

Institut für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik

Jahresbericht 2007

Inhalt

Personelle Besetzung	5
Lehre	11
Forschung	15
Dissertationen	63
Veranstaltungen	73
Anfahrtsskizze	85

Titelbild:

Untersuchungen in der Hochspannungshalle der TU Dresden zum dielektrischen Verhalten eines 800-kV-AC-Zweifachschwenktrennschalters der Firma Ruhrtal Hochspannungsgeräte GmbH & Co. OHG mit Prüfspannungen für die Erdisolierung: 950 kV AC; 2100 kV LI; 1550 kV SI

für die Trennstrecke: 1150 kV AC; 2100 kV LI + 455 kV AC; 1100 kV SI + 700 kV AC

Regenprüfung: 1100 kV SI + 700 kV AC

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

E-Mail: info@ieeh.et.tu-dresden.de

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



Sehr geehrte Freunde des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik,

hinter uns liegt ein Jahr kontinuierlicher Arbeit in Lehre und Forschung an unserem Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik, über das wir Sie mit diesem Jahresbericht 2007 gern informieren möchten.

Die Forschung an unserem Institut konnte Dank langfristiger und stabiler Beziehungen zu unseren Partnern in der Industrie und in der Energieversorgung weitergeführt und erfreulicherweise bei mehreren Projekten ausgebaut werden. Derzeit werden 13 von 15 befristeten wissenschaftlichen Mitarbeitern über Drittmittel finanziert. Für die erfolgreiche Zusammenarbeit zum gegenseitigen Nutzen möchte ich mich bei unseren Partnern ausdrücklich ganz herzlich bedanken.

Der Höhepunkt des wissenschaftlichen Lebens am Institut war zweifelsfrei die 7. VDE-Fachtagung „Arbeiten unter Spannung“ im September 2007 mit einer unerwartet großen Resonanz. Das ermutigt uns, dieses Gebiet weiter intensiv mitzugestalten und voranzutreiben.

Ende Juli dieses Jahres konnten wir unseren langjährigen wissenschaftlichen Mitarbeiter und Laborleiter, Herrn Oberingenieur Dr.-Ing. Eberhard Engelmann in seinen wohlverdienten Ruhestand entlassen. Über viele Jahre hat er sich unermüdlich, auch in schwierigen Zeiten, für das Hochspannungs- und Hochstromlabor engagiert und ein hohes wissenschaftliches Niveau in der Lehre, der Forschung und bei Untersuchungen für Industriepartner durchgesetzt. Die wissenschaftlichen Assistenten des Instituts und die technischen Mitarbeiter des Labors haben Dr. Engelmann stets als hervorragenden Lehrer, ausgezeichneten Organisator und zielstrebigen Wissenschaftler erlebt. Für die hervorragende Zusammenarbeit möchte ich Herrn Dr.-Ing. Eberhard Engelmann herzlich danken und wünsche ihm für den begonnenen Ruhestand beste Gesundheit und alles Gute.

Jahresbericht 2007

Wir freuen uns, dass mit Beginn des Jahres 2008 Herr Dipl.-Ing. Hans-Peter Pampel die Leitung des Labors übernehmen wird. Wir wünschen ihm dabei gutes Gelingen, viel Kraft und hoffen auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit.

Betroffen haben wir Anfang Dezember nach schwerer Krankheit den Tod unseres ehemaligen Mitarbeiters, Herrn Dr.-Ing. Franz Mach, zur Kenntnis genommen. Noch weit über seinen Ruhestand hinaus hat er aktiv am Institut gewirkt. Ihm ist es maßgeblich zu verdanken, dass das Dynamische Drehstromnetzmodell in den letzten Jahren auf modernsten Stand gebracht und im Toeplerbau neu installiert wurde.

Die Zahl der Studierenden, die für ihr Hauptstudium die Fachrichtung „Elektroenergietechnik“ gewählt haben, ist in den letzten Jahren stabil. Sie reicht jedoch leider nicht aus, um den enormen Bedarf der Industrie an Praktikanten und Absolventen zu decken. Trotz derzeitig hervorragender Chancen für Elektroingenieure auf dem Arbeitsmarkt ist die Zahl der Studienanfänger in der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden nicht angestiegen. Hier sind für das kommende Jahr verstärkte Anstrengungen durch jeden Einzelnen ebenso gefragt, wie Aktivitäten seitens der Politik anzumahnen sind. Gerade auf dem Fachgebiet der Elektroenergietechnik gehört Deutschland zu den Technologieführern in der Welt. Diesen Vorsprung zu halten und auszubauen gehört zu unseren vorrangigen Aufgaben in Lehre und Forschung.

Ich bedanke mich bei allen Mitarbeitern des Instituts, Freunden und Partnern, die unsere Arbeit mit Rat und Tat unterstützt haben.

Ich wünsche Ihnen ein gesundes, erfolgreiches und frohes Jahr 2008 und freue mich auf eine weiterhin gute Zusammenarbeit.

Dresden, im Dezember 2007



Personelle Besetzung

Personelle Besetzung

Mitarbeiter

Wir freuen uns, in diesem Jahr zwei neue wissenschaftliche Mitarbeiter an unserem Institut begrüßen zu können:

Herrn Dipl.-Ing. Robert Adam (ab 01.06.2007)
Herrn Dipl.-Ing. Roberto Schulze (ab 01.11.2007)

An der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik sind seit September 2007 Herr Dipl.-Ing. Günter Seidelmann über die GWT und seit Dezember 2007 Herr Dipl.-Ing. Gahreeb Moustafa aus Ägypten für 2 Jahre als Promotionsstudent tätig.



*Das Team des Instituts für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik im November 2007*

Personelle Besetzung

	Name und E-Mail-Adresse	Telefon (0351) 463-
Hochschul- lehrer	Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann Institutsdirektor grossmann@ieeh.et.tu-dresden.de	33428
	Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner schegner@ieeh.et.tu-dresden.de	34374
	Doz. Dr.-Ing. Hartmut Bauer bauer@ieeh.et.tu-dresden.de	35104
	PD Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl loebl@ieeh.et.tu-dresden.de	32138
Professoren in Ruhestand	Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Eberhardt	
	Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Pundt	34574
	Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler	35088
Sekretariate	Regina Scharf scharf@ieeh.et.tu-dresden.de	33202
	Ulrike Hendrich hendrich@ieeh.et.tu-dresden.de	33428
Wissenschaft- liche Mitarbei- ter	Dr.-Ing. Eberhard Engelmann (Laborleiter) bis 31.07.2007	
	Dr.-Ing. Jan Meyer meyer@ieeh.et.tu-dresden.de	35102
	Dr.-Ing. Joachim Speck speck@ieeh.et.tu-dresden.de	33105
	Dipl.-Ing. Robert Adam adam@ieeh.et.tu-dresden.de	33080
	Dipl.-Ing. Ina Berg berg@ieeh.et.tu-dresden.de	33080
	Dipl.-Ing. Falk Blumenroth blumenroth@ieeh.et.tu-dresden.de	34756

Personelle Besetzung

	Dipl.-Ing. Jörg Dickert <u>dickert@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	35272
	Dipl.-Ing. Etienne Gasch <u>gasch@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	32941
	Dipl.-Ing. Christian Henze <u>henze@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	35353
	Dipl.-Ing. Sven Höpfner bis 30.11.2007	
	Dipl.-Ing. Thomas Jordan <u>jordan@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34948
	Dipl.-Ing. Jörg Meyer <u>meyerjoerg@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	32941
	Dipl.-Ing. Irina Ovsyanko <u>ovsyanko@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34789
	Dipl.-Ing. Solaiman Rahmoon <u>rahmoon@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34948
	Dipl.-Ing. Ronny Schneider <u>schneider@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34756
	Dipl.-Ing. Roberto Schulze <u>schulze@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	35223
	Dipl.-Ing. Philipp Stachel <u>stachel@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	35272
	Dipl.-Ing. Thomas Thronicker <u>kafurke@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	32746
Technische Angestellte	Dipl.-Ing. (FH) Axel Göres <u>goeres@ieeh.et.tu-dresden.de</u> Monika Markow	32613
Werkstatt	Ralf Dittrich <u>dittrich@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34745

Personelle Besetzung

Michael Gläser <u>glaeser@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34260
Gerd Jarosczi <u>jarosci@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34745
Helge Knüpfel <u>knuepfel@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	34260
Peter Wermuth <u>wermuth@ieeh.et.tu-dresden.de</u>	33516

Fax:	Prof. Elektroenergieversorgung	37036
	Prof. Hochspannungs- u. Hochstromtechnik	37157

Personelle Besetzung

Mitarbeit in Gremien

Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann

- Vorsitzender des Prüfungsausschusses der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- stellvertretender Vorsitzender des VDE-Bezirksverein Dresden
- Arbeitskreis „Hochspannungsgeräte und -anlagen“ im VDE-BV Dresden

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner

- Mitglied im ETG-Vorstand
- persönliches Mitglied FGH, IEEE
- Dekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Mitglied des Konzils der TUD und des Fakultätsrates der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Gesellschaft von Freunden und Förderern der TU Dresden e.V.
- EMTP-Usergroup

Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler

- Expertennetzwerk „Spannungsqualität“ des VDN Berlin
- AK „Netzzrückwirkungen“ im VDE-Bezirksverein Dresden

Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Pundt

- Geschäftsführer VDE-Bezirksverein Dresden
- Gesellschaft von Freunden und Förderern der TU Dresden e.V.

Doz. Dr.-Ing. Hartmut Bauer

- K122 „Isolationskoordination“ der DKE und Vorsitzender des AK 10 beim VDE-Bezirksverein Dresden
- VDE-Ausschuss „Sicherheits- und Unfallforschung“
- ETG-V2.3/ITG-FA5.5 „Schutz- und Automatisierungstechnik“
- AK 952.0.2 „IEC 61850 Prozessbus und Monitoring“ der DKE
- Leiter der Studienrichtung Elektroenergietechnik
- persönliches Mitglied CIGRE, FGH

Dr.-Ing. Eberhard Engelmann

- Komitee 251 „Blitzschutzanlagen“ der DKE
- Komitee 214 „Arbeiten unter Spannung“ der DKE
- Fachbereich V2 „Übertragung und Verteilung elektrischer Energie“ der ETG im VDE
- Fachausschuss V2.2 „Arbeiten unter Spannung“ der ETG im VDE

PD Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl

- UK 121.2 „Mechanische und thermische Kurzschlussfestigkeit“ der DKE

Lehre

Lehre

Grundstudium

Vorlesungen / Übungen / Praktika	SS	WS
Elektrische Energieübertragung Prof. Dr.-Ing. Schegner	2 / 1 / 0	
Elektroenergietechnik Doz. Dr.-Ing. Bauer	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0
Elektronische Gerätetechnik / Thermische Dimensionierung PD Dr.-Ing. habil. Löbl Diese Vorlesung wird gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. habil. J. Lienig gehalten	2 / 1 / 0	

Hauptstudium

Elektroenergiesysteme Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner		3 / 2 / 1
Elektroenergieanlagen Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler	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 / Dr.-Ing. Hentschel		1 / 1 / 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 / Dr.-Ing. Engelmann	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Hochspannungs-Isoliertechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Engelmann		2 / 0 / 0
Hochstromtechnik PD Dr.-Ing. habil. Löbl		2 / 1 / 1

	Lehre	
Vorlesungen / Übungen / Praktika	SS	WS
Hochspannungsgeräte PD Dr.-Ing. habil. Löbl	2 / 0 / 1	
Hochspannungs-Prüf- und Messtechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Engelmann		2 / 0 / 1
Blitzschutztechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Engelmann	1 / 1 / 0	
Statistik für Elektrotechniker Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	2 / 0 / 1	
Lehrexport an andere Fakultäten – Grundstudium		
Elektrotechnik 1 - für die Fakultäten Maschinenwesen und Wirtschaftsingenieurwesen Prof. Dr.-Ing. Großmann	2 / 1 / 0	
Elektrotechnik 2 - für die Fakultäten Maschinenwesen und Wirtschaftsingenieurwesen Prof. Dr.-Ing. Großmann		2 / 1 / 0
Lehrexport an andere Fakultäten – Hauptstudium		
Elektrische und magnetische Felder in der Nähe von Elektroenergieanlagen Studium Generale und Dresdner Bürger-Universität Doz. Dr.-Ing. Bauer	1 / 0 / 1	
Erzeugung, Übertragung und Verteilung von Elektro- energie Studium Generale und Dresdner Bürger-Universität Prof. Dr.-Ing. Schegner / Doz. Dr.-Ing. Bauer	2 / 0 / 0	
Elektrosicherheit und Versorgungszuverlässigkeit für Wirtschaftsingenieurwesen Doz. Dr.-Ing. Bauer	2 / 1 / 1	
Elektroenergieversorgung für Wirtschaftsingenieure und Lehramt an berufsbil- denden Schulen Doz. Dr.-Ing. Bauer		2 / 1 / 1
Hochspannungstechnik für Wirtschafts- und Verkehrsingenieure Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0

Forschung

- **Elektrische Energieversorgung** Seite 18
- **Hochspannungstechnik** Seite 39
- **Hochstromtechnik** Seite 49

Unsere Forschungspartner

ABB

AiF

Alcan Singen GmbH

AREVA

Betonbau GmbH und Co. KG

BSD Bildungs- und Servicezentrum GmbH

Cellpack GmbH

DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH

ENSO Energie Sachsen Ost AG

E.ON edis AG

E.ON Avacon AG

enviaM

FAIVELEY HFG Germany

NEXANS / GPH GmbH

HEINE Resistors GmbH

High-Volt Prüftechnik Dresden GmbH

Lanz Oensingen AG

LDIC Lemke Diagnostic

MS Stäubli Group

Mokinski & Sohn KG

Multicontact

Partzsch Elektromotoren

PPC Insulators GmbH

Pronutec

RIBE Elektroarmaturen GmbH & Co KG

RIBE Subcon

Ritz Messwandler

Ruhrtal Hochspannungsgeräte GmbH

RWE

Scheidt GmbH & Co, KG

Siemens AG

Stadtwerke Oranienburg

SMT und Hybrid GmbH Dresden Weißig

Übigauer Schaltanlagen

Vattenfall Europe Transmission GmbH

VEM Sachsenwerk GmbH

VEM Motors

Ziel-Abegg AG

Elektrische Energieversorgung

Die Entwicklung der elektrischen Energieversorgung wird zurzeit durch die Integration von dezentralen und häufig dargebotsabhängig arbeitenden Energieerzeugungsanlagen in allen Spannungsebenen, durch den Einsatz von neuen innovativen Betriebsmitteln, durch die Regulierung auf dem Gebiet der Energieversorgungsnetze und durch die weitere Rationalisierung und Automatisierung des Netzbetriebes vorangetrieben. Gleichzeitig sollen aus wirtschaftlichen Gründen nicht nur einzelne Betriebsmittel sondern das gesamte Energieversorgungssystem höher ausgenutzt und damit näher an dessen technischen Grenzen betrieben werden. Die sich daraus ergebenden Fragestellungen stehen im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der elektrischen Energieversorgung. Diese lassen sich in die folgenden Forschungsschwerpunkte zusammenfassen. Zu jedem Forschungsschwerpunkt wird eine Auswahl von den im letzten Jahr bearbeiteten Themen genannt.

▪ **Schutz- und Leittechnik**

Einfluss und Ursachen von nicht sinusförmigen Strom- und Spannungsverläufen auf das Schutzgeräte- und das Schutzsystemverhalten.

Verstärkte Einbindung von großen Windparks in das Übertragungsnetz und Auswirkungen auf das Netzschutzsystem.

Auswirkungen der verstärkten Einbindungen von großen Windparks in das Übertragungsnetz auf das Netzschutzsystem.

Anwendung probabilistischer Methoden zur Ermittlung von Einstellwerten für Schutzgeräte.

Automatisierte Auswertung von Stördaten als Grundlage für eine rechnergestützte Überwachung und Optimierung des Netzschutzsystems.

▪ **Netzbetrieb**

Netzurückwirkungen durch den verstärkten Einsatz von FACTS und HVDC im europäischen Energiesystem.

