschreibung gelingt mit der Nernst-Planck-Gleichung:

$$j_i = z_i F \left(c_i u_i \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_i \frac{\partial c_i}{\partial x} \right) \quad (1)$$

Sie beschreibt die Stromdichte der Ladungsträger durch die elektrische Feldstärke und die Diffusion infolge des Konzentrationsgefälles. Bild 3 zeigt hierfür die qualitative Dichteverteilung der Anionen im Barriersystem gemäß [1] für unterschiedliche Zeitschritte nach dem Zuschalten einer hohen Gleichspannung.

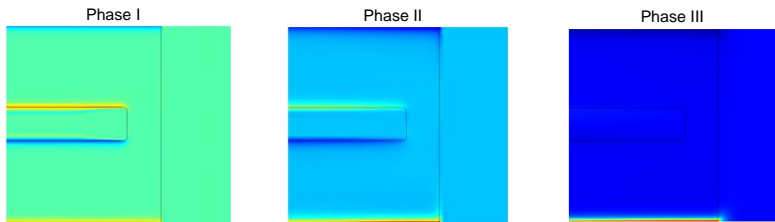


Bild 3: Phasenbilder der Ionendrift im Isolieröl bei hoher Gleichspannung

So zeigen sich anfangs ein Stau der Ladungsträger vor der Barriere und der Erdelektrode aus einer zunächst gleichmäßigen Verteilung heraus, das Strömen durch den Barrierspalt und der Aufbau einer stabilen Ionenschicht vor der Anode. Analog erfolgt die Drift der Kationen zur Kathode. Lokal ändern sich somit Festigkeitseigenschaften im Ölspalt aufgrund der Anhebung der Feldstärke in den sich bildenden Ionenschichten.

Durch die differentielle Beschreibung der Öl- und Papiereigenschaften gegenüber bisher integral angenommenen Eigenschaften der Isolierwerkstoffe wird die rechnerische Modellierung der Phänomene bei hoher Gleichspannung ermöglicht.

- [1] EBISAWA et al.: DC Creepage Breakdown Characteristics of Oil-immersed Insulation, 2009
- [2] BACKHAUS u. a.: Durchschlagverhalten der Öl-Papier-Isolierungen bei hoher Gleichspannung unter Berücksichtigung von Raumladungen, RCC-Fachtagung, 2012



Sebastian Dreier, Dipl.-Wi.-Ing.

Untersuchungen von Verbindungen der elektrischen Energietechnik unter Extrembedingungen

Verbindungen der elektrischen Energietechnik werden in großer Zahl in elektrischen Versorgungsnetzen und Betriebsmitteln eingesetzt. Aufgrund der großen Stückzahl und des oftmals exponierten Einsatzbereichs muss die Zuverlässigkeit der Verbindungen gewährleistet sein. Der großflächige Einsatz elektrischer Erzeugungs-, Verteilungs- und Übertragungsanlagen in Wüsten oder tropisch feuchten Regionen ist für die Zukunft geplant.

Um möglichst anwendungsnahe Forschungsergebnisse zu erzielen, wurden praxisrelevante Verbindungen, mit unterschiedlicher Geometrie- und Materialspezifikation, ausgewählt und Feldversuche in einer wüstenähnlichen Umgebung in Ägypten aufgebaut (Bild 1a).

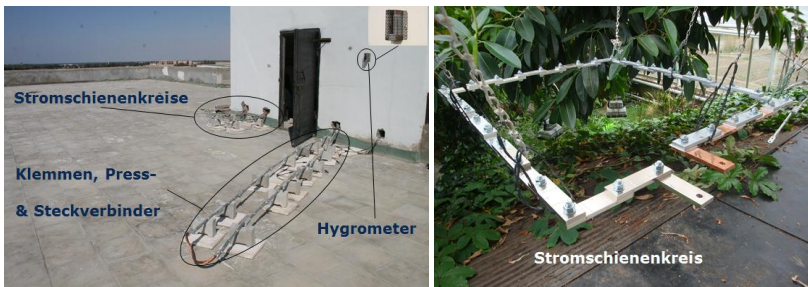


Bild 1: a) Versuchsstände in Ismailia, Ägypten (strombelastet) und b) im Botanischen Garten der TU Dresden (unbestromt)

Die Versuchsbedingungen in Ägypten sind durch große Unterschiede in Temperatur ($\Delta T > 25 \text{ K}$) und Luftfeuchtigkeit ($\Delta RH > 75 \%$) geprägt. Für Untersuchungen unter tropischen Bedingungen wurden Versuchsstände im Botanischen Garten der TU Dresden aufgebaut, die einer konstant hohen Luftfeuchtigkeit ($RH_{\text{Mittel}} \approx 60 \%$) ausgesetzt sind.

Der Vergleich der Verbindungswiderstände von ausgelagerten Schalenstromklemmen (Bild 2) deutet auf eine beschleunigte Alterung der in Ägypten aufgebauten bestromten Verbindungen hin.

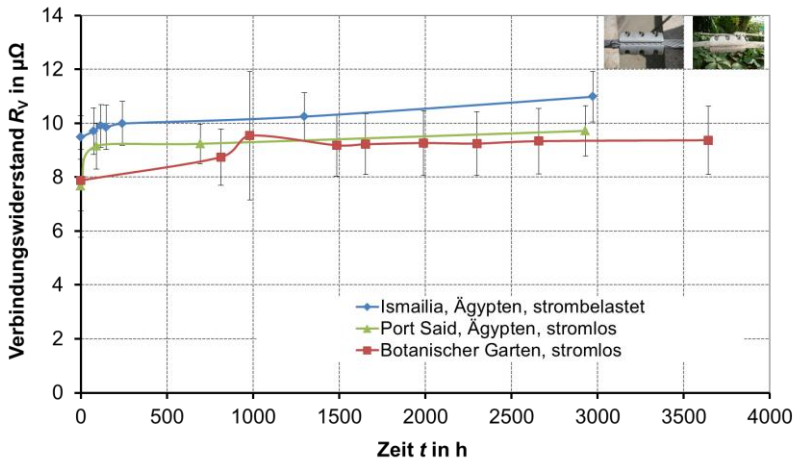


Bild 2: Verbindungswiderstände von Schalenstromklemmenverbindungen abhängig von der Zeit

Als Hauptursache für den Alterungsprozess unter wüstenähnlichen oder tropischen Einsatzbedingungen werden Fremdschichten aufgrund von Oxidation und/oder Korrosion vermutet. Oxidation und Korrosion können separat oder gleichzeitig auftreten. Um den Einfluss der Fremdschichtbildung auf eine elektrische Verbindung, und damit auf elektrische Kontakte, besser verstehen zu können sind Grundlagenversuche geplant.

Als ideale Modellanordnung eignet sich ein Einpunktkontakte. Versuchsparmeter für experimentelle Untersuchungen sind neben der Umwelt, Temperatur, Material und Kraft. Durch unterschiedlich hohe Temperaturen an einem Kontakt lässt sich eine Aussage über den Temperatureinfluss auf die Kontaktalterung durch Fremdschichtbildung treffen. Werden unterschiedliche Grundmaterialien und Beschichtungen eingesetzt, können auch materialspezifische Einflüsse untersucht werden. Die Kraft beeinflusst die Größe der sich bildenden Berührungsfläche der Kontaktpartner und damit eine mögliche Angriffsfläche für Oxidation und Korrosion.

Mit Hilfe eines Berechnungsmodells sollen die Alterungsvorgänge abgebildet und damit die real ablaufenden Prozesse sowie die Interaktion zwischen Fremdschicht und elektrischen Kontakten besser verstanden werden. Mit diesen Erkenntnissen können praxisrelevante Aussagen in Bezug auf die Alterung elektrischer Verbindungen durch Fremdschichtbildung abgeleitet werden.



Torsten Fuhrmann, Dipl.-Ing.

Elektrische Alterung von Schraubenverbindungen mit vernickelten und versilberten Stromschienen

Elektrische Verbindungen entstehen, wenn stromführende metallische Leiter miteinander verbunden werden. Dabei wird in der Elektroenergie-technik beim Verbinden von Stromschienen häufig die Schraubenverbindung eingesetzt. Die Güte einer Schraubenverbindung wird durch ihren Verbindungswiderstand bestimmt. Für eine langlebige elektrische Verbindung ist ein geringer Anfangswert des Verbindungswiderstands erforderlich, damit an ihr keine unzulässige Verlustleistung und damit Temperatur entsteht. Nach der Montage der Verbindung altert diese abhängig von der Zeit und der Temperatur. Die Alterung führt zu einem Erhöhen des Verbindungswiderstands und damit zu einer erhöhten thermischen Beanspruchung. Die derzeit bekannten Alterungsprozesse für Schraubenverbindungen sind im Allgemeinen die chemische Reaktion/Fremdschichtbildung, der Kraftabbau und bei Bimetallverbindungen die Fremd-(Inter-)diffusion.

Zum Verbessern der Kontakteigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit werden die unedlen bzw. halbedlen Leitermaterialien häufig mit edlen Metallen beschichtet. Silber hat sich wegen seiner hervorragenden elektrischen Leitfähigkeit und der geringen Neigung zu harten Oxid- und Sulfidschichten als Beschichtungsmetall bewährt. In der Hochspannungsschaltgerätenorm DIN EN 62271-1:2009 werden die Werkstoffe Silber und Nickel als Beschichtungsmetall von Leitern aus Aluminiumlegierungen und Kupfer bezüglich der Grenz- und Übertemperatur gleichgesetzt. Die Grenztemperatur ist für beide Beschichtungsarten 115 °C. Durch die steigenden Rohstoffpreise sowie die abnehmende Verfügbarkeit von Edelmetallen wird der Einsatz von Nickel bei der Konstruktion immer interessanter. [1]

Nickel ist chemisch beständig und wird beim Beschichten von Leitermaterialien in Form einer Zwischenschicht als Haftvermittler und Diffusionssperre, hauptsächlich bei Al-basierten Leiterwerkstoffen eingesetzt. Gerade beim Alterungsprozess der Fremd-(Inter-)diffusion können sich daraus Vorteile ergeben. Die physikalischen Eigenschaften der Beschichtungsmetalle Nickel und Silber unterscheiden sich aber deutlich (Tabelle 1).

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften von Nickel und Silber [2]

Bedeutung, Formelzeichen und Einheit	Zahlenwert	
	Nickel	Silber
Dichte δ / gcm ⁻³	8,907	10,49
Elastizitätsmodul E / kNmm ⁻²	216	79
Schmelztemperatur $\vartheta_{\text{Schmelz}}$ / °C	1453	960,5
Siedetemperatur ϑ_{Siede} / °C	2730	2212
Härte / HV	110 ... 170	28 ... 100
Spez. el. Widerstand ρ_{20} / $\mu\Omega\text{cm}$	6,84	1,59
Elektrische Leitfähigkeit κ / MSm ⁻¹	14,6	62,9
Spez. Wärmeleitfähigkeit λ / W(mK) ⁻¹	92	408
Temperaturkoeffizient α_T / 10 ⁻³ K ⁻¹	6,75	4,1
Zugfestigkeit R_m / kNmm ⁻²	370 ... 700	190 ... 380
Entfestigungstemperatur ϑ_{Fest} / °C	370	150

Der Vergleich der physikalischen Eigenschaften von Nickel und Silber zeigt, dass aus Sicht der Elektroenergietechnik die grundlegenden elektrischen und thermischen Eigenschaften von Silber besser sind als die von Nickel. Nickel zeichnet sich allerdings durch seine besondere Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit vor allem in schwefelhaltiger Atmosphäre aus. Aluminium und Kupfer können direkt vernickelt werden. Beim Versilbern von Aluminium und Aluminiumlegierungen muss immer ein Haftvermittler eingesetzt werden. Der Beschichtungsprozess ist damit aufwendiger und komplizierter. Hinsichtlich des langzeitstabilen Betriebs von elektrischen Verbindungen und einem ökonomischen Beschichten ist die Verwendung von Nickel als Beschichtungsmetall von elektrischen Leitern aus Aluminium, Kupfer und deren Legierungen zu erforschen.

Um die Alterung von Schraubenverbindungen mit beschichteten Kupfer- und Aluminiumleitern zu untersuchen (Reinkupfer und -aluminium, sowie eine Aluminiumlegierung) werden Langzeitversuche aufgebaut. Dabei werden Verbindungen stromdurchflossen und im Wärmeschrank gealtert. Die Langzeitversuche werden bei (115, 140 und 220) °C durchgeführt. Des Weiteren werden die Verbindungen metallographisch untersucht. Als Deckschicht wird galvanisch Silber und galvanisch oder chemisch Nickel verwendet. Die Zwischenschichten bei den versilberten Proben bestehen aus galvanisch Kupfer oder chemisch und galvanisch Nickel. Zudem wird eine Variation der Schichtdicke durchgeführt, um Unterschiede bei der Alterung durch Fremd- (Inter-)diffusion zu untersuchen.

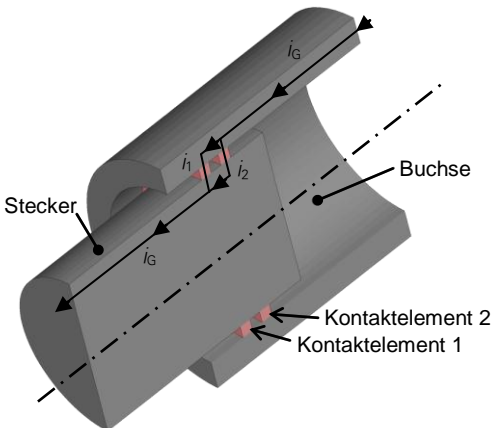
- [1] Breuer, M.: Ein Beitrag zur Gestaltung zuverlässiger Kontaktanordnungen für Niederspannungsschaltanlagen in schwefelhaltiger Atmosphäre. Dissertation, Zittau, 1987
- [2] Vinaricky, E.: Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen. Grundlagen, Technologien, Prüfverfahren. Springer, Berlin [u. a.], 2002



Michael Gatzsche, Dipl.-Ing.