Beurteilung der Erdschlusslichtbogenlöschung in resonanzsternpunktgeerdeten Verteilnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Harmonischen.

Neues Verfahren zur Erhöhung der Stabilität von doppelgespeisten Asynchronmaschinen während Störungen in elektrischen Energieversorgungsnetzen.

Konzepte für den Netzausbau von städtischen Energieversorgungsnetzen unter besonderer Berücksichtigung von veränderten Einspeisebedingungen.

Optimierung der Kompensation von Hochspannungsleitungen.

Ermittlung der Einflüsse auf die Lichtbogenlöschung während der Pausenzeit einer automatischen Wiedereinschaltung.

Untersuchungen zum Einsatz von Strombegrenzern mit Hochtemperatur Supraleitern zum Aufbau von hoch zuverlässigen Energieversorgungsnetzen.

▪ **Elektrische und magnetische Felder**

Berechnung der niederfrequenten Felder von Elektroenergieanlagen und Bewertung entsprechend BGV B11, 26. BImSchV und EMV-Richtlinien.

Elektrische Felder von Hochspannungs-Freileitungen im Nahbereich von mobilen Arbeitsmaschinen und deren Arbeitsausrüstungen.

▪ **Elektromagnetische Verträglichkeit**

Strom- und Spannungsbelastung von Erdungsschaltern in Hochspannungs-Schaltanlagen unter ausgewählten Betriebsbedingungen.

Einfluss von EMV- und Zuverlässigkeitsanforderungen auf die Leittechnik-Struktur nach IEC 61850.

Beanspruchung von Dioden in Sekundärkreisen von Schaltanlagen und Vergleich der Wirksamkeit von Überspannungsbegrenzungsmaßnahmen.

▪ **Versorgungsqualität**

Vergleichende Bewertung der Spannungsqualität.

Datenbank basierte, automatisierte Auswertung ausgewählter quasistationärer Spannungsqualitätskenngrößen.

Untersuchungen zur Spannungsqualität unter Berücksichtigung verschiedener Sonderschaltzustände des speisenden Netzes.



Christian Henze

Scanvorgänge der elektrischen Feldstärke mit der modifizierten E-Feldsonde an Drehstromleitungen in der Hochspannungshalle des IEEH

Zur Vermeidung von elektrischen Unfällen bei Bauarbeiten mit mobilen Arbeitsmaschinen in der Nähe von Hochspannungsfreileitungen soll ein neuartiges Schutzkonzept entwickelt werden. Hierzu ist die Freileitung durch einen Kollisionsraum vor Beginn der Arbeiten zu beschreiben und eine Kollisionsraumüberwachung in der Arbeitsmaschine während der Bauarbeiten durchzuführen. Die Bestimmung des Kollisionsraums soll auf gemessenen Feldstärkeverläufen waagrecht unter und senkrecht neben der Freileitung basieren ([1], [2], Bild 1).

Durch Simulationen wurde untersucht, ob und wie diese Messungen des elektrischen Feldes mit Hilfe einer am Ausleger einer Betonpumpe befestigten E-Feldsonde durchgeführt werden können. Weiterhin wurden die Anforderungen an die E-Feldsonde spezifiziert, um an jedem Messpunkt den Verlauf aller drei Feldstärkekomponenten bestimmen zu können. Hierbei ist besonders wichtig, dass sowohl beim waagerechten als auch beim senkrechten Scanvorgang die gleiche Zeitbasis genutzt wird. Die ersten Messungen mit der modifizierten E-Feldsonde in der Hochspannungshalle dienen zur Überprüfung der Simulationsergebnisse und gleichzeitig als Sondentest zur zeitlichen Zuordnung der Phasenlagen der Feldstärkekomponenten.

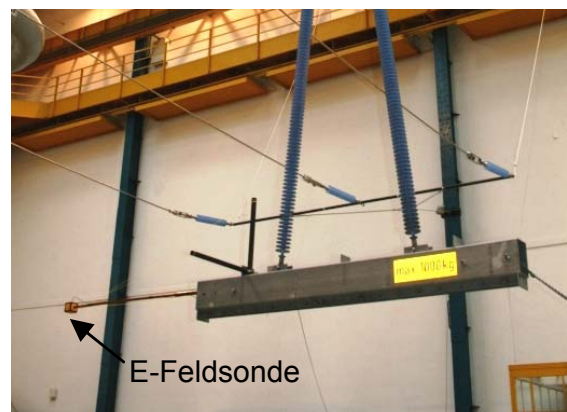
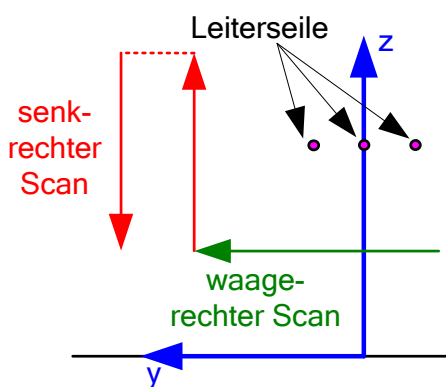


Bild 1: Verdeutlichung des Scanvorgangs

Bild 2: Versuchsaufbau

Der Ausleger der Betonpumpe wird mit einem Stahlträger nachgebildet. An diesem ist die E-Feldsonde über ein 2 m langes Isolierrohr befestigt (Bild 2).

Die Leitungsnachbildung besteht aus 3 je 10 m langen Leiterseilen, deren Abstand auf 3 m, 1,5 m und 0,8 m eingestellt werden kann. Eingespeist wird ein Drehstromsystem mittels dreier Prüftransformatoren. Die Leitung wurde mit den Spannungen 110 kV, 20 kV und 3,8 kV gespeist, wobei letztere der kleinsten einstellbaren Spannung entspricht. Die untersuchten Anordnungen wurden unter Berücksichtigung der Gegebenheiten in der Hochspannungshalle ebenfalls durch Simulationen berechnet. Bei dieser Modellanordnung ist im Vergleich mit einer späteren Anwendung an einer Betonpumpe mit folgenden zusätzlichen Fehlerquellen zu rechnen:

- näherungsweise Bestimmung der jeweiligen Messorte im Sekundenabstand
- vierfache Geschwindigkeit der Messsonde beim Scanvorgang
- Schwingen und Pendeln des Trägers mit der Sonde

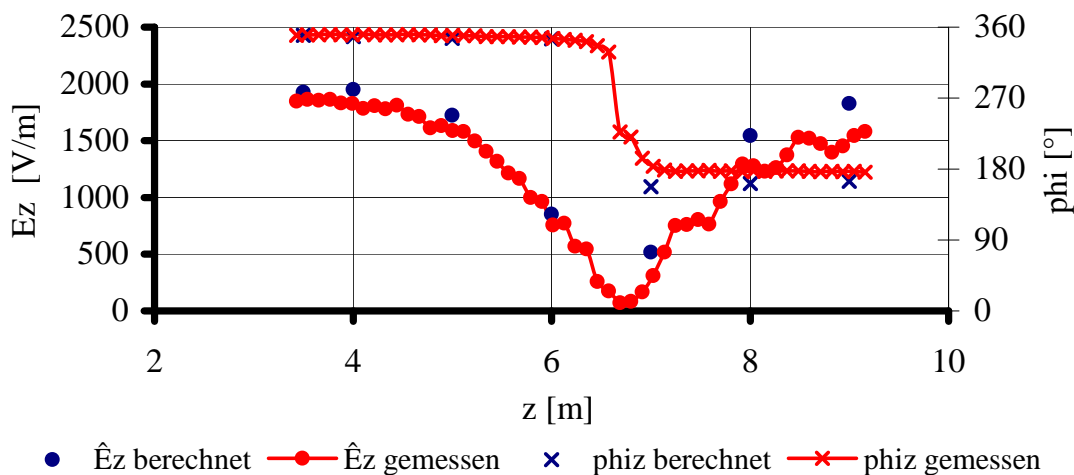


Bild 3: Feldstärkekomponente E_z des Scanvorgangs senkrecht neben der 110-kV-Leitung in 3 m Abstand zum äußeren Leiterseil

Die Auswertung der ersten Messungen zeigt, dass beim senkrechten Scanvorgang für alle Leiteranordnungen die Werte für die Feldstärkebeträge sowie die Phasenlagen aus der Messung gut mit den simulierten Ergebnissen übereinstimmen (Bild 3).

Für die weitere Arbeit liegen die Schwerpunkte auf Feldmessungen an einer Testleitung hinter der Hochspannungshalle, dem Testen des Zusammenspiels zwischen dem von SMT entwickelten Steuerrechner und der E-Feldsonde sowie der Zuordnung der Sondenpositionen mit Hilfe der Sensorik einer Betonpumpe.

[1] Jahresbericht 2005, TU Dresden, IEEH

[2] Jahresbericht 2006, TU Dresden, IEEH



Sven Höpfner, Dipl.-Ing.

Mögliche Einflüsse von Stromharmonischen auf die Lichtbogenlöschung von einpoligen Erdfehlerlichtbögen in gelöschten MS-Verteilungsnetzen

Ist der Pegel von Harmonischen des einpoligen Erdfehlerlichtbogens bekannt, muss eine Abschätzung der Löschwahrscheinlichkeit möglich sein.

Vorraussetzung hierfür ist eine Berechnung der Stromharmonischen aus den Spannungsharmonischen und der Netztopologie. Ein Verfahren zur Abschätzung der Pegel der Stromharmonischen im einpoligen Erdfehlerfall wurde entwickelt [1][2]. Für die durchgeführten Variantenuntersuchungen wurde ein MS-Verteilungsnetz in ATP/EMTP modelliert [1][2] und die harmonischen Ströme wurden an zwei Netzpunkten eingespeist. Die in den Normen [4] festgeschriebenen maximalen harmonischen Spannungspegel (Tabelle 1) wurden an den meisten Sammelschienen erreicht. Weiterhin wurden die Strompegel soweit reduziert, dass sich die halben maximalen Spannungspegel an den Sammelschienen einstellen.

Tabelle 1: Maximale Harmonische der Leiter-Leiter-Spannung in MS-Verteilungsnetzen [4]

UN = 20 kV	Grenzwerte	Grenzwerte
Harmonische	U/UN [%]	U [kV]
3.	5.0%	1.0
5.	6.0%	1.2
7.	5.0%	1.0
9.	1.5%	0.3

Sind die Pegel der Stromharmonischen an den möglichen Fehlerstellen des MS-Verteilungsnetzes durch Berechnung bekannt, interessieren die möglichen Auswirkungen dieser Stromharmonischen auf das Löschverhalten des einpoligen Erdfehlerlichtbogens.

Um systematische Aussagen zum Löschverhalten von einpoligen Erdschlusslichtbögen machen zu können, wurde ein am IEEH entwickeltes Lichtbogenmodell für frei brennende Erdschlusslichtbögen verwendet [3]. Mit diesem in ATP/EMTP implementierten Lichtbogenmodell wurden Simulationsrechnungen durchgeführt.

Zwei Annahmen wurden zu Beginn der Untersuchungen aufgestellt. Zum einen tragen die Harmonischen im einpoligen Erdschlussreststrom durch die zusätzlichen Nulldurchgänge zum schnellen Verlöschen des Erdschlusslichtbogens bei und zum anderen wird durch den höheren Effektivwert das Löschverhalten negativ beeinflusst.

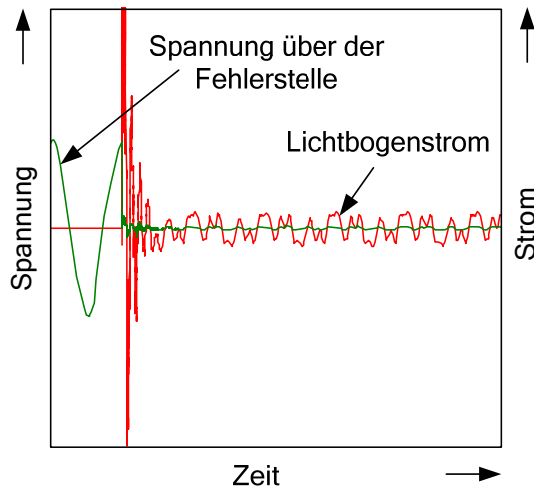


Bild 1: simulierter nicht verlöschender Erdfehlerlichtbogen

Ein simulierter Strom/Spannungsverlauf eines nicht verlöschenden einpoligen Erdfehlerlichtbogens ist in Bild 1 zu sehen. Es wurden die maximal zulässigen Strompegel der 3., 5., 7. und 9. Harmonischen eingespeist. Das MS-Verteilungsnetz ist 10 % überkompensiert betrieben und der Lichtbogenfehler wurde im Spannungsmaximum zugeschaltet. Ein Auszug der systematischen Untersuchungsergebnisse ist in Tabelle 2 dargestellt. In dem untersuchten MS-Verteilungsnetz konnten die genannten Annahmen bestätigt werden. Die Harmonischen im Erdschlussreststrom tragen zum schnellen

Verlöschen des Lichtbogens bei bzw. zögern dieses nicht hinaus, solange ein noch zu bestimmender Effektivwert des einpoligen Fehlerstromes nicht überstiegen wird. Beim Überschreiten dieses Effektivwertes kommt es zum Wiederzünden des verloschenen Lichtbogens bzw. zum Dauererdschluss.

Tabelle 2: Ausgewählte Beispiele der Lichtbogensimulationen bei der Einspeisung von verschiedenen Pegeln von Stromharmonischen

Eingespeiste Harmonische Ströme	jeweiliger Pegel der Spannungsharmonischen	Brenndauer [s]
keine Harm.	0 U_{Vmax}	0,018
5.	0,5 U_{Vmax}	0,017
3., 7.	0,5 U_{Vmax}	0,015
3., 5., 7., 9.	0,5 U_{Vmax}	0,014
5.	1 U_{Vmax}	0,017
3., 7.	1 U_{Vmax}	kein Verlöschen
3., 5., 7., 9.	1 U_{Vmax}	kein Verlöschen

- [1] Höpfner, S.; Schegner, P.: Beitrag zur Beurteilung der Löschung von Erdschlusslichtbögen unter besonderer Berücksichtigung der Harmonischen. Internationaler ETG-Kongress 2007, Karlsruhe 23.-24. Oktober 2007
- [2] Höpfner, S.; Schegner, P.; Banda, M.: Verification of network equivalents for the calculation of harmonics in the residual current by ATP/EMTP simulation. EEUG-Meeting 2007, European EMTP-ATP Conference, Leon/Spain, 24.-27. September 2007; Proceedings S. 159-170
- [3] Höpfner, S.; Schegner, P.; Seifert, O.; Zickler, U.: Modellierung von frei brennenden Erdschlusslichtbögen. etz, Ausgabe 3/2007, S. 62-67
- [4] D-A-CH-CZ Technische Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen; VWEW Energieverlag GmbH Frankfurt a.M., Deutschland, 2007



Jörg Dickert, Dipl.-Ing.

Untersuchung zur Genauigkeit von Stromwandlern bei kleinen Strömen

Stromwandler dienen als Schnittstelle zwischen der Primärtechnik und der Mess- und Schutztechnik. Sie lassen sich je nach Aufgabengebiet in Wandler für Mess- und Schutzzwecke aufteilen. Die Unterschiede bei konventionellen Wandlern mit Eisenkern liegen dabei in den Genauigkeitsanforderungen im Übertragungsbereich und der sättigungsfreien Übertragungszeit bei hohen Strömen.

Die sättigungsfreie Übertragungszeit der Wandler wird durch die Vormagnetisierung, welche durch das Remanenzniveau charakterisiert wird, beeinflusst. Das Remanenzniveau führt zudem zu einem veränderten Magnetisierungsstrom. Dieser kann besonders bei kleinen Betriebsströmen zu einem größeren Betragsfehler der Stromübersetzung des Wandlers führen.

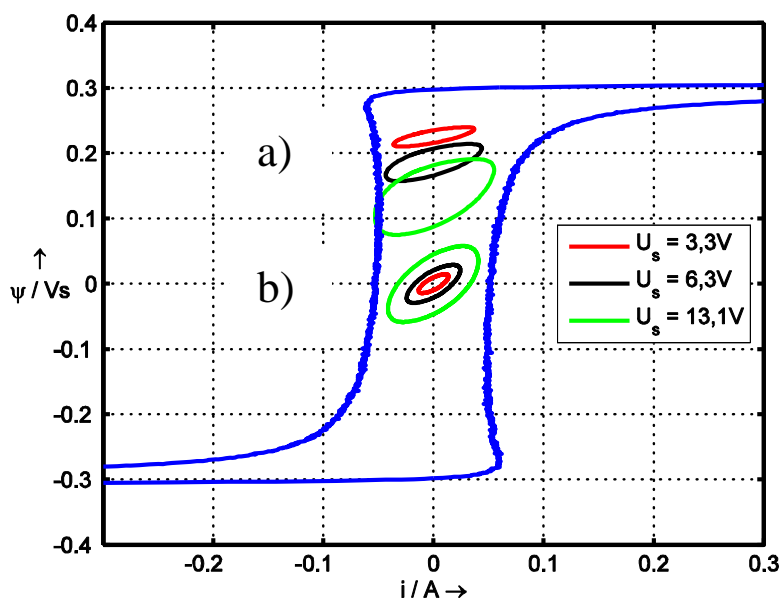


Bild 1: Kleine Hystereseschleifen bei unterschiedlicher Belastung (Spannungsabfall U_s über Bürde) Ausgehend von den Remanenzniveaus:
a) Vormagnetisiert bis zur pos. Sättigung
b) Entmagnetisiert

In Bild 1 sind Remanenzniveaus mit $\psi = 0 \text{Vs}$ (nach Entmagnetisierung) und $\psi = 0,22 \text{Vs}$ (nach positiver Sättigung) eines Stromwandlers dargestellt. Zur Veranschaulichung ist zudem die Hystereseschleife bei Aussteuerung bis zur positiven und negativen Sättigung gezeigt. Es ist deutlich zu sehen, dass die kleinen Hystereseschleifen bei gleicher Belastung U_s eine unterschiedliche Neigung sowie Flächeninhalt bei den zwei Remanenzniveaus aufweisen. Daher kann man davon ausgehen, dass sich der Übertragungsfehler bei verschiedenen Remanenzniveaus ändert. Bei einem hohen Remanenzniveau ist dieser größer als nach einer Entmagnetisierung. Dies ist von Bedeutung, da der vom Kurzschlussstrom möglicherweise vormagnetisierte Eisenkern des Stromwandlers durch den Betriebsstrom nicht entmagnetisiert wird und damit der Übertragungsfehler dauerhaft erhalten bleibt.

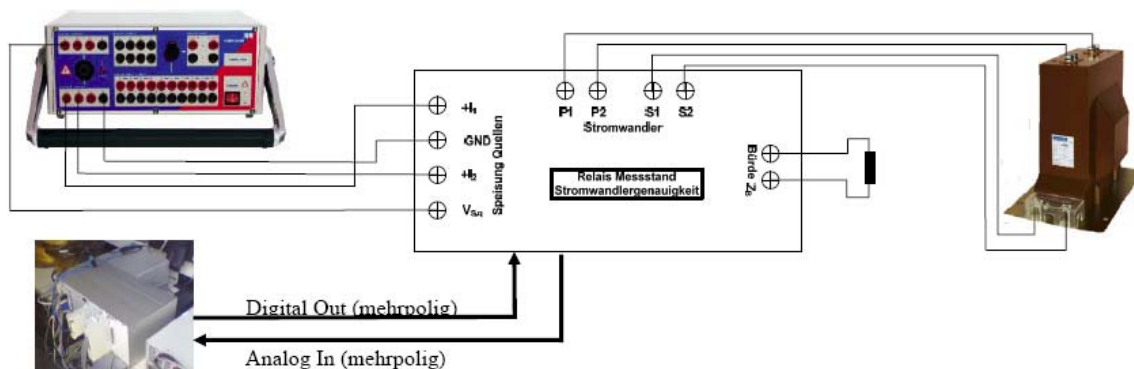


Bild 2: Konzept des Messaufbaus mit Signalquelle, Messrechner, Stromwandler und Relaismodul

In Bild 2 ist der Messaufbau für die Bestimmung der Messgenauigkeit von Stromwandlern bei kleinen Strömen dargestellt. Der Messablauf und die Auswertung erfolgen nach der Verbindung der Signalquelle, des Messrechners und des Stromwandlers an das Relaismodul automatisiert. Dabei werden folgende Schritte durchlaufen:

- Einstellung eines definierten Remanenzniveaus (Entmagnetisierung, positive oder negative Remanenz)
- Einspeisen des Primärstroms und Messung des Sekundärstroms
- Messung des verbleibenden Remanenzniveaus zur Kontrolle

Besonders anspruchsvoll ist die Messung des sekundärseitigen Stroms, da dieser sehr klein ist und ein großer Messbereich für Messungen an verschiedenen Wandlern abgedeckt werden muss. Der automatisierte Messablauf erlaubt es, mit wenig Aufwand die Gesamtmessabweichung für verschiedene Belastungsvarianten aufzunehmen.

Erste Auswertungen haben gezeigt, dass sich die Gesamtmessabweichung bei Remanenz erhöht. Zudem vergrößert sich die Messabweichung bei Erhöhung der Bürde.



Etienne Gasch, Dipl.-Ing.

Konzeption eines geräteunabhängigen zentralen Systems zur Bewertung der Spannungsqualität nach EN 50160

Die Überwachung der Spannungsqualität nach EN 50160 wird zunehmend mit größerem Umfang betrieben. Einerseits sind Energieversorgungsunternehmen (EVU) an der Erfassung des aktuellen Zustandes und der Trendentwicklung interessiert. Andererseits führen Regulierungsbehörden in Europa umfangreiche Messprogramme durch (z. B.: 600 Messpunkte in Italien; 400 Messpunkte in Ungarn). Für eine derart hohe Anzahl an Messpunkten ist eine hohe Anzahl an Messgeräten notwendig, deren aufgezeichnete Daten zentral verwaltet und ausgewertet werden. Messprogramme stellen dabei hohe Anforderungen sowohl an die Vergleichbarkeit der erfassten Rohdaten als auch an die Vergleichbarkeit der daraus berechneten Indizes. Den Anforderungen an vergleichbare Rohdaten wird durch Messgeräte gemäß IEC 61000-4-30 Klasse A entsprochen. Diese können zur Auswertung der Spannungsqualität nach EN 50160 genutzt werden. Einfache, automatische und übersichtliche Auswertung und eine einheitliche Parametrierung vereinfachen die Handhabung komplexer Messsysteme für die EVU erheblich. Dies kann derzeit nur durch den Einsatz baugleicher Messgeräte gewährleistet werden. Jeder Messgerätehersteller hat zumeist sein eigenes Format und dazu seine eigene Auswertesoftware. Ebenso können verschiedene Messgeräte eines Herstellers unterschiedliche Datenformate besitzen. Dies kann u. a. durch Weiterentwicklung von Hard- und Software begründet sein. Für eine effiziente Bewertung der Spannungsqualität und um die Anwendung unterschiedlicher Parametriersoftware zu vermeiden, müsste das EVU derzeit einen Messgerätetyp für alle Messstationen verwenden.

Ein Einsatz verschiedener Messgeräte lässt sich auf Dauer nicht vermeiden. Gründe dafür sind u. a. verschiedene Voraussetzungen am Installationsort oder die begrenzte Lebensdauer der Messgeräte. Einzelne Messgeräte müssen zum Beispiel wegen Defekts ersetzt werden. Auf Grund vorgegebener Budgets können nicht alle Geräte auf einmal ersetzt werden und es kommt zwangsläufig zum Einsatz verschiedener Messgerätetypen, wenn die ursprünglich eingesetzten Messgeräte auf dem Markt nicht mehr verfügbar sind oder neuen Anforderungen (z. B. Oberschwingungsmessung nach EN 61000-4-7) nicht genügen. Die Kostenoptimierung kann auch dazu führen, dass an einzelnen Standorten Geräte eingesetzt werden (z. B. Zähler), welche die Spannungsqualitätsmessung als zusätzliche Funktion integrieren.

Aus diesem Grund ist es notwendig, eine untereinander vergleichbare Datenbasis zu schaffen. Dies ermöglicht eine geräteunabhängige Auswertung. Für das am Institut entwickelte Konzept werden die Messdaten aus den unterschiedlichen Messgeräten durch einen messgerätespezifischen Softwarefilter in eine einheitliche Datenbank geschrieben. Auf diese Datenbank kann jede daran angepasste Auswertesoftware zugreifen. Der Zugriff auf die Datenbank ist firmenweit über LAN oder weltweit über WAN möglich.

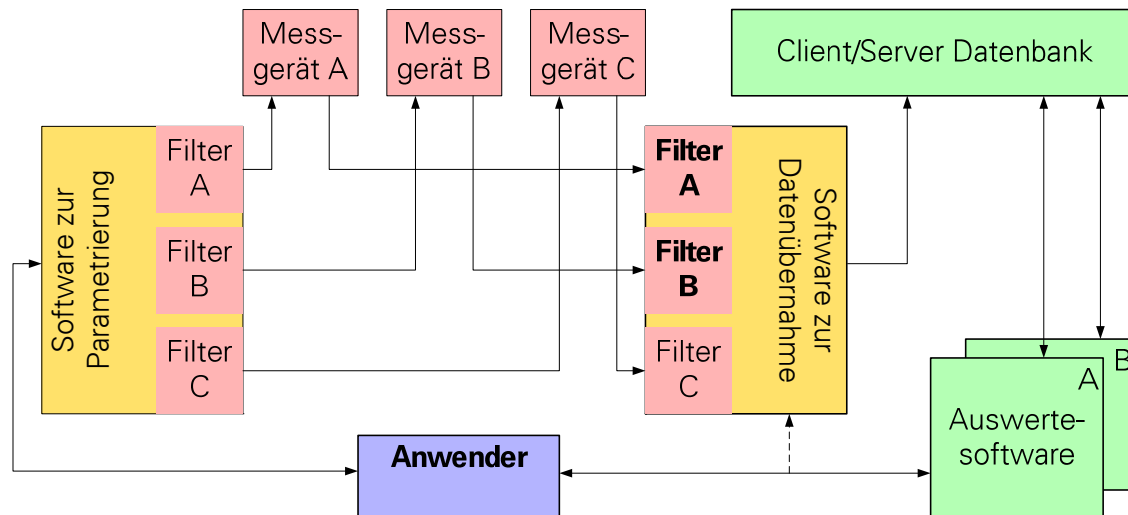


Bild 1: Konzept eines geräteunabhängigen Systems zur Erfassung der Spannungsqualität

Neben einer Client-/Serverdatenbank basierend auf ORACLE und einer entsprechenden Auswertesoftware, welche automatisiert Auswerteprotokolle entsprechend EN 50160 erstellt, wurde am Institut eine Datenübernahmesoftware entwickelt, die verschiedene Softwarefilter entsprechend dem Konzept nach Bild 1 enthält.

- XML-Formate
- PQDIF-Austauschformat (IEEE Standard)
- Herstellereigene Datenformate
- Spannungsqualitätsmessdaten aus Zählern

Eine weitere Verbesserung und Vereinfachung der Messdatenanalyse kann durch eine standardisierte Schnittstelle der Messgeräte erreicht werden.



Jan Meyer, Dr.-Ing.

Entwicklung eines Prüfsystems zur Verifikation der Genauigkeit von Elektroenergiequalitäts-Messgeräten

Strom- und Spannungsqualität werden unter dem Begriff Elektroenergiequalität zusammengefasst. Diese werden durch eine Vielzahl verschiedener Kenngrößen beschrieben. Es ist zwischen verlaufsorientierten Kenngrößen (z. B. Harmonische, Unsymmetrie) und ereignisorientierten Kenngrößen (z. B. Spannungseinbruch, kurzzeitiger Überstrom) zu unterscheiden. Während die Bewertung der Störaussendung einzelner Geräte und Anlagen hauptsächlich auf einer Analyse der Stromqualität beruht, sind für die Beurteilung der Qualität im Netz die Kenngrößen der Spannungsqualität maßgebend.

Wichtige Aspekte bei Spannungsqualitätsmessungen sind die Genauigkeit der eingesetzten Messgeräte, die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sowie deren Reproduzierbarkeit, insbesondere dann, wenn Messgeräte verschiedener Hersteller bzw. Typen zum Einsatz kommen. Die Anforderungen an solche Messgeräte sind in der Norm EN 61000-4-30 spezifiziert, welche zwischen Geräten der Klasse A (besonders hohe Genauigkeit, Referenzmessungen) und Klasse B (Übersichtsmessungen) unterscheidet.

Für die umfassende Verifikation der korrekten Funktionsweise von Spannungsqualitätsmessgeräten, speziell im Hinblick auf deren Verwendung im Rahmen größerer Messprogramme zur Bewertung der Spannungsqualität nach DIN EN 50160, ist die Entwicklung einer komplexen und zugleich flexiblen Prüfumgebung erforderlich, deren prinzipiellen Aufbau Bild 1 zeigt.

Das Prüfsystem ist konzipiert für Prüfungen mit:

- a) konstantem Prüfparameter ohne Beeinflussungsgrößen
(z. B. nur 5 % 5. Spannungsharmonische)
- b) konstantem Prüfparameter mit Beeinflussungsgrößen
(z. B. 5 % 5. Spannungsharmonische bei 2 % Spannungsunsymmetrie)
- c) zeitlich veränderlichem Prüfparameter ohne Beeinflussungsgrößen
(z. B. 5. Spannungsharmonische im Bereich 2 % bis 6 % für 1 Woche)
- d) zeitlich veränderlichem Prüfparameter mit Beeinflussungsgrößen
- e) gemessenen oder simulierten Zeitverläufen
(z. B. AWE-Zyklus nach Kurzschluss im Netz)

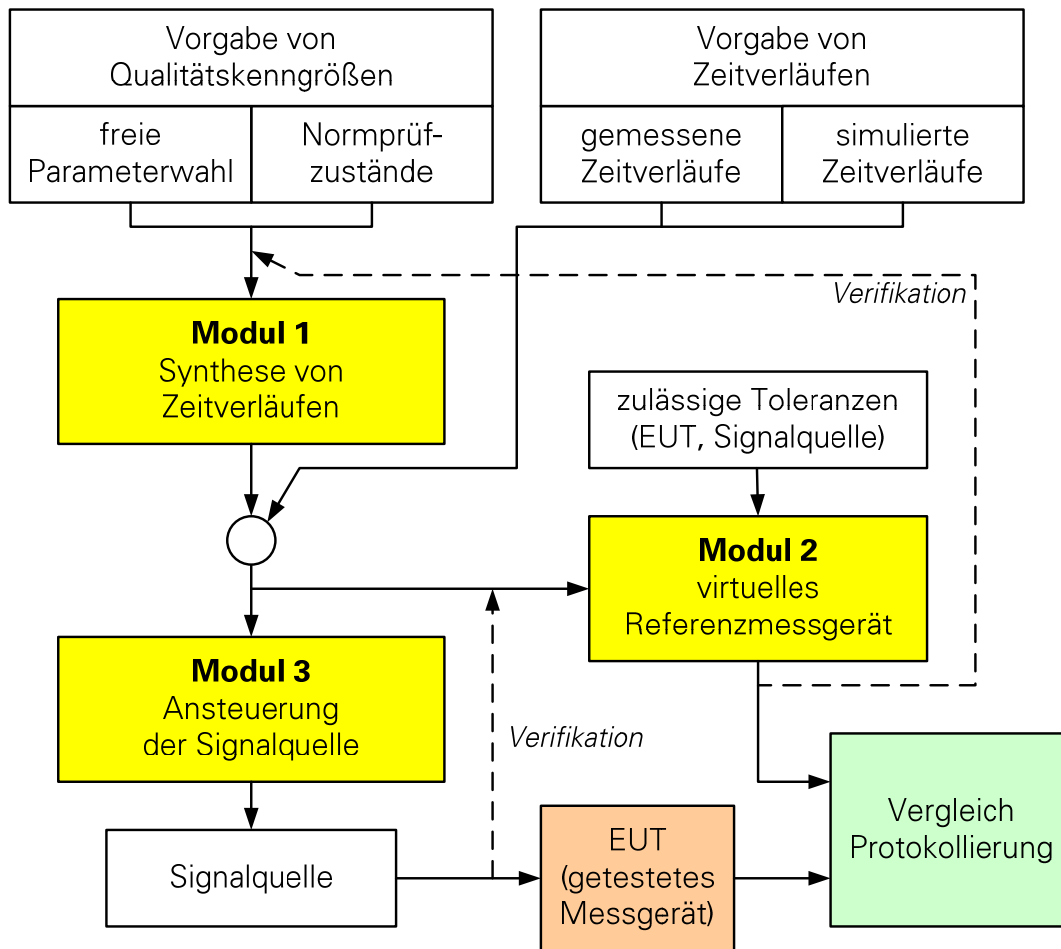


Bild 1: Aufbau des Prüfsystems für Spannungsqualitätsmessgeräte

Während die Punkte a) und b) vorrangig die Genauigkeit der Messwertaufnahme selbst überprüfen, kann mit zeitveränderlichen Parametern (Punkte c) und d)) die korrekte Funktionsweise der anschließenden statistischen Bewertung verifiziert werden. Die Überprüfung der korrekten Erfassung ereignisorientierter Kenngrößen erfolgt durch direkte Ausgabe simulierter Zeitverläufe. Die Überprüfung des Markierungskonzeptes nach DIN EN 61000-4-30 ist damit ebenfalls möglich.