Stromaufteilung bei Steckverbindungen mit mehreren parallelen Kontaktelementen

In elektrischen Steck- und Gleit-Verbindungen werden federnde, ringförmige Kontaktelemente eingesetzt. In den Kontaktelementen herrschen im Vergleich zum Rest der Strombahn sehr große Strom- und Verlustleistungsdichten. Die korrekte Auswahl und Auslegung der Kontaktelemente ist daher entscheidend für einen zuverlässigen Betrieb der Verbindung und damit der gesamten elektrischen Anlage. Bei Verbindungen für große Bemessungsströme werden mehrere Kontaktelemente parallel geschaltet (Bild 1), um entsprechend kleine Verbindungswiderstände zu erreichen. Bei Belastung mit zeitlich veränderlichem Strom beeinflusst die elektromagnetische Induktion die Stromverteilung. Die Aufteilung des Gesamtstroms i_G in die Teilströme i_k ($k = 1 \dots n$) durch die n parallelen Kontaktelemente kann dann nicht mehr analytisch berechnet werden. Das ist ein Unsicherheitsfaktor bei der Auslegung von Steckverbindungen.



Bei Verbindungen mit zwei parallelen Kontaktelementen vergrößern die von der Induktion hervorgerufenen Wirbelströme den Effektivwert i_1 des Teilstroms durch das, in die Buchse hinein gesehen, vordere Kontaktelement 1 und vermindern den Strom i_2 durch das Kontaktelement 2 (Bild 1). Zudem eilt der Strom i_1 dem Gesamtstrom i_G zeitlich voraus, der Strom i_2 eilt nach.

Bild 1: Prinzipieller Aufbau einer Steckverbindung mit zwei parallelen Kontaktelementen, geschnittene Ansicht

Um die von der Induktion hervorgerufenen Effekte zu quantifizieren, wurde ein Finite-Elemente-Modell erstellt, das es ermöglicht, die Stromverteilung in einer typischen Hochstrom-Steckverbindung ($I_t = 4000\text{ A}$) für verschiedene Belastungsströme zu berechnen. Bei Belastung mit 50-Hz-Wechselstrom, 50-Hz-Wechselstrom mit starken Oberschwingungen (Bild 2) und typischen Kurzschlussströmen kann der Effekt der ungleichmäßigen Stromaufteilung zwar rechnerisch nachgewiesen werden, ist jedoch technisch unbedeutend.

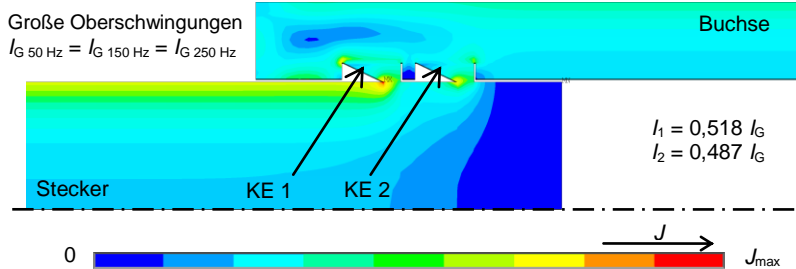


Bild 2: Stromdichteverteilung in einer Steckverbindung mit zwei parallelen Kontaktelementen bei stark überschwingungsbelastetem 50-Hz-Wechselstrom

Bei Stoßströmen mit Anstiegszeiten im μs -Bereich dagegen wirkt die elektromagnetische Induktion so stark, dass fast der gesamte Strom vom Kontaktelement 1 getragen wird (Bild 3). Sind Steckverbindungen für solche Belastungen vorgesehen, sollte die Stromaufteilung berechnet und bei der Auslegung berücksichtigt werden.

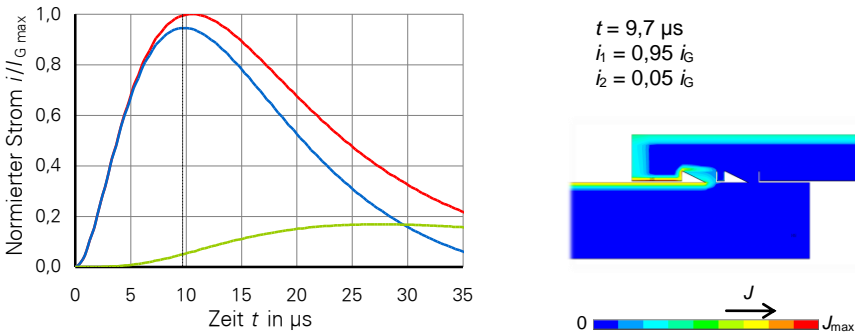


Bild 3: Links: Verlauf der Stromaufteilung bei einer Steckverbindung mit zwei parallelen Kontaktelementen und Belastung mit einem Stoßstrom Typ 8/20; Rechts: Stromdichteverteilung im Moment der maximalen Belastung von Kontaktelement 1



Maria Hering, Dipl.-Ing.

Untersuchung des Überschlagverhaltens von Isolatoren in gasisolierten Systemen bei inhomogener Temperaturverteilung und Gleichspannungsbelastung

Um gasisolierte Systeme (GIS) für die Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) einsetzen zu können, ist es möglich von den bewährten Dimensionierungsrichtlinien bei Wechselspannung auszugehen. Es bestehen jedoch Unsicherheiten im Umgang mit Phänomenen, wie der Akkumulation von Ladungsträgern oder der Bewegung von Partikeln etc.

Bei Gleichspannung wird nach Erreichen des eingeschwungenen Zustandes die Verteilung des elektrischen Feldes vornehmlich durch die Leitfähigkeiten von Gas und Isolationsmaterial (Epoxidharzgemisch) bestimmt. Betriebs- und Kurzschlussströme erwärmen den Innenleiter und verursachen damit eine inhomogene Temperaturverteilung im Gasraum, die die Leitfähigkeit des Isolators verändert. Dieses von der Temperatur abhängige elektrische Feld verschiebt den Ort der Höchstfeldstärke. Im Gegensatz zu Wechsel- oder Impulsspannung ist somit ein bei Gleichspannung stark verändertes Überschlagverhalten des Isolators zu erwarten.

Des Weiteren ist zu beachten, dass das durch Betriebsströme erwärmte Gas lokal betrachtet eine geringere Dichte und damit eine geringere dielektrische Festigkeit aufweist. Aus [1] und eigenen Berechnungen ist bekannt, dass damit die Durchschlagsspannung um (10 ... 15) % abgesenkt werden kann.

Für die Untersuchungen werden einfache, zylindrische Prüflinge, die aus dem Isolatormaterial hergestellt worden sind, genutzt. Unter Verwendung entsprechend gestalteter Elektroden wird der Prüfling in ein Standard-GIS-Gehäuse eingebaut (Bild 1).

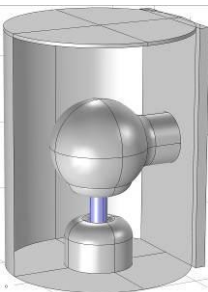


Bild 1: Prüfling im Modellgehäuse

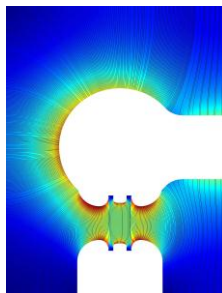


Bild 2: Feldverteilung bei DC (qualitativ)

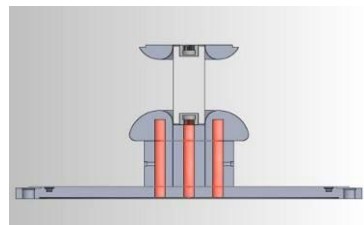


Bild 3: Heizelemente in der Erdelektrode

Mit der Simulationssoftware COMSOL konnte die Feldverteilung bei Gleichspannung berechnet werden (Bild 2). Um die inhomogene Temperaturverteilung einzustellen, befinden sich Heizelemente (Bild 3) in der Erdelektrode. Indem das gesamte Gehäuse um einen beliebigen Winkel gedreht wird, sind unterschiedliche Situationen der Gasströmung und damit verschiedene Gasdichteverteilungen realisierbar.



Bild 4: Gesamtaufbau



Bild 5: Thermoelemente an der Elektrode und dem Isolator im Prüfgefäß zur Messung der Temperaturverteilung

Bild 4 zeigt den Gesamtaufbau von Prüfgefäß (grau) und Spannungszuführung über die Durchführung.

Zum Nachweis der inhomogenen Temperaturverteilung entlang des Isolators, wurden Thermoelemente angebracht (Bild 5). Bild 6 zeigt die erreichten Temperaturen mit einer Temperaturdifferenz längs des Isolators von 34 K.

Ziel der Arbeit ist es, den Einfluss der heißen Gasströmung und der veränderten Leitfähigkeit des Epoxidharzisolators auf die Durch- und Überschlagspannung von gasisolierten Systemen bei Gleich- und Mischspannungsbelastung zu untersuchen.

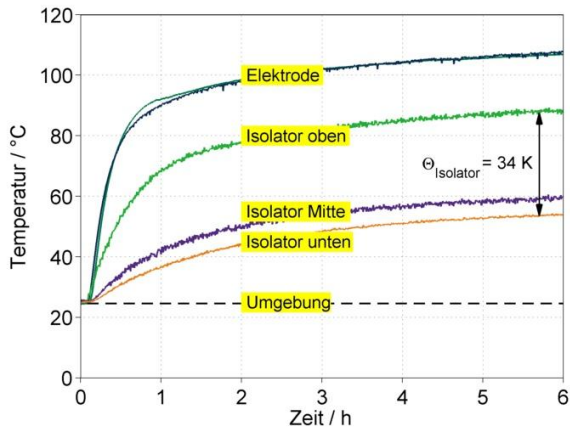


Bild 6: Erwärmungskurven

[1] Iwanow, Leonti: Einfluss der Elektrodentemperatur auf die Durchschlagspannung koaxialer SF6-Isolierungen. Dissertation. Dresden 1988



Christian Hildmann, Dipl.-Ing.

Wirtschaftliche Aspekte des Umrüstens von Freileitungen mit Hochtemperatur-Leiteseilen

Bedingt durch das verstärkte Einspeisen von Elektroenergie aus regenerativer Erzeugung ergeben sich für die Übertragungsnetze neue Herausforderungen. Um die maximal übertragbare Leistung auf einzelnen Leitungen zu erhöhen, können die existierenden Aluminium-Stahl-Verbundseile durch Hochtemperatur-Leiteseile (HT-Seile) ausgetauscht werden. Der Einsatz von HT-Seilen ermöglicht höhere Betriebsströme und damit –temperaturen. Durch die höheren Betriebsströme erhöht sich aber auch die erzeugte Verlustleistung. Anhand eines beispielhaften Szenarios wurden die mit dem Umrüsten verbundenen Kosten für Verlustenergie und Material (Seile und Armaturen) ermittelt. Dazu wurde ein 1,6 km langer Leitungsabschnitt einer 380-kV-Freileitung mit zwei Systemen und einem Dreierbündel je Phase betrachtet. Folgende vereinfachende Randbedingungen wurden dabei festgelegt:

- Austausch eines 380Al1/50ST1A-Seils durch die HT-Seiltypen ACCR Drake, ACCC Stockholm und ACSS 362Al0/72-MEHST (Tabelle 1)

Tabelle 1: Daten der Leiteseile

	380Al1/ 50ST1A	ACCR Drake	ACCC Stockholm	ACSS 362Al0/ 72-MEHST
I_f / A	840	1712	1549	1585
$\vartheta_f / ^\circ C$	80	210	175	200
A_{Al} / mm^2	380	403	458	362
$R'_{Dl} / \Omega/km$	0,0757	0,0658	0,062	0,0758

- Belastungsstrom eines Seils im Dreierbündel aus Gründen der Netzstabilität mit maximal 1200 A
- Kein Berücksichtigen der Kosten für die höhere Stromtragfähigkeit aller angeschlossenen Betriebsmittel
- Gleiche Kosten für Planungs- und Genehmigungsverfahren sowie Installations- und Wartungsarbeiten für jedes HT-Seil

Die wesentlichen Kosten ergeben sich durch die höhere Verlustenergie K_a (Gleichung (1)).

$$K_a = \eta_{FL} \cdot \vartheta \cdot P_{Vmax} \cdot p \cdot T_a \tag{1}$$

Diese hängt von der Anzahl der Systeme der Freileitung n_{FL} , dem Preis der Verlustenergie p und der Dauer eines Jahres T_a ab [1]. Es wird angenommen, dass die Kosten jährlich nachschüssig anfallen. Als Zeitraum wird die Lebensdauer einer Freileitung von 35 Jahren gewählt. Die im Jahr n anfallenden Kosten werden mit der Kapitalwertmethode bei einem festen Zinssatz i auf den Zeitpunkt $t = 0$ a bezogen. Die maximale Verlustleistung P_{Vmax} ist eine spezifische Größe des jeweiligen Seils. Der Verlustfaktor g hängt von der tatsächlichen Auslastung der Freileitung ab (Gleichung (2)).

$$g = \frac{W_V}{P_{Vmax} \cdot T_a} \tag{2}$$

Vergleich der Kosten bezogen auf die übertragbare Scheinleistung

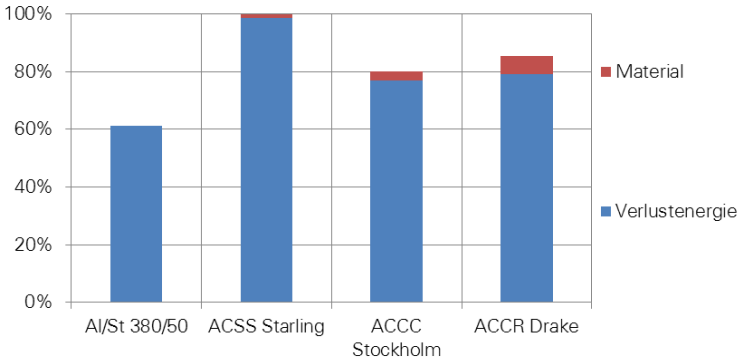


Bild 1: Vergleich der Kosten bei Betrieb der HT-Seile mit $I_{max} = 1200 A$, Vergleich mit Al/St bei $I_l = 840 A$ für 35 Jahre

Die auf die übertragbare Scheinleistung bezogenen Kosten aller HT-Seile sind höher als die des 380Al1/50ST1A-Seils (Bild 1). Wird die gesamte 35-jährige Lebensdauer betrachtet, so entstehen für jedes HT-Seil die höchsten Kosten durch die erzeugte Verlustenergie. Die Kosten für das Material (Seile und Armaturen) betragen maximal 8,2 % von den Gesamtkosten. Es zeigte sich, dass von den HT-Seilen das ACCC Stockholm die geringsten Kosten verursacht.

[1] Oswald, Bernd R.; Hofmann, L.: Wirtschaftlichkeitsvergleich unterschiedlicher Übertragungstechniken im Höchstspannungsnetz anhand der 380-kV-Leitung Wahle - Mecklar. Hannover, 20. März 2010



Benjamin Kaufmann, Dipl.-Ing.

Experimentelle Untersuchung des laminar-turbulenten Übergangs von Konvektionsströmungen in gasisolierten Schaltanlagen

Die Erwärmung gasisolierter Schaltanlagen (GIS) wird wesentlich durch die konvektiven Wärmeübergänge bestimmt. Sie können insbesondere in Schwefelhexafluorid (SF_6) die strahlungsgebundene Wärmeabgabe deutlich übersteigen. Der Antrieb einer Konvektionsströmung ist durch die Rayleighzahl Ra gekennzeichnet und bestimmt die Intensität des Wärmeübergangs [Böh05]:

$$Nu = c_1 Ra^{n_1} \quad (1)$$

Ab einer kritischen Rayleighzahl wird die Strömung turbulent. Der Wärmeübergang steigt hierdurch stärker an, was einer Erhöhung von n_1 in Gleichung (1) entspricht. Ziel experimenteller Untersuchungen war es am Beispiel des Ringspalts, die Auswirkungen des laminar-turbulenten Übergangs auf den Wärmeübergang zu quantifizieren und die kritische Rayleighzahl zu bestimmen. Die Ergebnisse dienen der Verifizierung numerischer Berechnungen von Konvektionsströmungen.

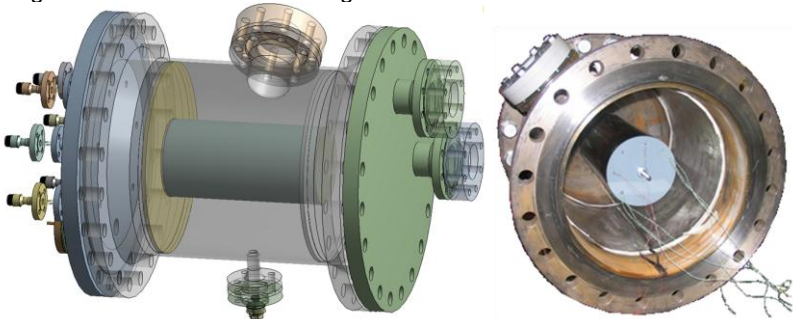


Bild 1: Versuchsanordnung bestehend aus einem Druckgefäß für Drücke bis 25 bar und einem zylindrischen Innenleiter, die zusammen den Ringspalt bilden

Die Rayleighzahl kann durch Ändern des Gasdrucks in einem hinreichend großen Bereich variiert werden, da sie quadratisch von der dem Fülldruck proportionalen Gasdichte abhängt. [VDI06] Es wurde ein Gefäß für Drücke bis 25 bar konstruiert, das die Beobachtung der Strömung durch Sichtfenster erlaubte. Dadurch kann die kritische Rayleighzahl sowohl durch den Verlauf von $Nu = f(Ra)$ als auch durch eine Änderung im Strömungsbild

bestimmt werden. Der Wärmeübergang wurde mit der gemessenen Heizleistung, Temperaturverteilung und dem Druck berechnet.

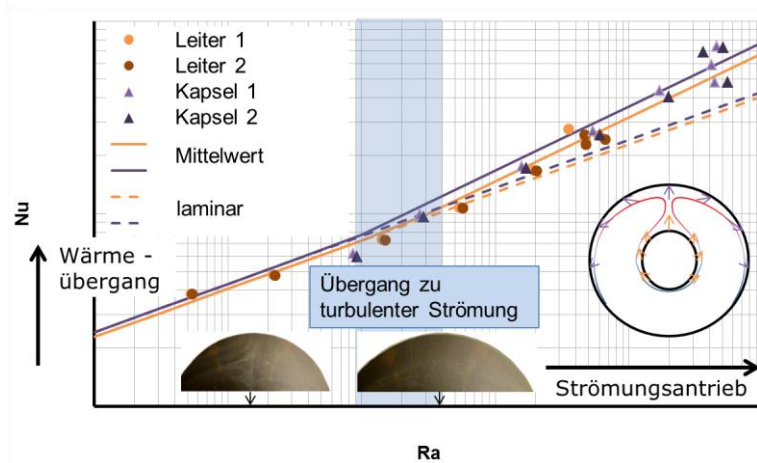


Bild 2: gemessener Verlauf von $Nu = f(Ra)$ des Wärmeübergangs durch Konvektion am Ringspalt jeweils vom Innenleiter an das Gas und vom Gas an die Kapsel

Der höhere Anstieg des Wärmeübergangs bei großen Rayleighzahlen legt einen Übergang zu turbulenter Strömung nahe. Der Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden markiert etwa den Umschlagpunkt bei $Ra_{krit} = (1..5) \cdot 10^8$. Durch eingebrachten Nebel gewonnene Strömungsbilder zeigten lediglich bei niedrigen Rayleighzahlen klar gegeneinander abgegrenzte, parallel verlaufende Strömungsfäden.

- [Böh05] Böhme, Helmut: Mittelspannungstechnik, Schaltanlagen berechnen und entwerfen, 2. stark bearbeitete Auflage, Berlin: Verlag Technik, 2005
- [VDI06] Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC): VDI-WÄRMEATLAS, zehnte bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin: Springer-Verlag, 2006



Stephanie Pfeifer, Dipl.-Ing.

Charakterisieren der Eigenschaften von intermetallischen Phasen in den Systemen Aluminium-Kupfer und Aluminium-Silber

Die durch Diffusionsprozesse entstehenden intermetallischen Phasen (IMP) haben im Vergleich zu den Ausgangsmetallen oft schlechtere elektrische und mechanische Eigenschaften. Während die Datenlage in der Literatur zum System Al-Cu teilweise widersprüchlich ist, wurde das System Al-Ag bisher nur wenig untersucht [1]. Für das Bestimmen der Langzeitstabilität oder ein Verbessern der Zuverlässigkeit von elektrischen Verbindungen müssen diese Eigenschaften bekannt sein. Schwerpunkt des Projektes ist die gezielte Herstellung phasenreiner Proben der intermetallischen Phasen beider Systeme. Die Phasenherstellung und deren strukturelle Analyse wurden am Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie (fem) durchgeführt. Für das experimentelle Bestimmen des spezifischen elektrischen Widerstandes ρ_{IMP} und des Temperaturbeiwertes α_{IMP} wurde am IEEH ein Versuchsaufbau konzipiert (Bild 1).

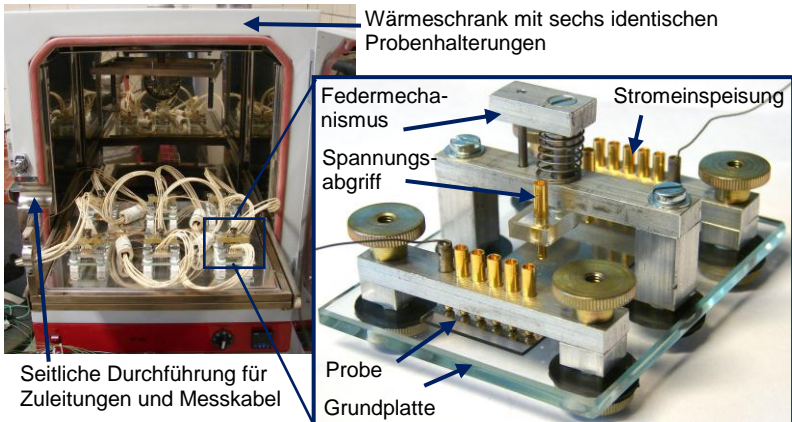


Bild 1: Versuchsaufbau im Wärmeschrank

Die Gestaltung der Probenhalterungen und die Auswahl der verwendeten Materialien erfolgten unter der Maßgabe, die Messungen bei Temperaturen bis zu 250 °C ohne Öffnen des Wärmeschrankes durchführen zu können.

Die Proben wurden mittels physikalischer Gasphasenabscheidung (PVD) bzw. elektrochemischer Abscheidung (ECD) hergestellt. Im System Al-Cu konnten bei beiden Prozessen nur jeweils drei von fünf möglichen intermetallischen Phasen phasenrein hergestellt werden (Al_2Cu , AlCu und Al_4Cu_9). Für alle Proben wurde der Widerstand abhängig von der Temperatur gemessen. Aus den ermittelten Messwerten (Bild 2) wurde der Temperaturbeiwert des Widerstandes für diesen Temperaturbereich berechnet. Es ist deutlich zu erkennen, dass aus den beiden Verfahren unterschiedliche Widerstandswerte für die drei Phasen resultieren (Bild 2). Geplante Gefügeuntersuchungen sollen Aufschluss über dieses Phänomen geben.

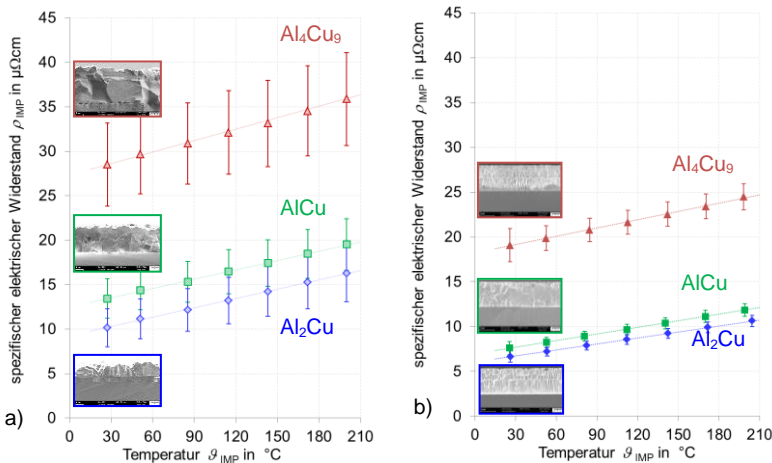


Bild 2: Widerstand der IMP-Proben abhängig von der Temperatur
a) ECD-Verfahren, b) PVD-Verfahren

Tabelle 1: elektrische Eigenschaften abhängig vom Herstellungsverfahren

Phase	AlCu		Al ₂ Cu		Al ₄ Cu ₉	
Herstellungsverfahren	PVD	ECD	PVD	ECD	PVD	ECD
Spez. el. Widerstand in $\mu\Omega\text{cm}$	7,4	13,2	6,5	9,9	18,8	28,2
Temperaturbeiwert $\cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$	3,3	2,7	3,5	3,5	1,6	1,5

Erkenntnisse aus der vorhandenen Literatur legen nahe, dass die beiden Phasen Al_2Cu_3 und Al_3Cu_4 nicht allein stehend stabil existieren können, sondern nur in Anwesenheit weiterer Phasen und genügend Materialvorrat auftreten.

Derzeit laufen Untersuchungen zum phasenreinen Herstellen der intermetallischen Phasen im System Al-Ag.

[1] Jahresbericht IEEH 2011



Stephan Schlegel, Dr.-Ing.

Alterung von Ganzbereichssicherungen unter Berücksichtigung der neuen Einsatzbedingungen

Ganzbereichssicherungen werden in der Elektroenergie-technik häufig eingesetzt, um Betriebsmittel vor Überlast- und Kurzschlussströmen zu schützen. In der Niederspannungstechnik werden dafür **Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen (NH)** verwendet. Durch die immer kompaktere Bauweise der Schaltanlagen, bei gleichzeitig höher zugelassenen Grenztemperaturen (IEC 61439-1:2009), der Forderung nach bleifreien Loten (RL 2002-95-EG) und den neuen Anwendungsbereichen z. B. in Fotovoltaik- und Biogasanlagen, haben sich die Einsatzbedingungen deutlich geändert [1]. Insbesondere die damit verbundenen höheren Umgebungstemperaturen führen dazu, dass es immer wieder zum Ausfall oder zum Versagen von NH-Sicherungen in der Praxis durch Änderung des Schaltverhaltens kommt. Bei der Prüfung der Sicherungen nach Norm (IEC 60269-1:2006) werden die neuen Einsatzbedingungen nicht berücksichtigt.

In experimentellen Untersuchungen wurden deshalb zunächst die Temperaturverteilung und der Temperaturverlauf innerhalb der Sicherung bestimmt. Dazu wurden NH-Sicherungen der Baugröße 1 mit einem Bemessungsstrom von 250 A mit Thermoelementen (Typ K) präpariert und frei in Luft sowie in einem **Niederspannungskabelverteilerschrank (NKVS)** bei unterschiedlichen Belastungsströmen untersucht (Bild 1).