Alle erforderlichen Sollwerte werden durch ein virtuelles Referenzmessgerät unter Einbeziehung der zulässigen Gerätetoleranzen berechnet. Abschließend werden die vom getesteten Messgerät gelieferten Istwerte mit den berechneten Sollwertbereichen verglichen.

Neben einem unabhängigen Vergleich der Genauigkeit verschiedener am Markt erhältlicher Messgeräte soll das Prüfsystem bereits bei der Entwicklung von Messgeräten unterstützen. Eine Erweiterung auf Genauigkeitsprüfungen für Kenngrößen der Stromqualität und geforderte Mechanismen der Zeitsynchronisation ist geplant.



Jörg Meyer, Dipl.-Ing.

Einsatz von Distanzschutzeinrichtungen in der Niederspannung

1. Zeitliches Verhalten der Impedanz des Schaltlichtbogens von strombegrenzenden Niederspannungsleistungsschaltern

Der zeitliche Verlauf der Spannung über dem Schaltkontakt des schaltenden strombegrenzenden Niederspannungsleistungsschalters kann, während des Aufbaus des Schaltlichtbogens also in der Zeit von der Kontaktöffnung bis zum Einlaufen des Schaltlichtbogens in die Löschbleche, mit folgender Funktion beschrieben werden.

$$u_{sk}(t) = R(t) \cdot i(t) + \text{sign}[i(t)] \cdot U_{AK}$$

Wobei $R(t)$ den zeitveränderlichen Widerstand des Schaltlichtbogens beschreibt und einen signifikanten Verlauf aufzeigt. Zu Beginn des Ausschaltvorganges, also unmittelbar nach der Kontaktöffnung, ist der Anoden-Kathodenspannungsfall des Lichtbogens U_{AK} erkennbar.

2. Algorithmen zur Erkennung des Schaltvorganges

Bekannte Distanzschutzalgorithmen, basierend auf der Lösung der Differenzialgleichung 1. Ordnung des einfachen Leitungsmodells, wurden um den zeitvarianten Resistanzanteil des Schaltlichtbogens erweitert. Damit konnte ein Algorithmus entwickelt werden, der direkt aus den abgetasteten Strom- und Spannungswerten den Schaltlichtbogen des nachgeordneten Schalters erkennt.

3. Simulationsumgebung zum Test der Algorithmen

Zum Test des neu entwickelten Algorithmus ist zunächst eine Vielzahl von Simulationen notwendig. In den Simulationen sollen Strom- und Spannungswerte berechnet werden, auf die der Algorithmus angewendet wird und dessen Reaktion überprüft werden muss. In folgender Abbildung ist das im Simulationstool Matlab/Simulink erstellte Modellnetz zur Variantenuntersuchung verschiedener Betriebsmittelparmeter und Fehlerfälle dargestellt.

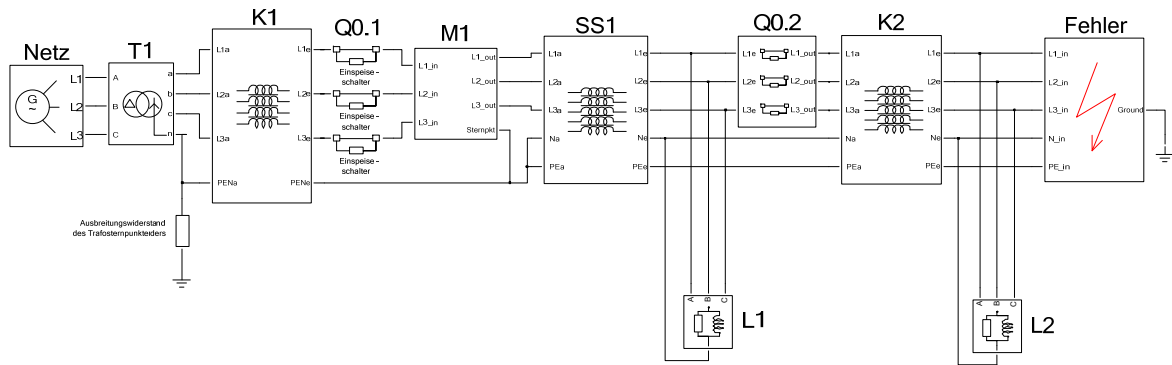


Bild 1: Modellnetz zum Algorithmtest (Abkürzungen siehe Text)

Dabei wird ausgehend vom übergeordneten Mittelspannungsnetz (Block: *Netz*) über einen Mittel-Niederspannungstransformator (Block: *T1*) auf die Sammelschiene der Niederspannungsverteilung (Block: *SS1*) eingespeist. Die Verbindung vom Transformator zur Schaltanlage erfolgt über das Modell eines symmetrisch induktiv verketteten 4-Leiter-Niederspannungskabels (Block: *K1*) und einem Niederspannungseinspeiseschalter (Block: *Q0.1*). In dem folgenden Block (Block: *M1*) werden Strom- und Spannungsverläufe digitalisiert und aufgezeichnet. Die Sammelschiene wird über ein induktiv verkettetes 5-Leitermodell simuliert, wobei eine unsymmetrische Verkettung der Schienen berücksichtigt wurde (Block: *SS1*). Die Ermittlung der Koppelreaktanzen erfolgte durch eine Berechnung mit einem Feldberechnungsprogramm. Das Modell des Leistungsschalters mit Schaltlichtbogen ist im Block Abgangsschalter mit Schaltlichtbogen implementiert. Die Simulation verschiedenster Fehlerarten und Fehlereintrittszeitpunkte erfolgt mit dem Block: *Fehler*. Verschiedene Fehlerentfernungen werden mit dem wiederum symmetrisch verketteten Modell eines 5-Leiter-Niederspannungskabels nachgebildet (Block: *K2*). Mit den beiden Belastungsblöcken können verschiedene Vorbelastungen der nicht dargestellten parallelen Abgänge der Schaltanlage und des betroffenen Abgangs berücksichtigt werden (Block: *L1* u. *L2*). Weitere Untersuchungen zum Verhalten des Algorithmus mit weiteren typischen Belastungen wie Motoren, Kompensationsanlagen und dgl. sollen noch folgen.



Philipp Stachel, Dipl.-Ing.

Automatisierte Segmentierung digitaler Stördatenaufzeichnungen mit Hilfe adaptiver Schwellwerte

Moderne digitale Schutzgeräte besitzen meist eine Störschreiberfunktion, welche eine nachträgliche Analyse des Netzereignisses (Kurzschluss, Automatische Wiedereinschaltung AWE, Rush, ...) anhand der aufgezeichneten analogen Strom- und/oder Spannungsverläufe sowie binärer Signale ermöglicht.

Aufgrund der großen Anzahl an Aufzeichnungen komplexer Netzereignisse (z. B. Orkantief Kyrill) ist die unterstützende automatisierte Analyse solcher Stördatenaufzeichnungen notwendig. Die Datenanalyse wird zurzeit manuell von geschultem Personal (zeitaufwändig) durchgeführt.

Für die Ermittlung der Art des Ereignisses ist es notwendig, die aufgezeichneten Zeitverläufe in Vorfehler, Fehler und Folgefehler zu segmentieren. Das Auffinden von Segmentgrenzen anhand analoger Signale kann durch geeignete digitale Filter erfolgen. Die lineare Prädiktion (LPC) und die Wavelet-Transformation (WT) haben sich als günstige Filter für diese Aufgabe erwiesen.

- a) Lineare Prädiktion: Der Signalverlauf $\hat{s}(k+m)$ $m=1,2,K$ wird aufgrund der bekannten $\underline{s}(n)$ $n=1,2,K$, k mit Hilfe eines linearen Modells 4. Ordnung geschätzt. Der Prädiktionsfehler berechnet sich zu $x = |\underline{s} - \hat{s}|$. (vgl. Bild 1)
- b) Wavelet-Transformation: Der Betrag des ersten Hochpasssignals d_1 des mit dem Daubechie 4 wavelettransformierten Signales s kann zur Segmentierung genutzt werden: $x = |d_1|$

Beide Methoden liefern Signale x , die bei Segmentgrenzen im analysierten Signal s mehr oder weniger stark ausgeprägte Maxima aufweisen.

Um zwischen echten Maxima und dem „Signalrauschen“ (aufgrund von Modellfehlern) sicher unterscheiden zu können, muss ein Schwellwert festgelegt werden. Untersuchungen mit realen Stördatenaufzeichnungen zeigten, dass ein globaler Schwellwert für lange Aufzeichnungen (z. B. bei AWE Vorgängen) ungeeignet ist.

Im Rahmen eines Forschungsaufenthaltes an der University of Adelaide wurde mit Prof. Zivanovic ein adaptives Verfahren zur Bestimmung der optimalen Breite eines Auswertefensters zur Berechnung des Schwellwertes ξ implementiert (Bild 1).

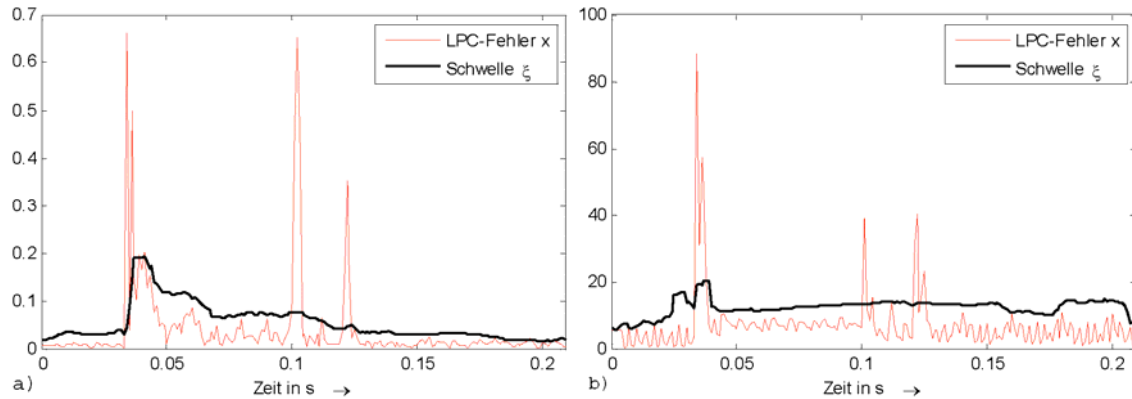


Bild 1: Adaptive Schwellwerte und LPC-Fehlersignale der Stromsignale a) und Spannungssignale b) eines Kurzschlussereignisses (vgl. auch Bild 2)

Das Verhältnis $r = x/\xi$ bietet eine quantitative Bewertung der Güte der Segmentierung. Durch Anwendung verschiedener signaltheoretischer Methoden (LPC, WT) auf unterschiedliche Signale \underline{s} (Ströme, Spannungen) erhält man eine Vielzahl von möglichen Segmenten, die im letzten Schritt zusammengefasst werden (Bild 2).

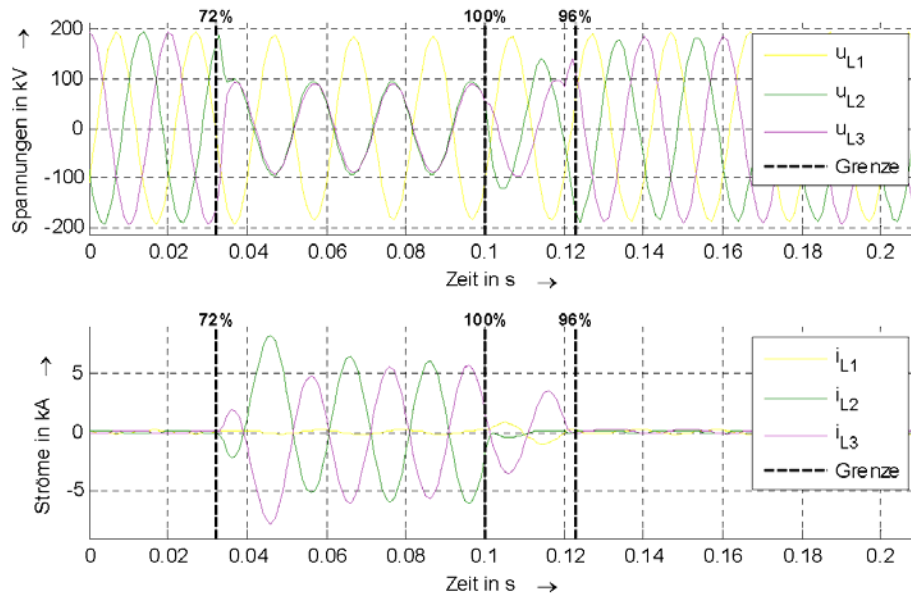


Bild 2: Segmentierte Spannungs- und Stromverläufe eines 2-pol. Kurzschlusses mit Angabe der Güte der Segmentgrenzen

Diplomarbeiten

Schwarz, Peter

Untersuchung der Genauigkeit von Power-Quality-Messgeräten und Entwicklung von Prüfalgorithmen zu deren vergleichender Bewertung

DA 04/2006 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Meyer)

Wachtel, Karin

Analyse von Störfallaufzeichnungen

DA 09/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. Ph. Stachel)

Studienarbeiten

Klatt, Matthias

Analyse von Störfallaufzeichnungen

SA 9/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. Ph. Stachel)

Weidner, Johannes

Erweiterung des automatischen Erdschlussauswerteprogramms „Erd“

SA 11/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. (FH) S. Höpfner)

Cialla, Björn

Auswertung von Störfallaufzeichnungen unter Berücksichtigung der Netztopologie

SA 14/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. Ph. Stachel)

Schult, Stefan

Aufbau einer Anordnung zur Messung der Stromwandlergenauigkeit

SA 1/2007 (Betreuer: Dipl.-Ing. J. Dickert)

Vogt, Steffen

Erstellung eines Modellnetzes auf Grundlage von statistischen Daten

SA 3/2007 (Betreuer: Dipl.-Ing. J. Dickert)

Vorträge

Meyer, Jan

Verfahren zur Bewertung der mittleren Spannungsqualität im Verteilungsnetz

VDN-Fachtagung „Versorgungs- und Spannungsqualität – Neue Herausforderungen durch knappe Budgets“, Karlsruhe, 06.-07.03.2007

Stachel, Philipp

Einsatz der Pendelsperre im Hochspannungsnetz

VDN/ETG-Fachtagung „Tutorial Schutz- und Leittechnik“, Dortmund, 20.-21.03.2007

Stachel, Philipp; Simon, R.