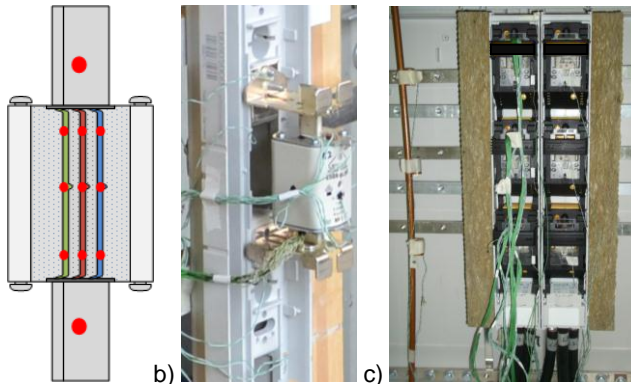


Bild 1: Untersuchte Sicherungen: a) Temperaturmessstellen, b) frei in Luft, c) im NKVS

Es wurde die Temperaturverteilung an den Schmelzleitern, im Sicherungsgehäuse, am Sicherungsmesser und den Anschlüssen gemessen. Dabei wurden im NKVS Übertemperaturen am Schmelzleiter von bis zu 200 K und am Sicherungsmesser bis zu 116 K bei Bemessungsstrom ermittelt (Bild 2).

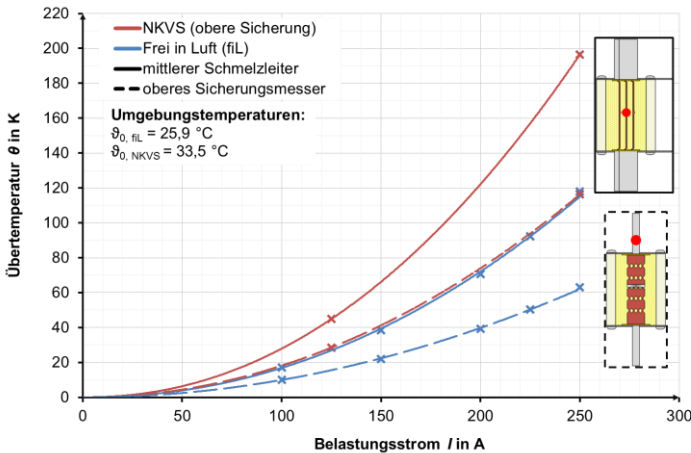


Bild 2: Temperatur des Sicherungsmessers und des mittleren Schmelzleiters abhängig vom Belastungsstrom frei in Luft und im NKVS

Die gemessenen Messertemperaturen sind damit deutlich höher als die empfohlene dauerhafte Grenztemperatur von 100 °C [1]. Auf Grundlage der Erwärmungsversuche wurde ein Wärmenetz für den untersuchten NH-Sicherungstyp erstellt, an dem Parameterstudien durchgeführt werden. Ergänzend zu den Erwärmungsversuchen wurde der Widerstand der lotbeschichteten Engstelle bei unterschiedlichen Schmelzleitertypen aus Kupfer und Silber abhängig von der Temperatur und der Zeit bestimmt. Dabei wurden die Schmelzleiter im Wärmeschrank bei Temperaturen zwischen 140 °C und 230 °C beansprucht. Durch mikroskopische Untersuchungen des Gefüges und der Zusammensetzung des eingesetzten Lotes konnten erste physikalische Zusammenhänge zwischen dem Erhöhen des Widerstands und den Materialänderungen hergeleitet werden. In weiteren Untersuchungen sollen Langzeitversuche zur Alterung von NH-Sicherungen durchgeführt werden. Ziel des Projektes ist es, eine physikalisch bestimmte Grenztemperatur für das Sicherungsmesser zu ermitteln, bei der ein langzeitstabiler Betrieb unter Berücksichtigung der neuen Einsatzbedingungen möglich ist.

[1] Bessei, H.: Sicherungshandbuch - Das Handbuch für Anwender von Niederspannungs- und Hochspannungssicherungen. 4. aktualisierte. Auflage, Kerschensteiner Verlag, Lappersdorf 2010 - ISBN 978-3-931954-19-2

Zur Untersuchung des Zusammenspiels von Elektro-Impulsen, Gesteinsart, Druck und Temperatur wurde ein Versuchsstand realisiert (Bild 3).

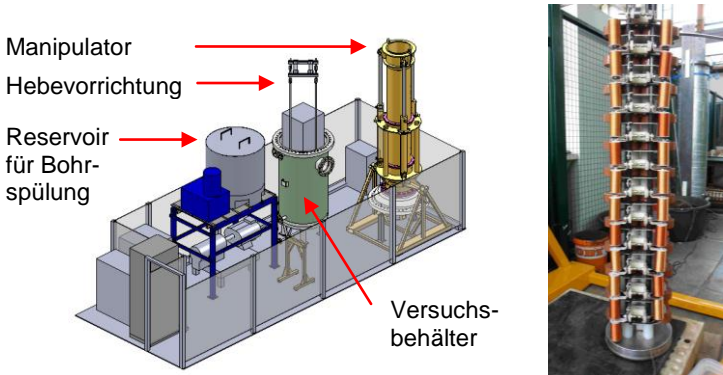


Bild 3: Versuchsstand und Impulsspannungsgenerator

Im Bohrloch herrschen Temperaturen von bis zu 200 °C. Somit müssen alle Komponenten des Impulsspannungsgenerators für diese Temperaturen ausgelegt werden. Als besonders problematisch erweisen sich die Stoßkondensatoren, da nur wenige im Temperaturbereich bis 200 °C kommerziell verfügbar sind. Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass Glimmerkondensatoren eine nahezu temperaturunabhängige Kapazität aufweisen, sowie den Anforderungen beim Elektro-Impuls-Verfahren gewachsen sind.

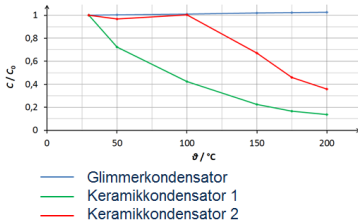


Bild 4: Kondensatoruntersuchung



Bild 5: 12 1/4"-Bohrung in Granitstein

Mit verschiedenen Elektrodengeometrien und -abständen wurden bei unterschiedlichen Spannungsebenen Untersuchungen zum Gesteinsabtrag durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, dass die gewählten Elektroden die Gesteinsoberfläche ganzflächigen abtragen und damit einen Vortrieb im Bohrloch ermöglichen (Bild 5). Die Resultate zeigen einen vergleichbaren Vortrieb gegenüber dem konventionellen mechanischen Rotary-Bohren mit dem Vorteil der längeren Haltbarkeit des Werkzeuges.

[1] M. O. Häring: Häring GeoProject, 2002



Moyan Wei, M.Eng.

FEM-Simulationen zur Dimensionierung des Endenglimmschutzes elektrischer Maschinen

Der Endenglimmschutz (EGS) ist eine sehr komplizierte Komponente im Isolationssystem einer rotierenden Hochspannungsmaschine. Bei der Dimensionierung müssen seine nichtlinearen Materialeigenschaften berücksichtigt werden. Basierend auf einem eindimensionalen Netzwerkmodell wurde eine Dimensionierungsmethode entwickelt [1], mit der Feldstärken und Erwärmung vorausberechnet und damit der zeitliche und experimentelle Aufwand reduziert werden können. Nachteilig bei dieser Methode ist, dass die geometrischen Bedingungen, z. B. die Kanten und Evolventen eines Stabes, schwierig zu berücksichtigen sind.

Auf der Basis von COMSOL Multiphysics wurden 2D und 3D Finite-Element-Methode (FEM) Simulationswerkzeuge entwickelt, um den oben genannten Nachteil zu kompensieren. Damit können die interessierenden Größen auch für quasi-reale EGS-Anordnung ermittelt werden.

Das elektrische und thermische Verhalten des Systems wird mit folgenden Differentialgleichungen beschrieben:

$$\operatorname{div}(\sigma \cdot \operatorname{grad}V + j\omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \operatorname{grad}V) = - \frac{\partial \rho_q}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

$$\rho \cdot C_p \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(k \cdot \operatorname{grad}T) + Q \quad (2)$$

Gl. 1 ist die Kontinuitätsgleichung für den Strom. Mit definierten geometrischen Randbedingung, bekannter Frequenz ($j\omega$) und Permittivität ($\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$) sowie der feldstärkeabhängigen Leitfähigkeit (σ) kann das Potential (V) berechnet werden. Gl. 2 stellt die Wärmebilanzgleichung des Systems dar. Bei bekannter Dicht (ρ), Wärmekapazität (C_p) und Wärmeleitfähigkeit (k) kann die unbekannte Temperatur (T) bestimmt werden. Als Wärmequellen (Q) werden dabei die Verlustleistungen im EGS eingesetzt, die aus den mit Gl. 1 berechneten Spannungen und Strömen abgeleitet werden. Die Lösung des gekoppelten Systems liefert die Potential- und Temperaturverteilung.

Obwohl der reale Generatorstab einen rechteckigen Querschnitt hat, lohnt es sich, für grundsätzliche Untersuchungen mit der wesentlich einfacheren rotationssymmetrischen 2D Modellierung zu arbeiten. Damit können z. B. der Einfluss der geometrischen Abmessungen oder unterschiedlicher EGS-

Materialien ermittelt werden. Mit diesem Modell wurden die Potential- und Temperaturverteilungen vorausberechnet (Bild 1, Bild 2). Diese stimmen mit den Ergebnissen der Netzwerksimulation und Messungen gut überein.

Wie bei den Experimenten beobachtet, hat die Form des Generatorstabs einen Einfluss auf das thermische Verhalten des EGS. Um dies zu untersuchen und um die Geometrie zu optimieren, wurden 3D-Modelle erstellt. Die Schwierigkeit bei der 3D-Vernetzung besteht in der großen Differenz zwischen der Dicke des EGS und den Abmessungen der Gesamtanordnung. Das Ergebnis der 3D-Berechnung (Bild 3) hat die experimentelle Beobachtung unterstützt, dass die Kanten des Stabs wärmer sind. Bei gleicher Spannung werden bei dem 3D-Modell auf den Flächen ähnliche und an den Kanten höhere Temperaturen als beim 2D-Modell berechnet. Diese muss bei der Dimensionierung berücksichtigt werden.

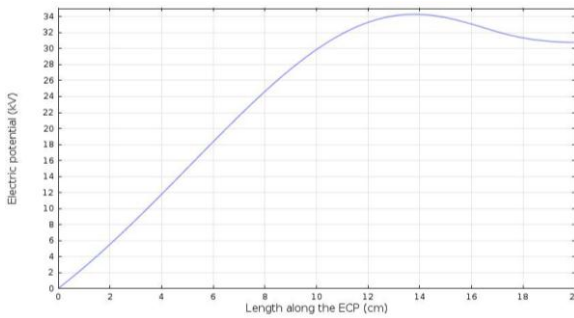


Bild 1: Potentialverteilung entlang der EGS-Oberfläche: Leiter mit AC $\dot{U} = 31$ kV, Ende des EGS geerdet

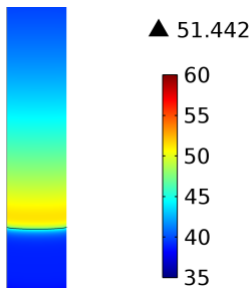


Bild 2: Temperaturverteilung: 2D Modell $\dot{U} = 31$ kV

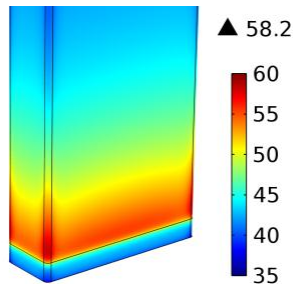


Bild 3: Temperaturverteilung: 3D Modell $\dot{U} = 31$ kV

[1] Wei, M.: "Weiterentwicklung des Endenglimmschutzsystems", Jahresbericht IEH, 2011, p.76

Diplomarbeiten

Schulze, Stephan
Relais-Technologien für Gleichspannungen bis 1500 V
DA 04/2011 (Betreuer: Prof. Dr.-Ing. S. Großmann)

Stumpf, Franziska
Untersuchung des Festigkeitsverhaltens von Grenzschichten in Öl-Papier-Isolierung unter hoher Gleichspannung
DA 08/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. K. Backhaus)

Wetzel, Hauke
Verhalten elektrischer Verbindungen bei sehr tiefen Temperaturen
DA 17/2011 (Betreuer: Dipl.-Wi.-Ing. S. Dreier)

Abdalla, Feras
Untersuchung von Einflussgrößen auf den Isolationswiderstand in Lithium-Ionen-Batterien während der Fertigung
DA 02/2012 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Speck)

Riemer, Claudia (Fak. Wirtschaftswissenschaften)
Wirtschaftlichkeitsanalyse von Instrumenten zum Steigern der Übertragungskapazität des Übertragungsnetzes
DA 04/2012 (Betreuer: Dipl.-Ing. Chr. Hildmann)

Sörgel, Anna
Dielektrische Untersuchung von Stickstoff als Isoliergas gasisolierter Schaltanlagen
DA 07/2012 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Speck)

Studienarbeiten

Hagen, Benjamin
Nickel als Beschichtung bei Verbindungen der Elektroenergietechnik
SA 02/2011 (Betreuer: Dr.-Ing. S. Schlegel)

Ramonat, Alexander
Molybdän-Folie und Al-Cu-Blech als Zwischenschicht bei geschraubten Al-Cu-Stromschienenverbindungen
SA 03/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. S. Pfeifer)

Yang, Yi

Untersuchungen zum elektrischen Kontaktverhalten von gesteckten Verbindungen in gasisolierten Schaltanlagen

SA 09/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. N. Lücke)

Ihle, Thomas

Langzeitverhalten beschichteter Kupferstromschienenverbindungen

SA 10/2011 (Betreuer: Dipl.-Wi.-Ing. S. Dreier)

Kinzel, Steven

Ermittlung und Erprobung von Hochtemperatur-Hochspannungs-Kondensatoren zur Anwendung im Rahmen des Elektroimpulsverfahrens zur Tiefengeothermie

SA 12/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. M. Voigt)

Yang, Yang

Elektrische Feldberechnung mittels FEM und Ladungsverfahren

SA 16/2011 (Betreuer: Dipl.-Ing. K. Backhaus)

Vorträge

Voigt, Matthias

Entwicklung und Erprobung eines Bohrkopfs für Tiefengeothermie basierend auf dem Elektro-Impuls-Verfahren.

12. Symposium Energieinnovation (EnInnov 2012), Graz, 17.02.2012

Backhaus, Karsten

Durchschlagverhalten von Öl-Papier-Isolierungen bei hoher Gleichspannung unter Berücksichtigung von Raumladungen.

RCC-Fachtagung, Berlin, 03.05.2012

Kaufmann, Benjamin

Automatisierte thermische Berechnung von GIS.

20. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau, 06.07.2012

Voigt, Matthias

Entwicklung und Erprobung eines Bohrkopfs für Tiefengeothermie basierend auf dem Elektro-Impuls-Verfahren.

20. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau, 06.07.2012

Wei, Moyan

Dimensionierung des Endenglimmschutzes durch Simulationen.

20. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau, 06.07.2012

Forschung

Gatzsche, Michael

Berechnungen zur Stromverteilung in Steckverbindungen mit mehreren parallelen Kontaktelementen.

20. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau, 07.07.2012

Pfeifer, Stephanie

Widerstandsmessung an intermetallischen Phasen des Systems Al-Cu.

20. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau, 07.07.2012

Hering, Maria

Investigation of Insulators in GIS: Flashover under DC Stress.

16th International Workshop on High Voltage Engineering HVE 2012, Wrocław, 12.09.2012

Backhaus, Karsten

Space Charge triggered Breakdown of Oil Paper Insulation at high DC Voltage and evaluation by Finite Element Method.

16th International Workshop on High Voltage Engineering HVE 2012, Wrocław, 13.09.2012

Voigt, Matthias

Development and Testing of a Drilling Head for Deep Geothermal Drilling based on Electro-Impulse Technology.

16th International Workshop on High Voltage Engineering HVE 2012, Wrocław, 13.09.2012

Wei, Moyan

Designing of Endwinding Corona Protection by help of Simulation.

16th International Workshop on High Voltage Engineering HVE 2012, Wrocław, 13.09.2012

Schlegel, Stephan

Langzeitverhalten von Schraubenverbindungen in der Elektroenergietechnik.

10. Workshop Industrielle Schraubmontage. Deutscher Schraubenverband e.V., Dresden, 13.09.2012

Pfeifer, Stephanie

Herstellung und Charakterisierung der in Bimetallverbindungen für die Energieübertragung auftretenden intermetallischen Phasen der Systeme Al-Cu und Al-Ag.

15. Werkstofftechnisches Kolloquium, Chemnitz, 21.09.2012

Pfeifer, Stephanie

Characterization of Intermetallic Compounds in Al-Cu Bimetallic Joints.
58th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Portland (Oregon),
USA, 24.09.2012

Kaufmann, Benjamin

Integration of LN2 multiphase heat transfer into thermal networks for high
current components.
Applied Superconductivity Conference, Portland (Oregon), USA, 10.10.2012

Wei, Moyan

Designing of End-winding Corona Protection of Generators by Help of
Simulation.
COMSOL Conference 2012, Mailand, 12.10.2012

Veröffentlichungen

Voigt, M.; Großmann, S.; Speck, J.; Anders, E.:

Entwicklung und Erprobung eines Bohrkopfs für Tiefengeothermie basie-
rend auf dem Elektro-Impuls-Verfahren.
12. Symposium Energieinnovation (EnInnov 2012), Graz, 17.02.2012

Dreier, S.; Müller, S.:

Optimisation of Power Connections for More Efficient Power Grids in the
MENA Region.
Proceedings of the IASTED Asian Conference Power and Energy Systems
(AsiaPES 2012) 02.-04.04.2012 Phuket, Thailand

Backhaus, K.; Großmann S.; Speck, J.; Fritsche, R.:

Durchschlagverhalten der Öl-Papier-Isolierungen bei hoher Gleichspannung
unter Berücksichtigung von Raumladungen.
RCC-Fachtagung, Berlin, 03.05.2012

Schlegel, S.; Großmann, S.; Schoenemann, T.:

Funktionale Analyse und Bewertung der Langzeitstabilität ruhender Kontak-
te und Verbindungen der Elektroenergie-technik.
ETG-Tagung „Diagnostik Elektrischer Betriebsmittel“, Energietechnische
Gesellschaft (ETG), Fulda, 2012

Forschung

Schlegel, S.; Großmann, S.; Födisch, F.:

Langzeitverhalten von Schraubenverbindungen in der Elektroenergie-technik.

10. Workshop Industrielle Schraubmontage. Deutscher Schraubenverband e.V., Dresden, 13.09.2012

Pfeifer, S.; Großmann, S.; Willing, H.; Kappl, H.:

Herstellung und Charakterisierung der in Bimetallverbindungen für die Energieübertragung auftretenden intermetallischen Phasen der Systeme Al-Cu und Al-Ag.

15. Werkstofftechnisches Kolloquium, Chemnitz, 21.09.2012

Pfeifer, S.; Großmann, S.; Willing, H.; Kappl, H.:

Characterization of Intermetallic Compounds in Al-Cu Bimetallic Joints. 58th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Portland (Oregon), USA, 24.09.2012

Schlegel, S.; Großmann, S.; Lakner, M.; Schoenemann, T.:

Investigations on material structural changes on electrical joints at high contact temperature.

26th International Conference on Electrical Contacts & 4th ICREPEC, S. 7-11, Peking 2012 - ISBN 978-1-84919-508-9

Dreier, S., Großmann, S.:

Impact of Various Harsh Environmental Conditions on the Long Term Behavior of Electrical Joints.

26th International Conference on Electrical Contacts & 4th ICREPEC, S. 502-508, Peking, 2012 - ISBN 978-1-84919-508-9

Wei, M.; Großmann, S.; Speck, J.:

Designing of End-winding Corona Protection of Generators by Help of Simulation.

COMSOL Conference 2012, Mailand, 12.10.2012

Backhaus, K.:

Poster: Direkte Synthesegasproduktion aus CO₂ mittels Hochspannungs-entladung.

44. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 23.10.2012

Shiri, A.; Moghadam, D. E.:

Analytical and FEM Based Calculation of Electromagnetic Forces Exerted on Cylindrical Coils due to their own Current.

The Applied Computational Electromagnetic Society (ACES) Journal, August 2012

Dissertationen



Jörg Meyer, Dr.-Ing.

Selektive Fehlerklärung durch Schaltlichtbogen- erkennung im Niederspannungsnetz

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner – TU Dresden
Prof. Dr.-Ing. Frank Berger – TU Ilmenau

Das strombegrenzende Schalten in der Niederspannung ist ein wesentlicher und notwendiger Bestandteil für den kostenoptimalen Aufbau und den sicheren Betrieb von Niederspannungsnetzen. Es kann nur mit speziell dafür konstruierten Leistungsschaltern erreicht werden. Die Schnelligkeit der Schalter wird durch eine, die dynamischen Stromkräfte ausnutzende, Konstruktion erreicht. Die sich öffnenden Kontakte begrenzen durch den sich aufbauenden Schaltlichtbogen wirksam den fließenden Kurzschlussstrom.

In der Arbeit wird auf die Messung der Strom- und Spannungsverläufe während einer strombegrenzenden Abschaltung eingegangen. Die Auswertung dieser Messungen lieferte detaillierte Aussagen zum zeitlichen Impedanzverhalten des Schaltlichtbogengeschehens zwischen den Kontakten während einer Abschaltung. Es wird ein phänomenologisches Impedanzmodell des Schaltlichtbogens vorgestellt. Diese mathematische Beschreibung ist Grundlage für die anschließende Erarbeitung eines schnellen Algorithmus zur automatischen Detektion eines entfernt auftretenden Schaltlichtbogens. Darauf aufbauend werden neue Distanzschutzalgorithmen abgeleitet, mit denen die direkte Berechnung des Exponenten des Resistanzverlaufs des Schaltlichtbogens möglich ist. Dabei wird die bekannte lineare Differenzialgleichung der Leitung mit konstanten Elementen um den nichtlinearen, zeitvarianten Resistanzanteil des Schaltlichtbogens erweitert (blauer Anteil in folgender Gleichung):

$$u_m(t) = R_{\text{BM}} i_m(t) + L_{\text{BM}} \frac{di_m(t)}{dt} + R_{\text{Sk0}} e^{\frac{(t-t_0)}{\tau_{\text{SR}}}} i_m(t) + \text{sign}[i_m(t)] U_{\text{AK}} \quad (1)$$

Damit ist es möglich eine Berechnungsgleichung zu ermitteln, mit der direkt aus 3 (bzw. 4) aufeinanderfolgenden Abtastwerten der Schaltlichtbogenexponent τ_{SkR}^{-1} , bei akzeptabler Genauigkeit für ein reales Netz, berechnet werden kann. Diese direkte Berechnung ermöglicht extrem kurze Detektionszeiten von ca. 3 - 4 ms.

$$\left(\tau_{SIRv}^{-1}\right)_{1,2}^{\alpha} = -f_a \ln \left(\frac{V_v}{2U_v} \pm \sqrt{\left(\frac{V_v}{2U_v}\right)^2 + \frac{W_v}{U_v}} \right) \quad (2)$$

Die Koeffizienten U , V , W werden aus den diskret abgetasteten Strom-, Spannungs- und Stromdifferenzialwerten berechnet. Damit konnte der Schaltlichtbogenalgorithmus in eine Schutzfunktion – der vollständigen Schaltlichtbogendetektion – integriert werden.

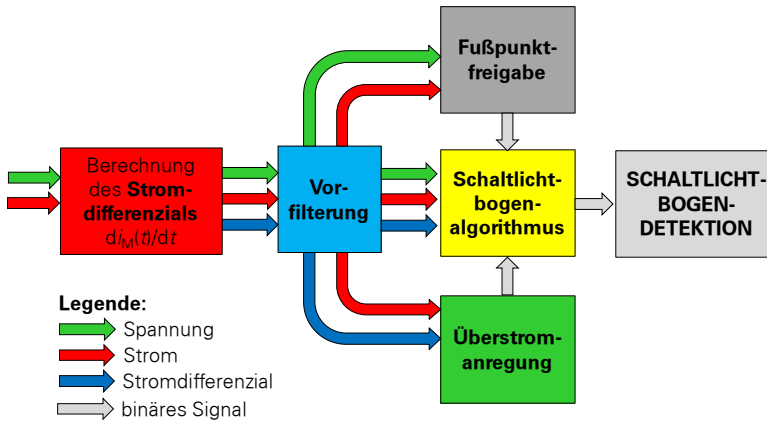


Bild 1: Vollständige Schaltlichtbogendetektion

Um die Leistungsfähigkeit der Schaltlichtbogendetektion nachzuweisen, wurde ein realitätsnahes Simulationsnetz erstellt. Mit diesem wurden einfache Fehlerfälle sowie ausgewählte Lastsituationen nachgebildet und die Reaktion der Schaltlichtbogendetektion getestet. Die Schaltlichtbogendetektion reagiert erwartungsgemäß und zeigt eine sehr gute Erkennungsrate. Außerdem wurden Kurzschlussversuche zur praktischen Erprobung des Detektionsalgorithmus und zur Bestimmung geeigneter Parameter sowie dem Nachweis der Funktionstüchtigkeit unter realen Bedingungen durchgeführt. Die anschließende Realisierung eines Labormusters demonstrierte die Echtzeitfähigkeit des Verfahrens.

Der umfängliche Nachweis der vollständigen Funktionstüchtigkeit der Schaltlichtbogendetektion konnte somit erbracht werden.



Irina Ovsyanko, Dr.-Ing.

Entladungsverhalten von Luftfunkenstrecken bei hohen Gleichspannungen

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann – TU Dresden
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schufft – TU Chemnitz

Die optimale Dimensionierung von großflächigen Elektroden für sehr hohe Gleichspannungen muss von den physikalischen Erkenntnissen über die Entwicklung der Streamerentladung bei Gleichspannung und der Entwicklung von Streamer- und Leaderentladungen bei Schaltstoßspannung im trockenen und beregneten Zustand ausgehen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, das Entladungsverhalten von Luftfunkenstrecken bei hoher Gleichspannung experimentell und theoretisch zu untersuchen.

Die Untersuchungen des Entladungsverhaltens von Luftfunkenstrecken bei hohen Gleichspannungen erfolgten mit verschiedenen Elektrodenanordnungen. Die erste Gruppe besteht aus klein- und großflächigen Anordnungen mit Kugelelektroden gegen eine geerdete Platte. Die zweite Gruppe besteht aus einer großflächigen Anordnung mit Toroidelektrode ohne Störstellen und die dritte Gruppe aus einer großflächigen Anordnung mit Störstelle an der Toroidelektrode, jeweils gegen eine geerdete Platte. Die untersuchten Hochspannungselektroden wurden so ausgewählt, dass sie später praktisch als Abschirmelektroden in Anlage eingesetzt werden könnten.

Bei Gleichspannung dürfen bei Betriebsspannung keine Streamerentladungen auftreten. Die Berechnung der Einsetzspannung ist mit Hilfe des Streamerkriteriums möglich. Für die Dimensionierung von Elektroden liegt man mit dieser Berechnung auf der sicheren Seite, da im Versuch etwas größere Einsetzspannungen gemessen wurden als die berechneten.

Bei Hochspannungsprüfungen werden häufig Drähte als Zuleitung der Hochspannung zwischen Prüfanlage und Prüfobjekt genutzt. Wird bei den Prüfungen mit Gleichspannung ein Draht als Hochspannungszuleitung verwendet, bildet sich eine Raumladung, verursacht durch die Ultrakorona am Draht. Diese Raumladung beeinflusst die Einsetzspannung am Prüfobjekt. In diesem Fall stimmen bei positiver und negativer Polarität der Gleichspannung gemessene und berechnete Streamereinsatzspannungen, abhängig vom Krümmungsradius der Elektrode, nur noch bis zu einem Ab-

stand von 0,5 ... 1 m gut überein. Oberhalb dieses Abstandes sind die gemessenen Einsetzspannungen deutlich größer als die berechnete Streameinsetzspannung.