Nutzung von Schutzdaten für den Netzbetrieb

VDN/ETG-Fachtagung „Tutorial Schutz- und Leittechnik“. Dortmund, 20.-21.03.2007

Dickert, Jörg

Remanenz von Stromwandlern und deren Einfluss auf das Schutzsystem

VDN/ETG-Fachtagung „Tutorial Schutz- und Leittechnik“, Dortmund, 20.-21.03.2007

Gasch, Etienne

Analyse der Kohärenz zwischen Spannungsqualität und Netzstrukturmerkmalen

„8. Dresdner Kreis 2007“, Goslar, 29.-30.03.2007

Meyer, Jörg

Grundsatzuntersuchung zu Selektivität in Niederspannungsnetzen auf Basis einer Impedanzanalyse

„8. Dresdner Kreis 2007“, Goslar, 29.-30.03.2007

Meyer, Jan

Die 2. Ausgabe der Technischen Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen – Änderungen zur 1. Ausgabe –

Frühjahrssitzung des AK „Netzurückwirkungen“ im VDE-BV Dresden, Hamburg, 11.-12.05.2007

Dickert, Jörg

Großstörungen in Elektroenergieversorgungsnetzen – Werden Vorfälle wie der 4. November 2006 zur Normalität?

OMICRON Anwendertagung 2007, Kassel, 22.05.2007

Forschung

Gasch, Etienne

A method for analysis of coherences between power quality and network characteristics in medium distribution networks

19. International Conference on Electricity Distribution CIRED,
Wien/Österreich, 21.-24.05.2007

Meyer, Jan

Spannungsqualität in Verteilungsnetzen

iMEAX Energietag 2007, Berlin, 27.06.2007

Meyer, Jan

Spannungsqualität im Spiegel der europäischen Regulierung

Tagung des ZVEI Fachverbandes „Starkstromkondensatoren“, Rathen
(Bastei), 25.09.2007

Stachel, Philipp

Automated Analysis of Disturbance Records

The University of Adelaide/Australien, 02.10.2007

Schegner, Peter

Sternpunktbehandlung und Erdung in Kabelnetzen

70. Kabelleseminar, Hannover, .09.-10.10.2007

Veröffentlichungen

Dickert, J.

CIGRE 2006 – Erfahrungsberichte von Jungingenieuren

Blackouts – Nachwuchsförderung – Schutz- und Leittechnik
etz Heft 1/2007, S. 66

Dickert, J.; Luxenburger, R.; Krebs, R.

Remanenz von Stromwandlern und deren Einfluss auf das Schutzsystem

VDN/ETG-Fachtagung „Tutorial Schutz- und Leittechnik“, Dortmund,
20.-21.03.2007, Tagungsband, S. 371-377

Stachel, P.; Simon, R.

Nutzung von Schutzdaten für den Netzbetrieb

VDN/ETG-Fachtagung „Tutorial Schutz- und Leittechnik“. Dortmund,
20.-21.03.2007, Tagungsband, S. 263-270

Stachel, P.

Einsatz der Pendelsperre im Hochspannungsnetz

VDN/ETG-Fachtagung „Tutorial Schutz- und Leittechnik“. Dortmund,
20.-21.03.2007, Tagungsband, S. 319-323

Dickert, J.; Schegner, P.

Großstörungen in Elektroenergieversorgungsnetzen – Werden Vorfälle wie der 4. November 2006 zur Normalität?

OMICRON Anwendertagung 2007, Kassel, 22.-23.05.2007, Tagungsband, S. 2.1-2.7

Gasch, E.; Meyer, J.; Schegner, P.; Schulze, L.

A method for analysis of coherences between power quality and network characteristics in medium distribution networks

19. International Conference on Electricity Distribution CIRED, Wien/Österreich, 21.-24.05.2007

La Seta, P.; Höpfner, S.; Schegner, P.; Kizilcay, M.

On-line Numerical Fourier Transform Model for ATP-EMTP Applications
EEUG-Meeting 2007, Leon/Spanien, 23.-27.09.2007

Höpfner, S.; Schegner, P.; Banda, M.

Verification of network equivalents for the calculation of harmonics in the residual current by ATP/EMTP simulation

EEUG Meeting 2007, Leon/Spanien, 23.-27.09.2007

Höpfner, S.; Schegner, P.

Beitrag zur Beurteilung der Löschung von Erdschlusslichtbögen unter besonderer Berücksichtigung der Harmonischen

ETG Kongress 2007, Karlsruhe, 22.-24.10.2007

Höpfner, S.; Schegner, P.; Seifert, O.; Zickler, U.

Modellierung von frei brennenden Erdschlusslichtbögen
etz, Heft 3/2007, S. 62-67

Meyer, J.

Elektroenergiequalität und elektromagnetische Verträglichkeit
ew Jg. 106 (2007), Heft 23, S. 60-63

Hochspannungstechnik

Im Bereich der Hochspannungstechnik sind es derzeit drei Schwerpunkte, die die Arbeiten am Institut bestimmen:

- Belastung von Isolierungen mit impulsförmigen Spannungen

Auf diesem Gebiet sind eine Vielzahl von Untersuchungen an Isolierungen elektrischer Maschinen ebenso zu nennen, wie Untersuchungen an Öl-Papier-Isolierungen.

- Arbeiten unter Spannung

Die Arbeit mit Grundlagenuntersuchungen für das AuS in Mittelspannungsanlagen knüpft an traditionell am Institut angesiedelte Forschung zum Arbeiten unter Spannung an und soll Erkenntnisse bringen, die im Bereich der Elektroenergieversorgung neue Technologien bei der Wartung und Instandhaltung ermöglichen, bei gleichzeitiger Erhöhung der Versorgungszuverlässigkeit.

- Elektrodenanordnungen für hohe Gleichspannungen

Hochspannungs-Gleichstromübertragungen (HGÜ) nehmen international immer mehr an Bedeutung zu. Für die Hersteller der Betriebsmittel sind experimentelle Grundlagenuntersuchungen und Tests an gefertigten Geräten und Komponenten ebenso wichtig wie Berechnungen für entsprechende Elektrodenanordnungen.



Solaiman Rahmoon, Dipl. Ing.

Einfluss der Öltemperatur auf das elektrische Verhalten der Windungsisolierung von Transformatoren

Bei Transformatoren, die in Voltage-Source-Konverterstationen eingesetzt werden, ist die auf die Isolierung einwirkende Belastung auf Grund der auftretenden Spannungsimpulse mit kleinen Anstiegszeiten um ein Vielfaches höher als bei rein sinusförmiger Wechselspannung. Durch die nichtlineare Spannungsverteilung in den Spulen wird dabei vor allem die Isolierung der Windungen der Spulen gegeneinander stärker beansprucht als bei sinusförmiger Spannung. Diesen Anforderungen muss die Windungsisolierung bei allen Umgebungsbedingungen, also auch bei erhöhter Temperatur, standhalten. Ansonsten kommt es zu unerwünscht hohen Teilentladungen oder sogar zum Durchschlag.

Der Einfluss der Öltemperatur auf die Öl-Papier-Isolierung soll bei Wechselspannung und verschiedenen Impulsbeanspruchungen untersucht werden. Die Experimente zur Ermittlung der Durchschlagspannung und der Teilentladungen wurden an dem typischen Modell der Windungsisolierung „isolierte Drähte gegeneinander“ durchgeführt (Bild 1).

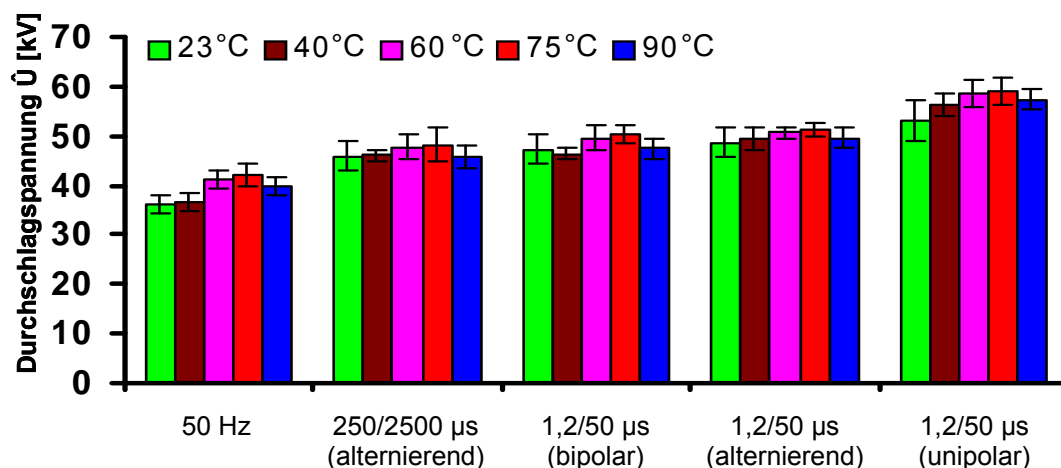


Bild 1: Durchschlagspannung der Anordnung „papierisolierte Drähte gegeneinander“ abhängig von der Spannungsart bei verschiedenen Öltemperaturen (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Die Durchschlagspannung wird bei allen Spannungsarten durch die Öltemperatur beeinflusst. Bei Raumtemperatur (23 °C) sind die geringsten Durchschlagspannungen gemessen worden. Dagegen zeigen sich im Vergleich bei 60 °C oder 75 °C heißem Öl ca. 10 bis 15 % höhere Durchschlagspan-

nungen. Bei 90 °C ist eine tendenzielle Abnahme der Durchschlagspannung zu verzeichnen.

Experimentelle Erfahrungen aus der Literatur ergeben bei 50 Hz Wechselspannung ebenfalls ein Maximum der Durchschlagfestigkeit von Öl im Bereich 60 °C bis 80 °C.

Die Temperatur des Öls hat einen entscheidenden Einfluss auf dessen physikalische und chemische Eigenschaften. Mit steigender Temperatur sind zwei Effekte zu beobachten. Zum einen nimmt die Viskosität ab, wodurch die Ladungsträgerbeweglichkeit im Öl zunimmt und damit die elektrische Festigkeit herabgesetzt wird. Zum anderen steigt die Lösungsfähigkeit des Öls für Wasser. Es ergibt sich eine Anhebung der Durchschlagspannung, da Reste von unter Umständen ungelösten Gasen und emulgiertem Wasser gelöst werden können. Bei Anstieg der Öltemperaturen von 23 °C bis 75 °C dominiert die bessere Löslichkeit und es kommt zu einem Anstieg der Durchschlagspannung. Steigt die Temperatur des Öls weiter auf 90 °C, bewirkt die geringere Viskosität eine höhere Ladungsträgergeschwindigkeit, die zu niedrigeren Durchschlagspannungen führt.

Die scheinbaren Ladungen der Teilentladungen wurden in Spannungssteigerungsversuchen abhängig von der Spannung bei 23 °C und 60 °C ermittelt (Bild 2). Bei erhöhter Temperatur (60 °C) tritt kein signifikanter Unterschied der TE-Einsatzspannung im Vergleich mit den Messungen mit 23 °C warmem Öl auf, jedoch ist eine Zunahme der TE-Intensitäten feststellbar.

Es ist zu sehen, dass die Entladungen bei 60 °C deutlich kräftiger sind, als bei 23°C. Dies könnte auf die geringere Viskosität des Öls bei 60 °C und damit auf die höhere Ladungsträgergeschwindigkeit im Vergleich mit 23 °C zurückgeführt werden. Die Temperaturerhöhung, die zur Zunahme der kräftigen TE führt, kann zur schnelleren Alterung des Öls und schließlich zum Durchschlag führen.

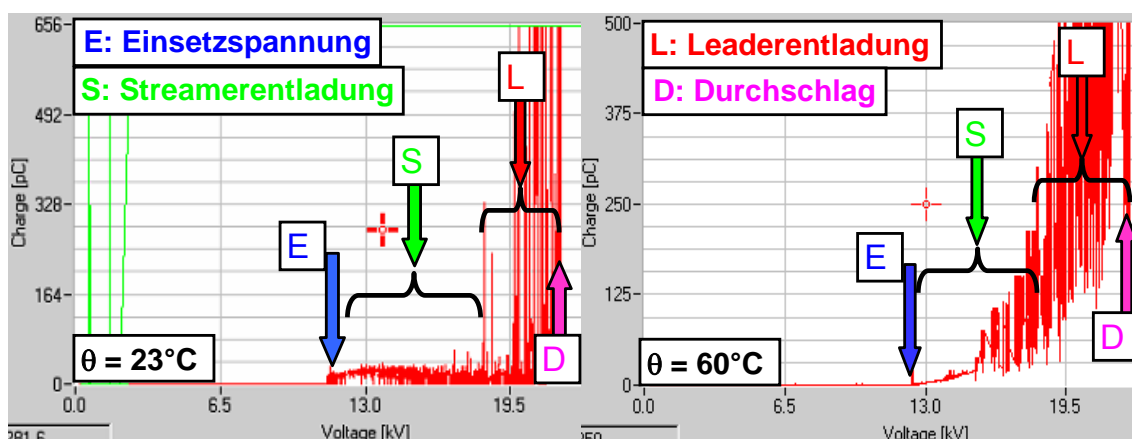


Bild 2: TE-Intensität der untersuchten Anordnung abhängig von der Spannung bei zwei Temperaturstufen 23 °C und 60 °C



Thomas Jordan, Dipl.-Ing.

Isoliervermögen und Stromtragfähigkeit eines neuen Überbrückungssystems für MS-Innenraumanlagen

Wartungsarbeiten unter Spannung an 20-kV-Mittelspannungsschaltgeräten waren bisher nur in einem begrenzten Umfang möglich. Zu einer vollständigen Wartung gehören auch das Reinigen der Kontakte und die Prüfung der Schaltfunktion der Schaltgeräte. Um das mit den Methoden des Arbeitens unter Spannung (AuS) durchführen zu können, ohne die Energieversorgung unterbrechen zu müssen, ist es notwendig, ein Überbrückungssystem einzusetzen.

Das Überbrückungssystem (ÜBS), das einen Bypass für das zu wartende Schaltgerät darstellt, muss unter Spannung stromtragend und kurzschlussfest in die Schaltanlage montiert werden. Es müssen also Überbrückungssicherheit, Dauerstromtragfähigkeit und Kurzschlussfestigkeit des ÜBS nachgewiesen werden.

Zum Anschluss des ÜBS ist es notwendig, mit metallenen Arbeitsköpfen (Anschlussklemmen) in die vorhandenen Leiter-Erde- und Leiter-Leiter-Isolierstrecken einzudringen. Es entstehen Mehrelektroden-Anordnungen, die das Isoliervermögen der Schaltanlage verändern. Für die Leiter-Leiter und Leiter-Erde-Isolierstrecke gibt es jeweils eine kritische Position der Anschlussklemme, in der das Isoliervermögen am geringsten ist. Für jede Anschlussklemme wurde die kritische Position (Bild 1) bestimmt und für die Anordnung die statistisch gesicherte Durchschlagwechselfspannung bestimmt. Das 5-%-Quantil der Durchschlagwechselfspannung darf nicht kleiner als 55 kV sein. Es ist maßgebend für die sicherheitstechnische Bewertung der Technologie.

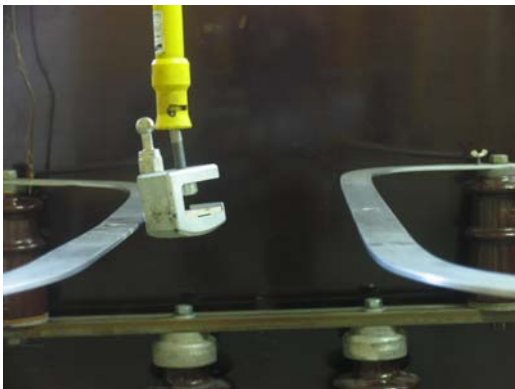


Bild 1: Anschlussklemme in kritischer Position in der Leiter-Leiter-Isolierstrecke

Die Dauerstromtragfähigkeit der Anschlussklemmen ist ebenfalls unter AuS-Bedingungen zu gewährleisten. Hierbei gilt es zu beachten, dass der Zustand der Anschlussstellen in der Schaltanlage, an welche die Anschlussklemmen montiert werden, sehr unterschiedlich sein kann. Die Klemmen müssen unter möglichst vielen Bedingungen (korrodierte oder unregelmäßig geformte Oberflächen, verschiedene Materialien) einen ausreichend geringen Verbindungswiderstand besitzen, um bei Belastung mit Betriebsstrom die maximale Übertemperatur für Verbindungen von z. B. 50 K nicht zu überschreiten. Zur Prüfung der Dauerstromtragfähigkeit wurde jede Klemme an eine Modellanschlussstelle montiert, mit dem Nennstrom von 250 A belastet und die Übertemperatur an der Verbindung gemessen. Der Verbindungswiderstand der Klemmenverbindung wurde variiert. Dabei wurden die Anzugsmomente und die Verbindungsoberflächen der Klemmen verändert. So konnte für jede Anschlussklemme die Übertemperatur abhängig vom Verbindungswiderstand bestimmt (Bild 2) und Aussagen über die Einsatzbedingungen jeder Anschlussklemme getroffen werden.