An großflächigen Elektroden und bei kleinen Elektrodenabständen ($s \leq 1$ m) wurde zusätzlich beobachtet, dass Entladungen bei positiver und negativer Gleichspannung bei der Spannungssteigerung schon bei sehr niedrigen Spannungen im eigentlich schwach inhomogenen Feld einsetzen. Es wurden Glimmentladungen an der Oberfläche der Abschirmelektrode lokalisiert. Ursache dafür sind Störstellen auf der Elektrodenoberfläche. Diese Störstellen werden durch Staubpartikel verursacht. Diese Staubpartikel an der Elektrodenoberfläche haben einen starken Einfluss auf die Einsetz- und Durchschlagspannung bei Beanspruchung mit Gleichspannung im trockenen Zustand. Bei der positiven Polarität der Gleichspannung wurde an der großflächigen Toriodelektrode-Platte-Anordnung ein Konditionierungseffekt festgestellt (Bild 1), d. h. die sehr niedrigen Durchschlag- bzw. Einsetzspannungen wurden im Verlauf der Messreihe seltener, was mit einem Verbrennen des Staubs erklärt wird.

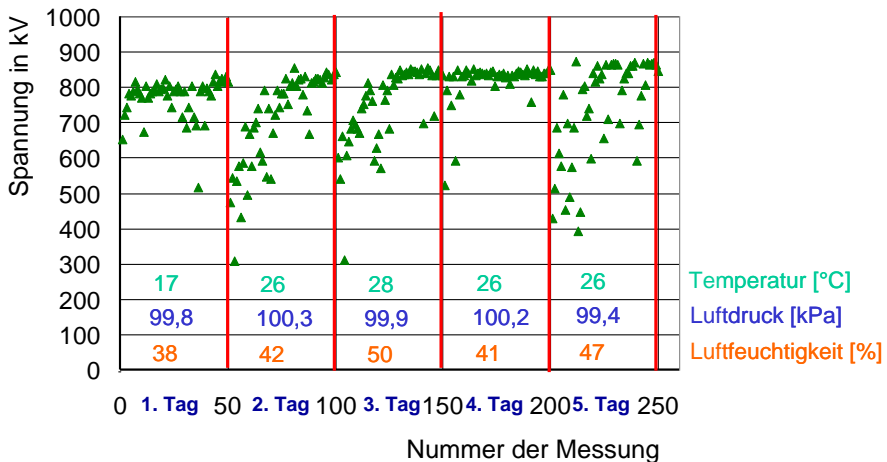


Bild 1: Durchschlagspannung an einer Doppeltoroid-Platte-Anordnung bei positiver Gleichspannung und einem Elektrodenabstand von 0,6 m – Konditionierungseffekt an verschiedenen Versuchstagen

Die bezogene Durchschlagspannung bei beregnetem Zustand sowohl mit positiver und negativer Polarität der Gleichspannung als auch mit Wechselspannung und positiver Schaltstoßspannung erreicht nicht mehr als 5 kV/cm.



Schneider Ronny, Dr.-Ing.

Langzeitverhalten geschraubter Stromschienenverbindungen in der Elektroenergietechnik

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann – TU Dresden
Prof. Dr.-Ing. Frank Berger – TU Ilmenau

Es wurden die Alterungsmechanismen Kraftabbau und Interdiffusion an geschraubten Stromschienenverbindungen untersucht. Ziel war es, die physikalischen Vorgänge, die zur Alterung einer Verbindung führen, genauer verstehen und beschreiben zu können. Es konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden:

- Der Kraftabbau wurde an unbeschichteten Stromschienenverbindungen aus CuAg0,1P (R250), bei Verbindungstemperaturen von 105 °C und 140 °C, untersucht. Dabei führen die physikalischen Prozesse „Setzen“ und „Erholung“ zur Abnahme der Verbindungskraft.
- Es wurden herkömmliche Verschraubungen mit Unterlegscheiben und Verschraubungen mit zusätzlichen AlMgSi1-Druckplatten untersucht.
- In den Langzeitversuchen wurde gezeigt, dass der Kraftabbau für Verbindungen mit zusätzlichen AlMgSi1-Druckplatten größer ist, als bei Verbindungen mit Unterlegscheiben. Dies liegt an der geringeren Zeitstandsfestigkeit von AlMgSi1 im Vergleich zu CuAg0,1P.
- Der DC-Verbindungswiderstand ist bei Verbindungen mit zusätzlichen AlMgSi1-Druckplatten geringer, als bei Verbindungen mit Unterlegscheiben. Bei Verbindungen mit Druckplatten wird die Verbindungskraft besser über die gesamte Verbindungsfläche verteilt, so dass mehr Mikrokontakte sich ausbilden können.
- Der Kraftabbau wurde für 50 Betriebsjahre mit der Finiten-Elemente-Methode und einer Linearen Extrapolation (Larson-Miller-Methode) abgeschätzt.
- Innerhalb dieser 50 Betriebsjahre wird die für CuAg0,1P-Verbindungen bestimmte Mindestkontaktkraft von $F_{Vmin} = 5 \text{ kN}$ nicht unterschritten. Dies gilt für eine maximale Verbindungstemperatur von $\vartheta_v = 140 \text{ °C}$ und für Verbindungen verschraubt mit Unterlegscheiben und mit zusätzlichen AlMgSi1-Druckplatten.
- Die Interdiffusion wurde an geschraubten Bimetallverbindungen untersucht. Es wurden speziell die in der Elektroenergietechnik vorkommenden Materialpaarungen Aluminium-Kupfer und Aluminium-Silber (galva-

nisch aufgebrauchte Silberschicht auf eine Aluminium- oder Kupferstromschiene) betrachtet.

- Durch Interdiffusion, der Materialwanderung an der Grenzschicht der Verbindung, entstehen bei den Materialpaarungen Al-Cu und Al-Ag intermetallische Phasen. Diese haben höhere spezifisch elektrische Widerstände als die Grundmaterialien.
- Es konnten intermetallische Phasen im Mikrokontakt einer gerillten Verbindung (Al 99,5-Stromschiene verschraubt mit einer versilberten Al 99,5-Stromschiene), die im Wärmeschrank gelagert wurde, nachgewiesen werden (Bild 1).

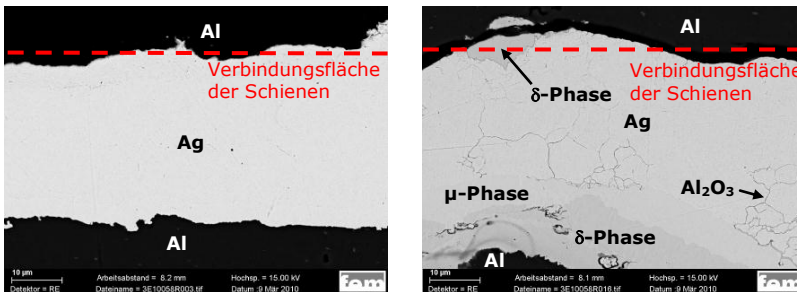


Bild 1: Mikroskopische Untersuchungen an gerillten Stromschieneverbindungen (links: Ausgangszustand, rechts: nach Auslagerung für 10.100 h bei 180 °C)

- Es wurden für Verbindungen (System Ag-Al), die im Wärmeschrank gelagert wurden, wie auch bei stromdurchflossenen, extreme Widerstandsänderungen gemessen. Im erwärmten Zustand (>180 °C) wurden teilweise Verbindungswiderstände im Milliohmereich, und nach der Abkühlung auf Raumtemperatur von wenigen Mikrohm, gemessen.
- Diese hohen gemessenen Verbindungswiderstände und auch die extremen Änderungen des Verbindungswiderstandes im Bereich von 20 °C bis 200 °C können nicht allein mit dem Alterungsmechanismus Interdiffusion erklärt werden.
- Vermutlich ist das Aluminiumoxid, welches sich an den Korngrenzen im Silber angelagert hat (Bild 1) in Verbindung mit Verschiebungen im Mikrokontakt, aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten von Aluminium und Silber, für dieses extreme Widerstandsverhalten verantwortlich.

Neben den Untersuchungen zum Kraftabbau und zur Interdiffusion wurden weitere Langzeitversuche mit unbeschichteten und silberbeschichteten Verbindungen mit verschiedenen Materialkombinationen durchgeführt und hinsichtlich des Langzeitverhaltens ausgewertet.

Veranstaltungen

Hans-Pundt-Preis des VDE-Bezirksvereins Dresden

Zur Anerkennung hervorragender Leistungen auf dem Gebiet der Elektrotechnik sowie zur Stimulierung und Förderung von Studenten und jungen Ingenieuren verleiht der VDE-Bezirksverein Dresden den Hans-Pundt-Preis für hervorragende Diplomarbeiten an VDE-Jungmitglieder. Anlässlich der Jahresmitgliederversammlung am 15.02.2012 wurde dieser Preis im Jahr 2011 in Würdigung der ausgezeichneten Leistungen in der Diplomarbeit unter anderem an

Frau Dipl.-Ing. Maria Hering (1. v. l.) mit der Diplomarbeit
*„Untersuchungen zur Messung des Verlustfaktors von
isolierenden Seilen für das Arbeiten unter Spannung“*

und an

Herrn Dipl.-Ing. Michael Gatzsche (2. v. l.) mit der Diplomarbeit
*„Berechnungen zur Stromverteilung bei Steckverbindungen
mit mehreren parallelen Kontaktelementen“*

überreicht. Wir gratulieren Frau Hering und Herrn Gatzsche recht herzlich.



Foto: Günther Herbrich

Übergabe des Hans-Pundt-Preises

Highvolt-Preis 2012

Als fester Bestandteil des alljährlichen Tages der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik gehört die Anerkennung und Auszeichnung von herausragenden Dissertationen und Diplomarbeiten. Im Bereich der Elektrotechnik wird die beste Diplomarbeit mit dem HIGHVOLT-Preis ausgezeichnet, welcher bereits zum fünften Mal verliehen wurde.

Überreicht wurde der Preis durch Herrn Thomas Steiner an Herrn Dipl.-Ing. Jens Werner für seine am Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik erstellte Diplomarbeit zum Thema „Konzeption eines flexiblen Versuchsstands zur Beurteilung der statischen und dynamischen Parameter von KWK-Anlagen“. Wir gratulieren recht herzlich.



(Foto: Dr. Jürgen Uhlemann)

Verleihung des HIGHVOLT-Preises

„Franz-Stolze-Preis“ 2012 der TU Dresden

Seit 2010 stiftet Herr Dr. Manfred Freimark jährlich den „Franz-Stolze-Preis“. Der Stifter möchte damit an den in der Öffentlichkeit weitgehend unbekanntem Erfinder der modernen Gasturbine, den Berliner Ingenieur Franz Stolze, erinnern. Der Preis wird für herausragende wissenschaftliche Abschlussarbeiten von Studierenden und jungen Wissenschaftlern auf dem Gebiet der Energietechnik vergeben. Am 09. November fand die Verleihung des „Franz-Stolze-Preises“ des Jahres 2012 im Rahmen der jährlichen Mitgliederversammlung der Gesellschaft von Freunden und Förderern der TU Dresden e. V. statt. Übergeben wurde der Preis vom Rektor der TUD, Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen (1 v. r.), unter anderem an Herrn Dipl.-Ing. Michael Gatzsche (2. v. l.) für seine Diplomarbeit „*Berechnungen zur Stromverteilung bei Steckverbindungen mit mehreren parallelen Kontaktelementen*“. Wir gratulieren Herrn Gatzsche recht herzlich.



Übergabe des „Franz-Stolze-Preises“ 2012

BDEW-Kongress 26. - 28. Juni 2012 in Berlin

Unter dem Motto: „Märkte von morgen – zwischen Wettbewerb und Regulierung“ fand der diesjährige Kongress des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) in Berlin statt.

Zentrales Thema war der viel zitierte Begriff der Energiewende. In zahlreichen Podiumsdiskussionen stand die Frage, wie die erneuerbaren Energien künftig in das vorhandene Erzeugungssystem integriert werden können im Mittelpunkt. Die Vorsitzende der BDEW-Hauptgeschäftsführung, Hildegard Müller, betonte, „die im Grundsatz von allen gewollte Energiewende nicht zu zerreden“. Sie wies im Hinblick auf Aktivitäten der einzelnen Bundesländer darauf hin, dass ein gesamtdeutsches Konzept notwendig sei.



Teilnehmer aus Dresden (v. l.): Anna Sörgel, Steven Kinzel, Maria Hering

Die Nachwuchsinitiative Studentenpatenschaften ermöglichte insgesamt ca. 80 Studierenden verschiedener Hochschulen die kostenlose Teilnahme am Kongress und den Rahmenprogrammen inklusive Hotelübernachtung und Anreise. Hochkarätig mit Führungskräften aus Wirtschaft und Politik besetzt, sprachen unter anderem der Bundeswirtschaftsminister Dr. Philipp Rösler und der Bundesumweltminister Peter Altmaier.

In Fachausstellungen präsentierten Industrie und Dienstleister ihre Produkte. Möglichkeiten, sich mit Experten zum Thema auszutauschen, boten Pausen und Abendveranstaltungen.

Maria Hering

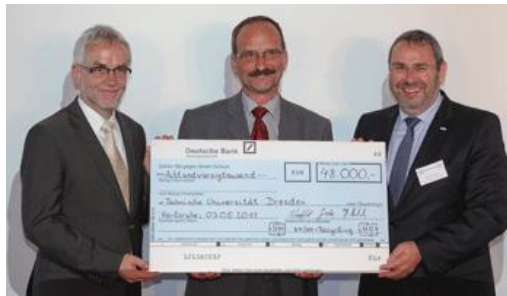


*Teilnehmer der „Initiative Studentenpatenschaften“
(Foto: EW Medien und Kongress GmbH/Horn)*

Forschungsförderung durch den NH/HH-Recyclingverein e. V.

Mit großem Erfolg sammelt der 1995 gegründete, gemeinnützige NH/HH-Recyclingverein e.V. (www.nh-hh-recycling.de) mit einem ausgeklügelten System von Energieversorgern, Industrie- und Handwerksunternehmen nicht mehr benötigte Sicherungen gebührenfrei ein. In einer Aufbereitungsanlage werden alle Bestandteile der Sicherungen für eine Weiterverarbeitung vorbereitet und wertvolle Sekundärrohstoffe gewonnen. Mit dieser hervorragenden Idee werden die Nutzer von der Entsorgung entlastet, nicht mehr benötigte Sicherungseinsätze umweltgerecht und energetisch effizient aufgearbeitet und der Erlös für die Forschung und Bildung eingesetzt.

In diesem Jahr vergab der NH/HH-Recyclingverein in Karlsruhe Schecks an neun deutsche Universitäten, Hochschulen und andere Bildungs- und Forschungseinrichtungen. Der NH/HH-Recyclingverein würdigte damit die Aktivitäten der Bildungs- und Forschungseinrichtungen im Bereich von Schmelzsicherungen und deren Komponenten. Die TU Dresden, Professur für Hochspannungs- und Hochstromtechnik, hat einen Preis in Höhe von 48.000 Euro für Forschungen zum Verhalten von Schmelzsicherungen bei höheren Temperaturen erhalten.



*Übergabe des Schecks in Karlsruhe
durch den Vorstand des NH-HH-Recycling-Vereins*

Dieser Beitrag wird an unserer Professur mit verwendet, um Forschungen zum Langzeitverhalten von stromführenden Verbindungen unter besonderen klimatischen Bedingungen des tropischen Regenwaldes in Zusammenarbeit mit der Universität in Belém, Brasilien, durchführen zu können.

Es soll damit ein wissenschaftlicher Beitrag geleistet werden, Elektroenergie auch in den Ländern der Erde zuverlässig transportieren und verteilen zu können, die für die Nutzung regenerativer Energien von großer Bedeutung sein werden. Dem Recyclingverein sei für das Engagement ganz herzlich gedankt.

Kooperation TU Dresden-IEEH mit der Universidade Federal do Pará und dem Centro Sistema de Protecao da Amazonia, Belém, Brasilien

Die Technische Universität Dresden und die Universidade Federal do Pará (UFPA) in Belém, Brasilien, haben eine Kooperationsvereinbarung unterschrieben, die beim Besuch von Prof. Großmann an der UFPA am 19. November 2012 vom Prorektor überreicht wurde. Diese Vereinbarung ist auch Grundlage für gemeinsame Forschungsprojekte der beiden elektrotechnischen Fakultäten zusammen mit dem Regionalzentrum Belém des Sistema de Protecao da Amazonia (SIPAM), welches unter anderem auf dem Gebiet des Blitzschutzes und der Blitzerfassung im Amazonasgebiet tätig ist.

Im November konnte in Belém ein Versuchsstand zum Erforschen des Langzeitverhaltens von Verbindungen der Elektroenergietechnik unter den Bedingungen des tropischen Regenwaldes errichtet und in Betrieb genommen werden. Dieser Test soll in den nächsten drei Jahren Daten zum Verbindungswiderstand liefern, die zur Beurteilung der Zuverlässigkeit verschiedener Verbindungsarten und Kontaktmaterialien unter dortigen, für uns extremen klimatischen Bedingungen dienen und Basis für Grundlagenuntersuchungen zur chemischen Alterung elektrischer Kontakte sind. Der Versuchsaufbau wurde durch die Professorinnen Brigida Rocha und Valquiria Gusmao Macedo sowie Studierende der UFPA und Mitarbeiter des CEN SIPAM hervorragend unterstützt. Unser Dank gilt auch den Firmen RIBE Elektroarmaturen und MultiContact für das Bereitstellen von Prüflingen, der Firma Werner Industrielle Elektronik bei der Entwicklung geeigneter Messtechnik und dem NH-HH-Recyclingverein e.V. für die finanzielle Unterstützung.



Übergabe der unterzeichneten Kooperationsvereinbarung durch den Prorektor an der UFPA in Belém Foto: UFPA



Versuchsstand mit elektrischen Verbindungen im CEN SIPAM in Belém

Exkursionen

Exkursion zu Doble-Lemke

Im Rahmen einer Besichtigung der Firma Doble-Lemke GmbH konnten die Studenten einen praktischen Eindruck über Entwicklung und Fertigung von TE-Messtechnik erhalten. Eine Führung durch das Firmengelände und die Fertigungsanlagen vermittelte einen guten Überblick über die Firma in Dresden-Kesselsdorf. Die darauf folgende Vorführung von Hochspannungsprüf- und Messtechnik fand reges Interesse.

Exkursion zu VEM

Nach einer Begrüßung und der Vorstellung der Firma durch Dr. Stahl folgte ein interessanter Rundgang durch das VEM Werk. Aufgrund der begleitenden Erklärungen ergaben sich zahlreiche fachliche Einblicke in die Produktionsprozesse der typischen elektrotechnischen Komponenten von Motoren wie Stator, Isolierung und Blechpaket. Aber auch das Wissen zu Hochspannungsmaschinen im Allgemeinen kam nicht zu kurz. Zum Abschluss ergab sich noch die Möglichkeit, das neue Prüffeld der Firma zu besichtigen.

Besichtigung Kraftwerk Nossener Brücke

Einen guten Einblick in die Dresdner Energieversorgung bot der Besuch des Gas- und Dampfkraftwerks „Nossener Brücke“ der DREWAG. Durch einen informativen Vortrag wurden den Studenten die Struktur und die Aufgaben der DREWAG in Dresden nahegebracht. Anschließend konnten die verschiedenen Bereiche des Kraftwerks besichtigt werden. Dadurch war es möglich, das in Vorlesungen gehörte Wissen in einer praktischen Anwendung wiederzufinden. Die ganzheitliche Führung durch das Kraftwerk erlaubte den Studenten zu erfahren, wo „Ihre“ Energie in Dresden herkommt.

Studentenexkursion zu einem Umspannwerk der DREWAG

Im Rahmen der Vorlesung Elektroanlagenprojektierung findet regelmäßig eine Exkursion in ein Umspannwerk der DREWAG statt. Die diesjährige Besichtigung fand am 11.02.2012 statt. Besichtigt wurde das 110-/20-kV-



Umspannwerk Dresden-Räcknitz. Die Studenten erhalten damit die Möglichkeit, die praktische Anwendung des in der Vorlesung theoretisch vermittelten Wissens kennen zu lernen. Abgerundet wurde der Besuch durch die fachkundige Führung eines DREWAG Mitarbeiters.

Bild 1: Dresdner Umspannwerk (Quelle: DREWAG)

Folgende weitere Exkursionen wurden durchgeführt:

- VDE-Exkursionen Energietechnik nach Berlin vom 29.05.-01.06.2012
- 380-kV-Schaltanlage Dresden-Süd der 50Hertz Transmission GmbH zur Vorlesung „Elektroenergieversorgung“ für Wing am 27.06.2012
- Feldmessungen (E und B) in 380-kV-Schaltanlage Dresden-Süd der 50Hertz Transmission GmbH zur Vorlesung „Zuverlässigkeits- und Sicherheitsberechnung“ am 27.06.2012
- Schaltleitung der ENSO in Heidenau (Netzleittechnik) und 380-kV-Schaltanlage Dresden-Süd der 50Hertz Transmission GmbH (Stationsleittechnik) zur Vorlesung „Leittechnik“ am 06.07.2012
- 380-kV-Schaltanlage Dresden-Süd der 50Hertz Transmission GmbH und Gasturbinen-Heizkraftwerk Nossener Brücke der DREWAG zur Vorlesung „Elektrische Energietechnik“ am 24.08.2012

Veranstaltungen

Schnupperstudium für einen Tag am 12.01.2012

Beim Schnupperstudium können Schülerinnen und Schüler aus Gymnasien der Region für einen Tag am realen Lehrbetrieb teilnehmen. Diese Veranstaltung erfreut sich jedes Jahr großer Beteiligung und Beliebtheit.

„Power“-Grill am 09.05.2012

Im Rahmen des „Power“-Grillens hinter der Hochspannungshalle nutzten auch im abgelaufenen Jahr wieder zahlreiche Studenten die Gelegenheit zum Gespräch mit den Hochschullehrern und Mitarbeitern des Elektrotechnischen Instituts (ETI) und des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik (IEEH). Den interessierten, angehenden Ingenieuren bot sich die Möglichkeit, mehr über die Vertiefungsrichtung Energietechnik im Hauptstudium zu erfahren. Die Hochspannungshalle sowie die Praktikumsversuchsstände und die aktuellen Projektarbeiten der Institute wurden bei Laborbesichtigungen vorgestellt. Somit konnten in lockerer Atmosphäre bei Grillgut Fragen beantwortet, Eindrücke für kommende Semester gewonnen und neue Kontakte geknüpft werden. Auf eine gute Zusammenarbeit zwischen Lehrenden und Studierenden wird an unserem Institut in besonderem Maße Wert gelegt.

Weihnachtsfeier für Studenten am 10.12.2012

Mitte Dezember 2012 fand die diesjährige Weihnachtsfeier für Studierende des IEEH statt. In lockerer Runde wurden den Studierenden ein kurzer Rückblick über das Jahr 2012 am IEEH sowie ein Ausblick für das Jahr 2013 gegeben. Nach der Kurzdarstellung der Forschungsschwerpunkte des Instituts folgte ein Bericht von Herrn Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann über seinen Aufenthalt in Brasilien.

13. “Dresdener Kreis” Elektroenergieversorgung 15./16.03.2012 in Dresden

Das 13. Treffen des Dresdener Kreises fand 2012 in Dresden statt.

Die Veranstaltung begann am Nachmittag des ersten Tages mit einer Vortragsreihe bestehend aus acht Präsentationen. Dabei wurden viele interessante Projekte aus unterschiedlichen Bereichen der elektrischen Energieversorgungstechnik vorgestellt. Das Spektrum der Themen erstreckte sich dabei von energiewirtschaftlichen Themen bis hin zu Fragen der Netzstabilität. Abgeschlossen wurde der Vortragsblock durch eine Vorstellung des Unternehmens „RITZ Instrument Transformers“ von Herrn Dipl.-Ing. Elst.

Den Abend verbrachten die Teilnehmer des Dresdener Kreises in der Gaststätte „Planwirtschaft“ inmitten des Dresdener Szeneviertels „Neustadt“. Dabei wurde in geselliger Runde gespeist und technische sowie nichttechnische Themen diskutiert.

Der zweite Tag begann mit einer Besichtigung des Produktionsstandortes des Unternehmens „RITZ Instrument Transformers“ in Ottendorf-Okrilla. Im Anschluss besuchten wir das Militärgeschichtliche Museum der Bundeswehr, bei dem in der Führung „Love and Hate“ die unterschiedlichen Aspekte kriegerischer Auseinandersetzungen dargestellt wurden.

Bei einem gemeinsamen Mittagessen ließen wir anschließend das Treffen des Dresdener Kreises ausklingen.



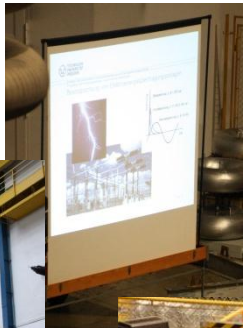
Gruppenfoto der Teilnehmer vor dem Militärgeschichtlichen Museum

Lange Nacht der Wissenschaften am 06.07.2012

„Faszination Elektrizität - Experimentalvortrag zu hochspannungstechnischen Phänomenen und technischen Lösungen“, so lautete auch in diesem Jahr der Titel der Veranstaltung, mit dem sich der Lehrstuhl an der „Langen Nacht der Wissenschaften“ beteiligte. Eingestimmt durch die gewittrige Atmosphäre im Freien, hatten die Besucher in fünf nacheinander stattfindenden Vorträgen die Möglichkeit, in die Welt der Hochspannungstechnik einzutauchen. Es wurde von der Historie der Energietechnik bis hin zu aktuellen Herausforderungen und Trends der Energietechnik berichtet. In spannenden Live-Experimenten wurden allgemeine Entladungsphänomene und praktische Anwendungen vorgestellt. Spannender Abschluss der voll besetzten Veranstaltung war der Blitzeinschlag in ein mit Personen besetztes Fahrzeug.



Hochspannungshalle, vorbereitet für die Lange Nacht der Wissenschaften



Vorstellen der Experimente



Interessierte Zuschauer

Assistentenausflug der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik vom 11. - 13.05.2012 nach Ilmenau

Am Lehrstuhl für Hochspannungs- und Hochstromtechnik wird einmal im Jahr die Heimat eines wissenschaftlichen Mitarbeiters besucht. In diesem Jahr ging die Fahrt nach Ilmenau.

Nach der Ankunft am Hotel „Ilmenauer Hof“ führte der erste kurze Spaziergang quer durch Ilmenau den Lindenberg hinauf. Angekommen an der „Bobhütte“ erwartete die fleißigen Wanderer eine echte Thüringer Bratwurst. Anschließend stürzten sich einige Wagemutige auf Sommerschlitten die Rodelbahn hinab. Es wurde eine Bestzeit nach der anderen gefahren.



Unerschrockene Rodler



Abendliche Aussicht auf der „Hohe Warte“

Am Samstag wurden bei einer Stadtführung die Ilmenauer Innenstadt und das Stadtmuseum im historischen Rathaus erkundet. Beim gemeinsamen Mittagessen im „Lindenhof“ legten wir die Grundlage für den Aufstieg auf den Kickelhahn, den Hausberg Ilmenaus. Alle Wanderer erklommen den steilen und 5 km langen Bergpfad nun wie im Flug.