Die Kurzschlussstromfestigkeit wurde einphasig im Hochstromversuchsfeld des Institutes und dreiphasig im Hochleistungsprüffeld von RWE Eurotest in Dortmund geprüft. Bei einem Kurzschlussstrom von 16 kA für eine Dauer von 300 ms muss gewährleistet werden, dass es nicht zu einem Abreißen der Anschlussklemme kommt. Außerdem müssen alle anderen Anlagenteile des ÜBS den mechanischen Beanspruchungen im Kurzschlussfall ebenso standhalten.

Alle durchgeführten Untersuchungen und Prüfungen führten dazu, die endgültige Konstruktion der Anschlussklemmen festzulegen, welche die Anforderungen Überbrückungssicherheit, Dauerstromtragfähigkeit und Kurzschlussfestigkeit erfüllt.

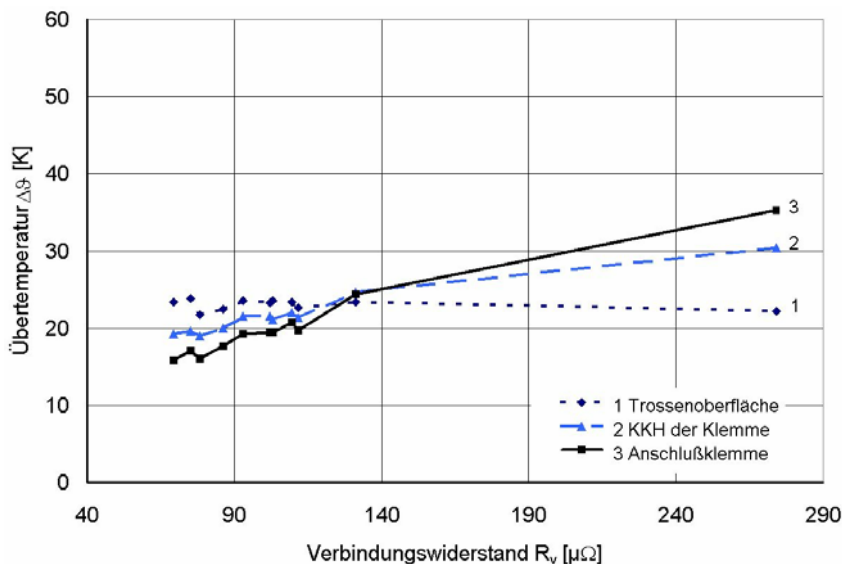


Bild 2: Übertemperatur der Trossenleitungsoberfläche, der Kugelkopfhaube (KKH) und der Anschlussklemme in Abhängigkeit vom Verbindungswiderstand für $I = 250$ A



Irina Ovsyanko, Dipl.-Ing.

Dimensionierung von großflächigen Elektroden in Luft für Anlagen der Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ)

Ein Problem für die Hersteller von Betriebsmitteln für HGÜ-Anlagen mit sehr hoher Nennspannung ist die optimale Dimensionierung von großflächigen Elektroden zur Feldsteuerung. Dabei interessiert neben den Abmessungen der Elektroden auch deren Anordnung.

Für die optimale Dimensionierung von großflächigen Elektroden für sehr hohe Gleichspannungen sind die bisherigen Kenntnisse nicht ausreichend. Deshalb soll das Entladungsverhalten von großflächigen Elektroden, wie Kugeln mit Kugeldurchmessern bis 500 mm und große Toroide mit Rohrdurchmessern über 100 mm, näher untersucht werden. Die Untersuchungen erfolgen hauptsächlich experimentell. Zusätzlich werden Berechnungen durchgeführt, um die Anwendbarkeit bekannter Feldberechnungsmethoden für die Dimensionierung von großflächigen Elektroden für hohe Gleichspannungen zu prüfen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Elektroden bei Nennspannung teilentladungsfrei sind.

Da die HGÜ-Anlagen jedoch auch extrem hohen Schaltspannungsbeanspruchungen unterliegen, wird das Entladungsverhalten auch bei dieser Spannungsart untersucht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Teilentladungen zugelassen, aber Durch- und Überschläge vermieden werden müssen. Da bei Schaltspannungsbeanspruchung meterlanger Luftisolierstrecken Leaderentladungen zünden, sind wegen ihres geringen Spannungsbedarfes besonders niedrige Durchschlagspannungen zu erwarten.

Bild 1 zeigt qualitativ die Höhe der Entladungsgrenzspannungen, Teilentladungs(TE)-Einsetzspannung U_e und Durchschlagspannung U_d einer großflächigen Elektrode und einer Spitze-Platte-Anordnung bei unterschiedlichen Elektrodenabständen und Beanspruchung mit Gleichspannung (DC) und Schaltspannung (SI). Aus dem Verlauf der TE-Einsetzspannung und der Durchschlagspannung sieht man zwei Bereiche, die bei der Dimensionierung derartiger Elektroden beachtet werden müssen.

Für kleine Elektrodenabstände ist die großflächige Anordnung schwach inhomogen, d. h. es treten keine TE auf. Die erste Zündung einer Streamerentladung führt sofort zum Durchschlag, weil die hohe mittlere Feldstärke im Moment der Zündung größer ist als der Spannungsbedarf der Vorentladung. Bei größeren Elektrodenabständen setzen stabile TE ein, die erst bei weiterer Spannungssteigerung zum Durchschlag führen. Bedingt durch

die unterschiedlichen Vorentladungen - bei DC Streamer-, bei SI Streamer-Leader-Entladungen - unterscheiden sich die Grenzspannungen großflächiger Elektroden im Übergangsbereich. Da sie von den Vorentladungen bestimmt werden, weichen sie jedoch kaum von den bekannten Grenzspannungen für Spitze-Platte ab.

Der Elektrodenabstand großflächiger Elektrodenanordnungen mit Schaltspannungsbeanspruchung muss auf der Grundlage des Schaltspannungspegels festgelegt werden. Die Form der Elektroden muss so ausgewählt werden, dass die Elektroden bei Gleichspannung TE-frei sind.

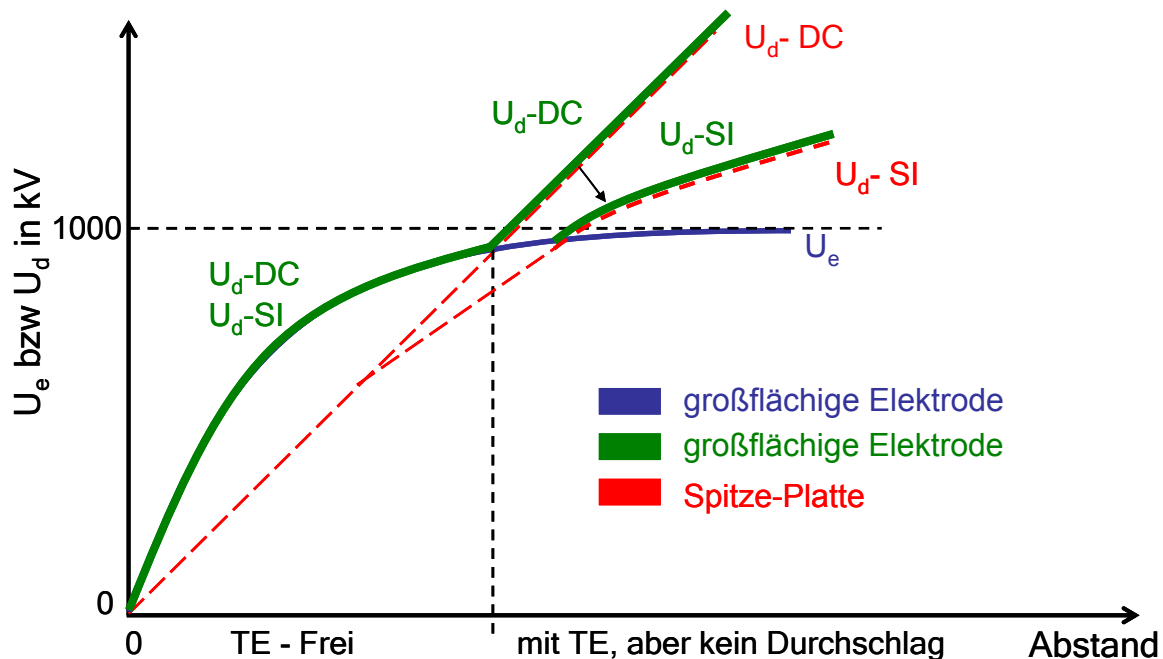


Bild 1: Prinzipieller Verlauf der Entladungsgrenzspannungen von großflächiger Elektrodenanordnungen und Spitze-Platte-Anordnungen bei Gleich- und Schaltspannung

Es muss außerdem betrachtet werden, dass die Entladungszündung an großflächigen Elektroden unter bestimmten Bedingungen schon bei niedrigeren Spannungen möglich sind. Ursache für niedrige Einsetzspannungen sind Oberflächenstörungen, die sich ständig (Mikrogeometrie) oder zeitweise (Regentropfen und Schmutzablagerung) an der Oberfläche der Elektroden befinden. Diese Oberflächenstörungen verursachen in räumlich eng begrenzten Gebieten des elektrodennahen Raumes Feldstärken, die ein Mehrfaches der Höchstfeldstärke des Elektrodengrundfelds betragen können. Sie setzen damit die TE-Einsetzspannung und u. U. auch die Durchschlagspannung herab. Um diesen Effekt zu untersuchen, soll die Entladungszündung an großflächigen Toroiden experimentell nicht nur im trockenen Zustand, sondern auch bei Beregnung ermittelt werden.

Forschung

Diplomarbeiten

Bergmann, Stefan

Ermittlung von Lebensdauer kennlinien und Teilentladungsverhalten von Öl-Feststoff-Isolierungen bei verschiedenen Ölspalten und Temperaturen

DA 02/2007 (Betreuer: Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. S. Rahmoon)

Studienarbeiten

Müller, Stefan

Elektrische Festigkeit von Öl-Lackdraht-Isolierungen bei Wechsel- und Impulsbeanspruchung

(Betreuer: Dipl.-Ing. S. Rahmoon)

Vorträge

Jordan, Thomas

Ermittlung der Gefährdungswahrscheinlichkeit für das Arbeiten unter Spannung in MS-Schaltanlagen

15. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau,
21.-23.06.2007

Ovsyanko, Irina

Entladungsverhalten von Elektrodenanordnungen bei hoher Gleichspannung

15. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau,
21.-23.06.2007

Rahmoon, Solaiman

Einfluss der Temperatur auf die elektrische Festigkeit von Windungsisolierungen in Öl

15. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau,
21.-23.06.2007

Veröffentlichungen

Bernauer, Chr.; Böhme, H.; Großmann, S.; Hinrichsen, V.; Kornhuber, S.; Markalous, S.; Muhr, M.; Strehl, Th.; Teminova, R.
Temperature measurement on overhead transmission lines (OHTL) utilizing surface acoustic wave (SAW) sensors
19. International Conference on Electricity Distribution CIRED,
Wien/Österreich, 21.-24.05.2007

Speck, J.; Großmann, S.; Kielmann, F.
Behaviour of the Stress Grading System in Converter Operated H. V. Machines
Symposium High Voltage Engineering, Ljubljana/Slowenien,
26.08.-01.09.2007

Rahmoon, S.; Speck, J.; Großmann, S.; Breiffelder, D.
Behaviour of the Oil-Paper-Winding-Insulation of Transformers
Symposium High Voltage Engineering, Ljubljana/Slowenien,
26.08.-01.09.2007

Jordan, Th.
Isoliervermögen und Stromtragfähigkeit eines neuen Überbrückungssystems für MS-Innenraum-Schaltanlagen
7. AuS-Fachtagung Arbeiten unter Spannung (AuS), Dresden,
19.-20.09.2007

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.



Robert Adam, Dipl.-Ing.

Untersuchungen zu den Verbindungswiderständen in Schaltgeräten der Niederspannungstechnik

Strombahnen in Schaltgeräten der Niederspannungstechnik bestehen aus vielen Einzelbauteilen, die durch stromtragfähige Verbindungen miteinander zu einer Gesamtstrombahn zusammengefügt werden. Diese Verbindungen bestimmen wesentlich die Verlustleistung der Geräte.

Mit Hilfe thermischer Berechnungen können die Strombelastbarkeit bzw. die Temperaturverteilung entlang der Strombahn ermittelt werden. Dazu müssen Kenntnisse über die Konstruktion der Verbindungen und zu den Verbindungswiderständen vorhanden sein.

Für unterschiedliche Typen von Schaltgeräten der Niederspannungstechnik wurden die Verbindungen nach ihrer Konstruktion analysiert und damit die Parameter zur Messung der Widerstände festgelegt. Die Strombahnen wurden in Abschnitte unterteilt, die sowohl den Materialwiderstand der Einzelbauteile als auch den Verbindungswiderstand enthalten.

Die Gleichstromwiderstände dieser Abschnitte wurden gemessen und mittels FEM-Modellen (Bild 1) berechnet. Aus der Differenz zwischen den gemessenen und den mit den FEM-Modellen berechneten Widerständen lassen sich die Kontaktwiderstände (Enge- plus Fremdschichtwiderstände) der Verbindungen berechnen.

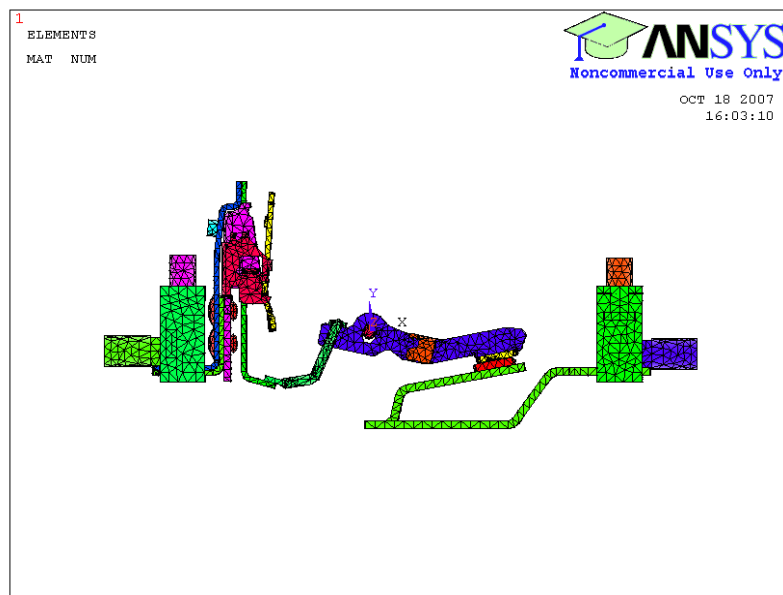


Bild 1: FEM-Modell eines Schalters

Für eine genaue thermische Berechnung sind nicht nur die Gleichstromwiderstände der Konstruktion entscheidend, sondern auch deren Temperaturbeiwerte. Dazu wurden die Widerstände und die Temperaturen entlang der Strombahn bei Belastung mit Bemessungsstrom gemessen. Aus dem gewonnenen Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Widerstand der festgelegten Abschnitte lassen sich deren Temperaturbeiwerte bestimmen.

Um den Einfluss der Verbindungen und ihrer Kontaktwiderstände auf die Temperaturverteilung entlang der Strombahn ermitteln zu können, wurde für einen Schaltertyp ein Wärmenetz aufgebaut. Die Temperaturverteilungen wurden mit den messtechnisch bestimmten Mittelwerten und den dazugehörigen Standardabweichungen der Kontaktwiderstände mit dem Wärmenetz bestimmt (Bild 2).