Angekommen am Gipfel wurden wir mit einer herrlichen Aussicht sowie Kaffee und Kuchen belohnt. Abgeschlossen wurde der Samstag bei einem zünftigen Rittermahl auf der „Hohe Warte“. Es blieb natürlich nicht aus, dass sich die tapfersten Ritter in traditioneller Weise in Ritterspielen, wie dem Baumstammstoßen und dem Minnesang, beweisen mussten.

Der Sonntag rundete den Ausflug nach Ilmenau mit dem Besuch des Schaubergwerks „Volle Rose“ und einem traditionellen Thüringer Mittagssmahl bei Klößchen und Roulade ab.

20. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik 04. - 07.07.2012 in Ilmenau

Zum 20. Mal trafen sich die Partnerinstitute aus Darmstadt, Dresden, Ilmenau, München und Zittau/Görlitz zum „Darmstädter Kreis“. Dieses Mal ging es ins grüne Herz Deutschlands nach Ilmenau.

In vielfältigen Fachvorträgen wurden die Forschungsschwerpunkte der teilnehmenden Institute behandelt. Dabei ging es neben dem Lichtbogen und dessen Löschung auch um Schaltgeräte und elektrische Anlagen, sowie um Isolierstoffe und elektrische Verbindungen.

Neben vielen interessanten Diskussionen wurde zudem auch außerhalb des Konferenzraumes einiges geboten. Nach einer Exkursion ins Generatorenwerk Erfurt und der Besichtigung der Laborräume des Fachgebietes „Elektrische Geräte und Anlagen“ wurden am Abend die Rennschlittenkönige und -königinnen ermittelt. Außerdem konnte bei besten äußeren Bedingungen die Thüringer Rostbratwurst genossen werden.



Eröffnung des Kolloquiums



Motor-Generator-Umformer



Rennschlittenschutzrüstung



Grillabend

Industriepartner-Symposium am 27.09.2012

Im Rahmen des Industriepartnersymposiums an der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik wurde von der Fachrichtung Elektroenergietechnik anlässlich des einhundertjährigen Bestehens von 110-kV-Freileitungen in Europa eine Vortragsreihe zum Thema Freileitung angeboten.

In drei Vortragsessionen wurden sowohl historische und aktuelle Fragen der Technikakzeptanz erörtert als auch technische Entwicklungen zur Steigerung der Übertragungskapazität und Verfügbarkeit vorgestellt.

Zum Ausklang des Tages gab es beim Essen im Kasematten-Restaurant am Brühlschen Garten die Gelegenheit zu Gesprächen zwischen Vertretern der Industriepartner und wissenschaftlichen Mitarbeitern.



Branchentreff Energie- und Umwelttechnik am 25.10.2012

Am 25.10.2012 fand der achte Branchentreff des Career Service der TU Dresden statt. Die Veranstaltung wurde passend zum Titel im würdigen Ambiente der Hochspannungshalle des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik der TU Dresden durchgeführt. Die hohe Besucherzahl und die zahlreichen Fachgespräche zwischen Studenten,



Kooperationspartnern der Industrie und den Servicestellen der TU Dresden haben gezeigt, dass die Energie- und die Umwelttechnik interessante Themengebiete sind, die zahlreiche Karrierechancen bieten. Circa 200 Studenten nutzten den Anlass, um mit etwa 40 Unternehmensvertretern an ihren Ständen ins Gespräch zu kommen und

ausgiebig über Karrierethemen, aktuelle Probleme in der Politik sowie in der Bevölkerung zu diskutieren. Die „Jobwall“ und das zahlreich ausliegende Informationsmaterial zu Unternehmen und Karrierechancen boten den Studenten weitere Möglichkeiten, sich über Anstellungen entsprechend ihres derzeitig angestrebten Abschlusses und der gewählten Vertiefungsrichtung zu informieren. Den ersten Teil der Veranstaltung nutzten die Unternehmensvertreter, insbesondere der regionalen Firmen, um sich und das Unternehmen zu präsentieren. Unter den Gästen waren die AKTIF Technology GmbH, IMI Plc, ARCADIS Deutschland GmbH, EBZ GmbH Fuel Cells & Process Technology, die ULT AG, envia Mitteldeutsche Energie AG, WSB Neue Energien GmbH und die Highvolt Prüftechnik Dresden GmbH. Abschließender Höhepunkt der gelungenen Veranstaltung war die Verlosung von zwei iPads, die von der GWT-TUD GmbH gesponsert wurden. Glücklicher Gewinner war ein Student der Verfahrenstechnik und ein Student des Wirtschaftsingenieurwesens. Überreicht wurde der Preis vom Prodekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann.



Absolvententreffen des Studienjahrganges 1982

Am 05. Mai 2012 trafen sich zehn Absolventen des Studienjahrganges 1982 der Sektion Elektrotechnik, Bereich Hochspannungs- und Hochstromtechnik, in Dresden. Die diesjährige 30. Wiederkehr des Jahres der Immatrikulation war ein willkommener Anlass, unser alljähriges Seminargruppentreffen diesmal an alter Wirkungsstätte zu begehen. Ganz herzlich danken wir Herrn Prof. Dr.-Ing Steffen Großmann für interessante Einblicke in die heutige und zukünftige Arbeit des Institutes. Wir wünschen allen Institutsangehörigen viel Erfolg in Lehre und Forschung.

Ullrich Spalteholz und Andreas Pollack



Vortrag in der Hochspannungshalle



Vor dem Binderbau

Beiträge zur Geschichte des IEEH

Es ist nun schon zur Tradition geworden, zu bestimmten Gelegenheiten an wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der elektrischen Energieversorgung und Hochspannungstechnik vergangener Tage zu erinnern und diese zu würdigen. So wurden auch in diesem Jahr wieder sechs Dissertationen vorgestellt, die vor etwa 50 Jahren an unserem Institut verteidigt wurden:

- Dr.-Ing. Walter Freitag:
„Messung der Zeitkonstanten des Lichtbogenwiderstandes an Lichtbögen in Flüssigkeiten“
- Dr.-Ing. Joachim Schmidt:
„Gaseinschlüsse in geschichteten Ölpapierisolationen (Räumliche Verteilung und Veränderungen durch elektrische Entladungen)“
- Dr.-Ing. Edgar Drechsler:
„Blitzeinzugswahrscheinlichkeit von Mehrelektrodensystemen in der Blitzschutztechnik“
- Dr.-Ing. Frieder Hoppadietz:
„Stoßspannungsverhalten von verstärkten Eingangsspulen von Transformatoren mit Zylinderwicklungen“
- Dr.-Ing. Basanta Bihari Palit:
„Der Fremdschichtüberschlag unter besonderer Berücksichtigung der Kurzschlussleistung und Kriechwegneigung“
- Dr.-Ing. Manoranjan Prasad Verma:
„Durchschlagspannung und Durchschlagvorgang für die Anordnung Spitze-Platte mit Schirm“.

Ehemalige wissenschaftliche Mitarbeiter hatten dazu je eine Laudatio im Rahmen eines IEEH-Institutskolloquiums am 19.04.2012 vorbereitet. Der Rückblick bot Mitarbeitern, Studierenden und Gästen einen Einblick in die wissenschaftlichen Fragestellungen dieser Zeit, Herausforderungen, Methoden und Möglichkeiten des Experimentierens und Berechnens.



Dr. Georg Issel stellt eine der „Jubiläumsdissertationen“ vor



*Edgar Drechsler mit dem Meister beim Begutachten einer Freileitungsnachbildung
Foto: IEEH-Archiv*

Ein besonderes Kolloquium wurde am 06.11.2012 dem wissenschaftlichen Wirken von Prof. Ludwig Binder (1881-1958) gewidmet. Binder war seit 1919 als ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule Dresden tätig und hat sich unter anderem besondere Verdienste beim Erforschen und Beschreiben der Wanderwellenvorgänge auf Leitungen, in Kabeln und Wicklungen erworben. Die von ihm mit Weitblick entworfene und 1928 bis 1930 gebaute Hochspannungshalle, die auch seinen Namen trägt, war mit ihren Abmessungen und Ausrüstungen für die damalige Zeit einzigartig und lange das größte und leistungsfähigste Hochspannungslabor Europas. Es dient in modernisierter Form in hervorragender Weise noch heute unserer Lehre und Forschung.

Es war eine besondere Freude, seine Tochter, Frau Gabriele Binder, zu diesem Kolloquium begrüßen zu können. Den Herren Dr.-Ing. Georg Issel, Dr.-Ing. Eberhard Engelmann, Dr.-Ing. Volkmar Kobisch und Dr.-Ing. Klaus Lehnert sei für die Vorbereitung und Gestaltung dieses Kolloquiums ganz herzlich gedankt.



*Die 1000-kV-/200-kVA-Wechselspannungsprüfanlage (K&S) in der 1930 errichteten Hochspannungshalle
Foto: IEEH-Archiv*



Prof. Großmann begrüßt Frau Gabriele Binder, die Tochter von Prof. Binder, zum Kolloquium

Veranstaltungen

Öffentlichkeitsarbeit

Neben den oben genannten Veranstaltungen fanden Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen, Praktika sowie Experimentalvorträge u. a. für die TU Chemnitz, Fa. Highvolt Dresden, HTWK Leipzig, für Schüler von Gymnasien aus Meißen, Dresden und Umgebung sowie für Studenten der Fakultäten Elektrotechnik und Informationstechnik und Maschinenwesen der TU Dresden statt.

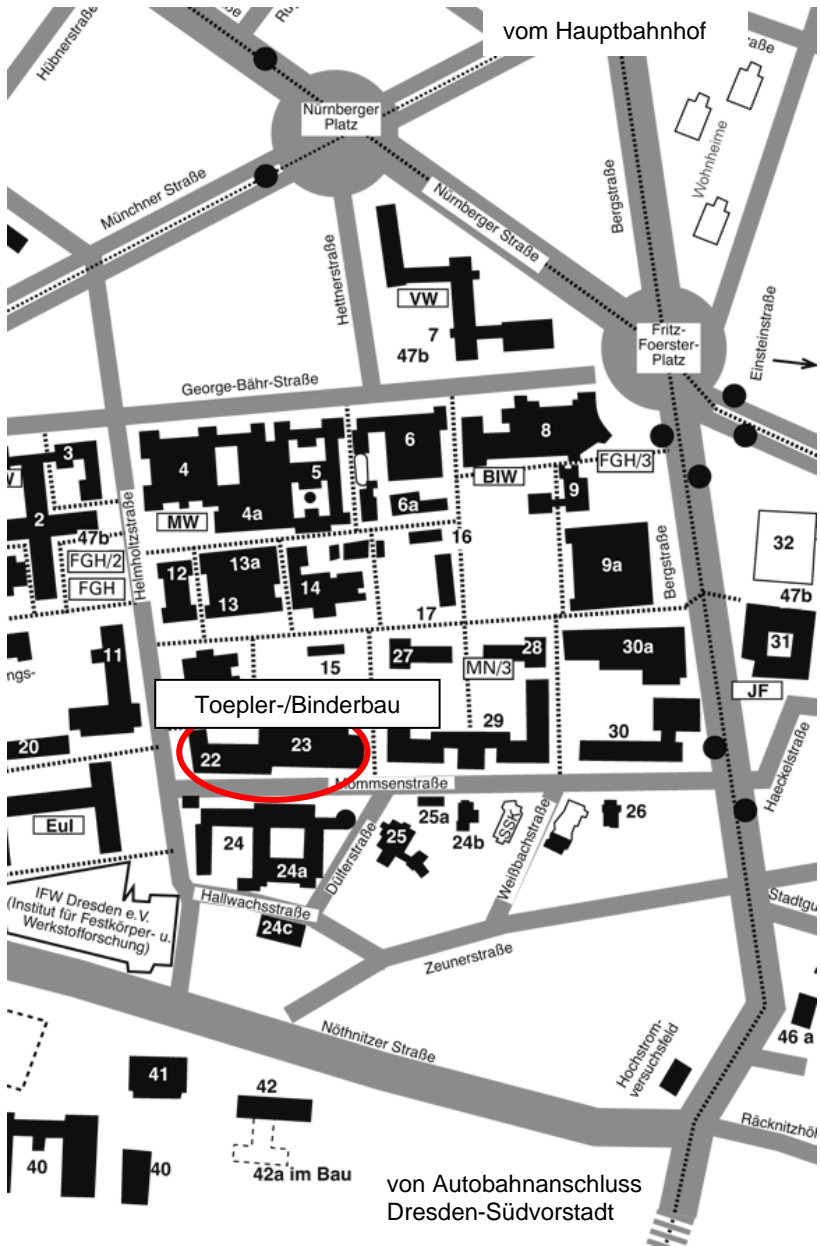
Weiterbildung

Dr.-Ing. Jan Meyer und Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler waren im März 2012 als Referenten im Rahmen des VDE-Seminars „Netzurückwirkungen in Theorie und Praxis“ in Dresden tätig.

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner und Dr.-Ing. Jan Meyer waren im Mai und November 2012 als Referenten im Rahmen des AGE-Seminars „Power Quality in Verteilungsnetzen“ in Dresden tätig.

Anfahrtsskizze

Anfahrtsskizze



Sitz des Institutes:

Mommsenstraße 10/12 (Binderbau/Toeplerbau)
Erdgeschoss Zi. 124/125
01069 Dresden

(Eingang direkt gegenüber von „Alte Mensa“)

So finden Sie zu uns:

- ab **Dresden-Hauptbahnhof** mit den **Straßenbahnlinien 3** (Richtung Coschütz) und **8** (Richtung Südvorstadt) bis Haltestelle „Nürnberger Platz“ und mit der **Buslinie 66** (Richtung Coschütz/Mockritz) bis Haltestelle „Mommsenstraße“
- vom **Flughafen Dresden** mit **S-Bahnlinie S 2** bis Dresden-Hauptbahnhof
- über die **Autobahn A 17**, Abfahrt Dresden-Südvorstadt, in Richtung Stadtzentrum bis zur Universität (Mommsenstraße)