Die berechneten Temperaturverteilungen zeigen den großen Einfluss der Kontaktwiderstände auf die Erwärmung der Strombahn. Für das betrachtete Beispiel wurde eine maximale Temperaturdifferenz abhängig von der Standardabweichung der Kontaktwiderstände von 16 K ermittelt. Die geringste Abweichung von 5 K ergab sich für einen Geräteanschluss. Die Kontaktwiderstände können damit das Ergebnis einer thermischen Prüfung des Gerätes entscheidend beeinflussen.

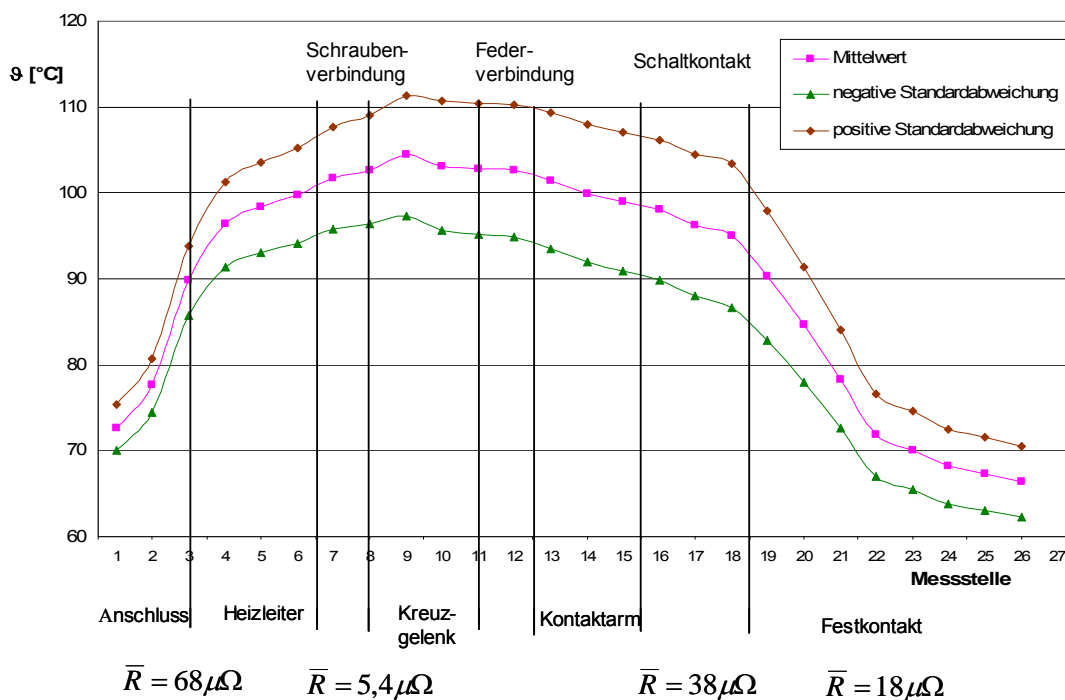


Bild 2: Berechnete Temperaturverteilung in einem Schalter für den Mittelwert und die Standardabweichung der Kontaktwiderstände



Falk Blumenroth, Dipl.-Ing.

Alterung durch Gleitverschleiß an Steckverbindungen mit Schraubenfedern – Versuchsaufbau

Steckverbindungen mit versilberten Schraubenfedern werden in gekapselten Hochspannungs-Schaltanlagen eingesetzt, um Leiter statisch miteinander zu verbinden (Bild 1). Diese Verbindung altert durch verschiedene Mechanismen. Neben der Spannungsrelaxation (Abbau der Kontaktkraft) tritt Gleitverschleiß als entscheidender Alterungsmechanismus auf, da die Verbindung als tribotechnisches System betrachtet werden muss. Tribotechnische Systeme sind technische Gebilde, deren Funktion definitionsgemäß mit Kontaktvorgängen an „aufeinander einwirkenden Oberflächen in Relativbewegung“ verbunden ist [1]. Der Begriff Tribologie ist dabei allgemein definiert als die Lehre von Reibung, Verschleiß und Schmierung.

Der aus der Literatur bekanntere und oft untersuchte tribologische Alterungsmechanismus an elektrischen Verbindungen ist der Schwingungsverschleiß (Fretting). Schwingungsverschleiß entsteht, wenn die Kontaktpartner oszillierende Relativbewegungen mit kleinen Schwingungsamplituden (μm -Bereich) ausführen. In der Elektroenergietechnik schwingen die Leiter, bedingt durch die elektromagnetischen Kräfte, mit einer Frequenz von 100 Hz. Der Schwingungsverschleiß an Verbindungen mit versilberten Kupferoberflächen wurde bereits ausführlich untersucht [2].

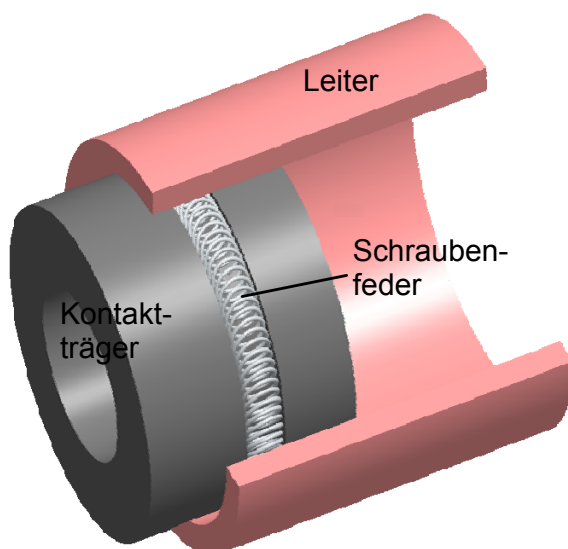


Bild 1: Steckverbindung mit Schraubenfeder

Gleitverschleiß entsteht durch langsame Gleitbewegung der Kontaktpartner im mm-Bereich. In gekapselten Hochspannungs-Schaltanlagen kommt es durch die lastabhängige thermische Ausdehnung der Leiter (Leiterlängen bis 5 m) zur Gleitbewegung zwischen der Schraubenfeder und dem Leiterrohr. Diese Gleitbewegung unter thermischer Beanspruchung verursacht verschiedene Verschleißmechanismen (z. B. Abrasion, Adhäsion und tribochemische Reaktionen), die zur Schädigung der Kontaktflächen und damit zu einem

erhöhten Verbindungswiderstand führen können. Der Einfluss von Gleitverschleiß auf die Alterung von Steckverbindungen wurde bisher nur unzureichend betrachtet. Er ist deshalb Gegenstand dieser Untersuchungen.

Zur Analyse des Einflusses des Gleitverschleißes auf das Langzeitverhalten von Steckverbindungen mit Schraubenfedern wurde ein Versuchsstand aufgebaut (Bild 2). Zwei Leiterrohre mit vier Steckverbindungen werden parallel von einem Motor mit angeflanschem Excenter über eine Schubstange bewegt. Die über den Excenter eingestellte Relativbewegung von Amplitude zu Amplitude beträgt z. B. 2 mm. Mit dem Versuch können damit 120 Lastwechsel pro Stunde nachgebildet werden. Während der Relativbewegung fließt kontinuierlich der Bemessungsstrom von z. B. 2000 A, um die Strombelastung und damit die thermische Beanspruchung der Verbindung mit zu berücksichtigen. Die Verbindungswiderstände (AC) können über die Strom-Spannungs-Methode und die Temperatur über Thermoelemente kontinuierlich oder periodisch mit Hilfe eines computergestützten Messsystems (Diadem) aufgezeichnet werden. Mittels eines weiteren Messsystems (HBM MGCplus) kann auch die Reibkraft an den vier Steckverbindungen über dem Weg gemessen und aufgezeichnet werden. Die Reibkraft, die vom Reibkoeffizienten abhängt, ist ebenfalls ein Indikator für die Schädigung der Kontaktflächen und damit für die Alterung der Verbindung.



Bild 2: Versuchsstand - Gleitverschleiß an Steckverbindungen mit Schraubenfedern

- [1] H. Czichos, K.H. Habig: Tribologie Handbuch – Reibung und Verschleiß, Vieweg Verlag, 1992
- [2] A. K. Rudophi, S. Jacobson, The Role of Gross Plastic Fretting in Serviceability and Deterioration of Power Contacts, IEEE, 1996



Ina Berg, Dipl.-Ing.

Untersuchungen zur Temperaturverteilung in Freileitungsseilen

Für Freileitungen wird in Deutschland eine Grenztemperatur von 80 °C angegeben. Dabei wird die Temperatur im Seil als homogen angenommen. Untersuchungen haben gezeigt, dass abhängig von der Kühlung durch den Wind und abhängig von der Zugkraft Temperaturunterschiede im Seil auftreten können. Ist die Temperatur im Stahlkern des Seiles, die für den Durchhang verantwortlich ist, deutlich höher als an der Oberfläche, werden von Messsystemen, die auf die Oberflächentemperatur reagieren, zu niedrige Temperaturen gemessen.

Um diese Zusammenhänge besser als bisher erfassen zu können, wurden im Niedergeschwindigkeits-Windkanal der TU Dresden, Institut für Luft- und Raumfahrt, an zwei Freileitungsseilen Erwärmungsversuche durchgeführt (Bild 1). Die Seile wurden in zwei Schleifen auf einem Holzgestell vor der Düse des Windkanals befestigt und bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten und Anströmwinkeln mit dem Bemessungsstrom nach DIN EN 50182 belastet. Entlang des Umfangs und in den drei Lagen des Seiles wurde die Temperaturverteilung mit NiCr-Ni-Thermoelementen gemessen.

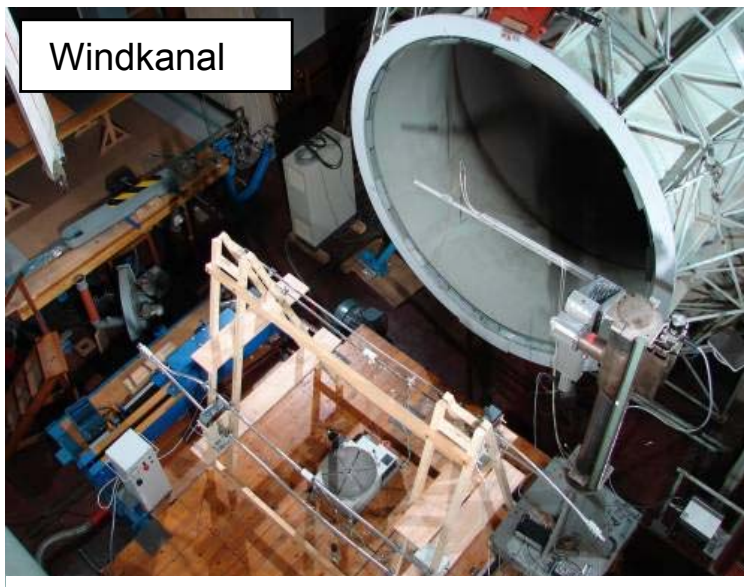


Bild 1: Versuchsaufbau im Niedergeschwindigkeits-Windkanal der TU Dresden, Institut für Luft- und Raumfahrt

Um den Einfluss der Zugkraft auf die Temperaturverteilung im Seil zu erfassen, wurden auch Erwärmungsversuche bei freier Konvektion und Zugkräften von 1,7 kN, 12 kN und 24 kN durchgeführt.

Diese Versuche zeigen, dass sich abhängig von der Zugkraft die Temperaturdifferenzen im Seil bei freier Konvektion und einer Zugkraft von 1,7 kN von über 2 K auf unter

0,5 K bei einer Zugkraft von 24 kN verringern (Bild 2).

In Hochspannungs-Freileitungen treten abhängig von der Temperatur der Seile Zugkräfte von z. B. 18 kN bis 35 kN auf. Bei diesen Zugspannungen sind die Temperaturdifferenzen bei einer Belastung mit Bemessungsstrom zwischen dem Stahlkern und der Seiloberfläche < 1 K. In den Stromschlaufen der Freileitung und in den Umspannwerken werden die Seile aber mit wesentlich geringeren Kräften beansprucht, so dass hier größere Temperaturdifferenzen im Seil auftreten können.

Wird das Seil ohne Zugkraft mit einer Luftgeschwindigkeit von 5 m/s angeströmt, so ergeben sich zwischen dem Kern und der äußeren Lage des Seiles Temperaturdifferenzen von bis zu 13 K (Bild 3). Auch über den Umfang des Seiles verteilt, ergeben sich Temperaturdifferenzen von bis zu 10 K, da die äußere Lage des Seiles, insbesondere die angeströmte Seite, durch den Luftstrom deutlich besser gekühlt wird als die der Strömung abgewandte Seite.

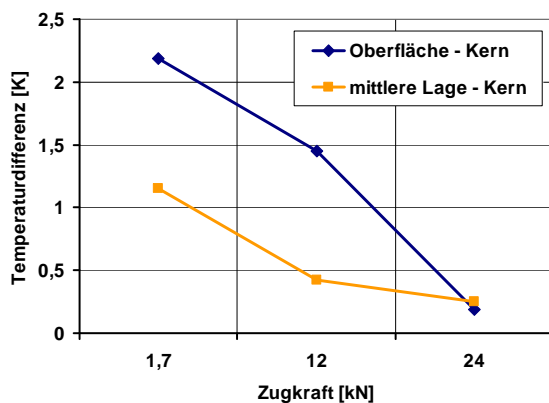


Bild 2: Temperaturdifferenzen in einem Al/St-Seil 380/50 abhängig von der Zugkraft bei freier Konvektion und Belastung mit Bemessungsstrom

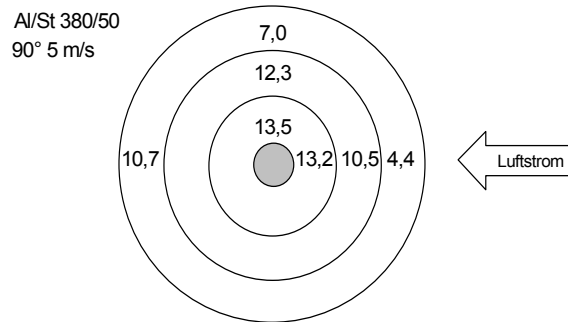


Bild 3: Übertemperaturen in K in einem Al/St-Seil 380/50 bei einer Luftgeschwindigkeit von 5 m/s und einem Anströmwinkel von 90° (senkrecht zum Seil) bei einem Belastungsstrom von 840 A (ohne Zugkraft)

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Freileitungsseil nicht homogen erwärmt ist, sondern über den Umfang und Querschnitt verteilt sowie abhängig von der Zugkraft unterschiedlich hoch erwärmt ist. Dabei treten im Kern und der von der Strömung abgewandten Seite des Seiles die höchsten Temperaturen auf.

Die Messung der Übertemperaturen an einem ungespannten Leiterseil hat ergeben, dass hier deutlich geringere Übertemperaturen als im gesamten Seil auftreten können. Wird der mögliche Belastungsstrom nach der z. B. in einer Stromschleife gemessenen Übertemperatur festgelegt, kann es zu einer starken Überlastung der gesamten Leitung kommen.



Ronny Schneider, Dipl.-Ing.

Alterung elektrischer Bimetallverbindungen durch Interdiffusion

Ein nicht zu vernachlässigender Alterungsprozess bei elektrischen Bimetallverbindungen ist die Interdiffusion. Werden zwei unterschiedliche Materialien miteinander kontaktiert (galvanisch aufgebracht, geschraubt oder gepresst), kommt es an den Verbindungsstellen bzw. Mikrokontakten zu einem Konzentrationsgefälle. Es erfolgt ein Konzentrationsausgleich, d. h., die Atome des Materials A diffundieren in das Material B und ebenso die Atome des Materials B in das Material A. Man unterscheidet zwei Arten der Diffusion in festen Körpern, die Volumen- und die Grenzflächendiffusion. Die Volumendiffusion ist durch die Bewegung der Atome im Gittergefüge gekennzeichnet, während sich bei der Grenzflächendiffusion die Atome entlang der Gitterbaufehler bewegen. Die Geschwindigkeit des Konzentrationsausgleichs wird durch den Diffusionskoeffizienten \tilde{D} beschrieben.

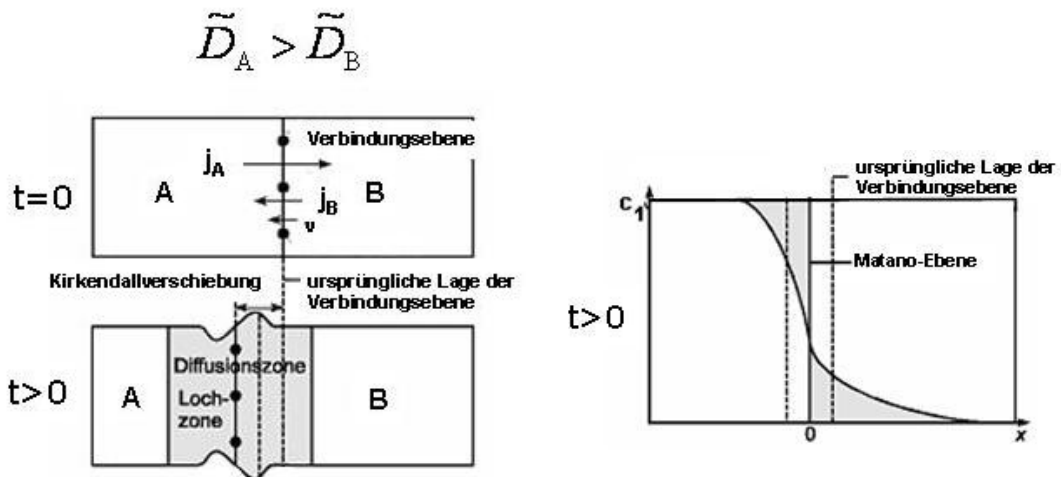


Bild 1: Kirkendallverschiebung der Verbindungsebene und Konzentrationsverteilung einer Bimetallverbindung nach der Diffusionszeit $t > 0$

Sind die Diffusionskoeffizienten der zwei Materialien einer Bimetallverbindung unterschiedlich groß, kommt es auf der einen Seite der Verbindungsebene zu einer Materialaufweitung und auf der anderen zu einer Lochzonenbildung. Die daraus resultierende Verschiebung der Verbindungsebene wird als Kirkendallverschiebung bezeichnet. Somit ergibt sich eine unsymmetrische Atom-Konzentrationsverteilung (Bild 1).

Durch die Interdiffusion bilden sich in bestimmten Konzentrationsbereichen intermetallische Phasen. Eine Eigenschaft dieser intermetallischen Phasen ist es, dass sie deutlich höhere spezifisch elektrische Widerstände besitzen als die zwei Ausgangsmaterialien. Für das System Aluminium - Silber bildet sich z. B. bei 200 °C eine intermetallische δ -Phase bei 11 bis 15 Gewichtsprozent (wt-%) Aluminium in Silber. Der spezifische Widerstand dieser Phase ist mit $0,28 \Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$ 10-mal größer als der von Aluminium mit $0,028 \Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$ und 17-mal so groß wie der von Silber mit $0,016 \Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$ (Bild 2).

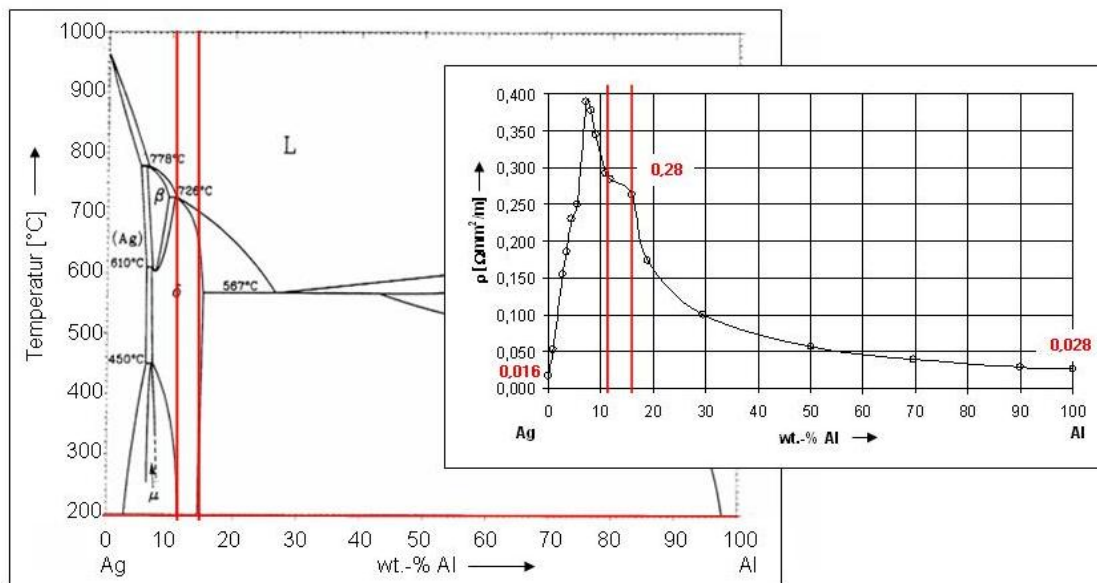


Bild 2: Phasendiagramm und die Verteilung des spezifischen Widerstandes über der Gewichtskonzentration des Systems Aluminium - Silber

Bilden sich intermetallische Phasen in der Verbindungsebene, speziell an den Mikrokontakten der Verbindung, kann es zum Ausfall der Verbindung führen.

Für die Materialpaarungen Ag – Al, Al – Cu und Ag – Cu wurden Langzeitversuche zum Studium der Bildung der intermetallischen Phasen aufgebaut. Die Verbindungen werden unter einem Schutzgas gelagert, damit eine Alterung durch Oxidation ausgeschlossen werden kann. Um eine Alterung durch Kriechen der Materialien zu minimieren, wurden zusätzlich Druckplatten in die Verbindungen eingesetzt.

Die Proben werden indirekt auf eine Temperatur von 200 °C erwärmt. Die indirekte Erwärmung schließt die Alterung durch Elektromigration aus. Es wurde mit 200 °C eine höhere Temperatur als die normale Betriebstemperatur gewählt, um in wenigen Jahren die Prozesse der Interdiffusion messbar zu machen und um einen Vergleich mit der Berechnung der Interdiffusion mit Hilfe der Fick'schen Differentialgleichungen führen zu können.



Thomas Thronicker, Dipl.-Ing.

Berechnung der Strömung in einer senkrechten koaxialen Leiteranordnung

Die Gasströmungen in vollständig gekapselten Stromleiteranordnungen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Temperaturverteilung im strömenden Gas und damit in den Strombahnen. Besonders in langen Stromleiteranordnungen, wie z. B. bei metallgekapselten Stromschienen, kommt es zu starken Temperaturdifferenzen über der Höhe. Ziel der Untersuchungen ist es deshalb, die Strömungen des Isoliergases zwischen Leiter und Kapsel näher zu untersuchen, um die Temperaturverteilung über der Höhe genauer als bisher mit dem Wärmenetz berechnen zu können.

Zur Untersuchung der Strömung wurde eine „Gasisolierte Leitung (GIL)“ mit den Abmessungen

des Leiters - $d_{Le\ a} = 180\text{ mm}$ $d_{Le\ i} = 160\text{ mm}$ und
der Kapsel - $d_{Ka\ a} = 517\text{ mm}$ $d_{Ka\ i} = 500\text{ mm}$

über einer Höhe von $h = 2,5\text{ m}$ mit dem CFD-Programm Flotherm modelliert und berechnet. Als Isoliergas wurde SF_6 mit einem Fülldruck von $p = 1\text{ bar}$ verwendet.

Die berechnete Strömungsverteilung innerhalb der GIL lässt sich in drei Bereiche über der Höhe $h = (0 \dots 2,5)\text{ m}$ des Modells unterteilen. Im Bereich von $h = (0,75 \dots 2)\text{ m}$ strömt das Gas entlang des Leiters aufwärts und entlang der Kapsel abwärts, ohne dass sich die Strömungen gegenseitig beeinflussen (Bild 1).

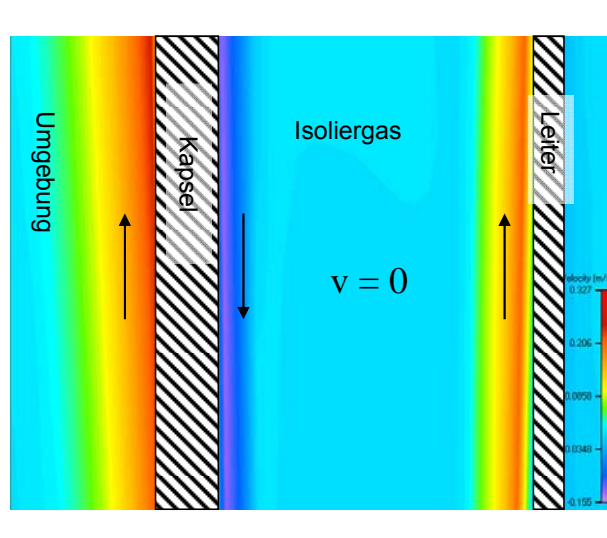


Bild 1: Strömungsquerschnitt (z-Komponente) ohne gegenseitige Beeinflussung

Im unteren Bereich der Anordnung von $h = (0 \dots 0,75)$ m wird das an der Kapsel abwärts strömende Gas zum Leiter hin umgelenkt (Bild 2, a). Dieser Bereich ist relativ groß. Bei der Erwärmungsberechnung mit dem Wärmenetz ist es demnach notwendig, den Massestrom über der Höhe der Stromleiteranordnung in mehrere Teilströme zu unterteilen. Im oberen Bereich der Anordnung von $h = (2 \dots 2,5)$ m ist eine deutliche Verwirbelung des Gases zu erkennen. Das aufsteigende Gas am Leiter wird in einem kleinen Bereich von 0,25 m entlang des Isolators vom Leiter zur Kapsel umgelenkt (blau) und verwirbelt (zum Leiter zurück geführt – rot). Im Gegensatz zum bisher verwendeten Strömungsmodell im Wärmenetz für geschlossene Gasräume, in dem der gesamte Massestrom geschlossen über der gesamten Höhe der Anordnung strömt, müssen jetzt Teilströme berücksichtigt werden (Bild 3), um genauere Ergebnisse bei der Erwärmungsberechnung zu erhalten.

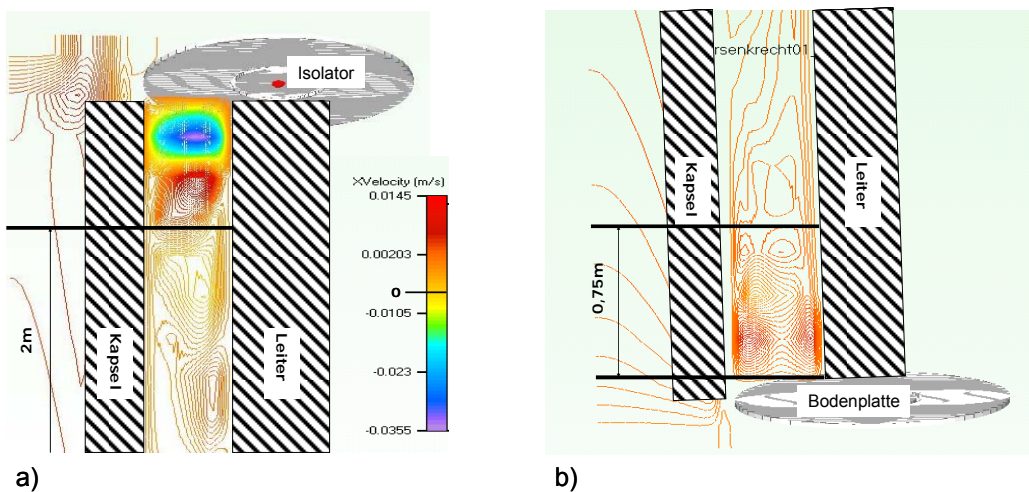


Bild 2: Strömungsquerschnitte (x-Komponente) in den oberen (a) und den unteren (b) Umlenkegebieten

Im Modell kann nun mit der Parallelschaltung die Gasströmung besser als bisher berücksichtigt werden.

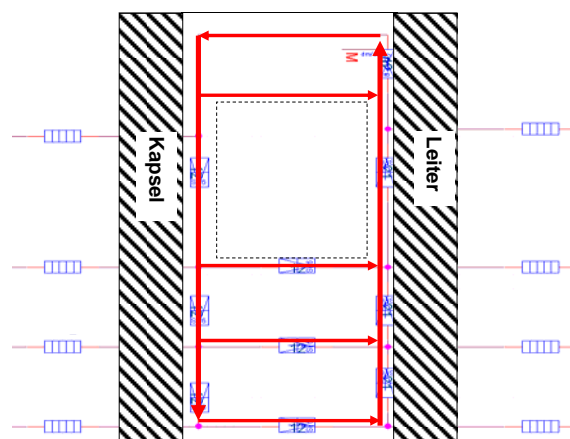


Bild 3: Beispielnetzwerk für eine mehrfach geteilte Strömung in oberen und unteren Bereich einer senkrechten Stromleiteranordnung

Forschung

Diplomarbeiten

Adam, Robert

Untersuchungen zu den Verbindungswiderständen in Schaltgeräten der Niederspannungstechnik

DA 10/2006 (Betreuer: PD Dr.-Ing. habil. H. Löbl)

Hoffmann, Florian

Alterung geschraubter Verbindungen bei Temperaturen über 105 °C

DA 11/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. R. Schneider)

Xie, Wei

Aufbau eines Versuchsstandes für das Praktikum: Mechanische Beanspruchung von Leiterschienen durch Kurzschlussströme

DA 03/2007 (Betreuer: Dipl.-Ing. F. Blumenroth)

Schütze, Volker

Statische und dynamische Berechnung der Erwärmung von Hochspannungsgeräten mit dem Wärmenetz an ausgewählten Beispielen

DA 01/2007 (Betreuer: Dipl.-Ing. Th. Thronicker)

Studienarbeiten

Lücke, Nils

Alterung von Steckverbindungen mit Schraubenfederkontakten in gasisolierten Hochspannungs-Schaltanlagen durch Fretting

SA 5/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. F. Blumenroth)

Löser, Reinhardt

Alterung von Steckverbindungen mit Fingerkontakten in gasisolierten Hochspannungs-Schaltanlagen durch Spannungsrelaxation im Federmaterial

SA 6/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. F. Blumenroth)

Dankert, Mario

Untersuchungen zur elektrischen und akustischen Detektion und Ortung von Teilentladungen in offenen Mittelspannungs-Schaltzellen unter AuS-Bedingungen

SA 7/2006 (Betreuer: Dr.-Ing. E. Engelmann)

Jenichen, Henry

Bestimmung der Mindestkontaktkraft an Steckverbindungen mit Schraubenfedern und Fingerkontakten

SA 2/2007 (Betreuer: Dipl.-Ing. F. Blumenroth)

Vorträge

Löbl, Helmut
Langzeitverhalten elektrischer Verbindungen
Jean Müller GmbH, Eltville, 20.03.2007

Löbl, Helmut
Thermische Bemessung von Kompaktstationen
Betonbau GmbH, Schkeuditz, 10.05.2007

Löbl, Helmut
Langzeitverhalten elektrischer Verbindungen
UESA GmbH, Uebigau, 14.05.2007

Blumenroth, Falk
Alterung von Steckverbindungen mit Schraubenfedern - Fretting
15. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau,
21.-23.06.2007

Schneider, Ronny
Einfluss der Interdiffusion bei Bimetallverbindungen auf das Langzeitverhalten
15. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau,
21.-23.06.2007

Thronicker, Thomas
Einfluss der Stromverteilung am Kontaktsystem eines Leistungsschalters
auf die Verlustleistung
15. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Ilmenau,
21.-23.06.2007

Löbl, Helmut
Untersuchungen zum konvektiven Wärmeübergang an Kühlkörpern
ALCAN GmbH, Singen, 24.07.2007

Veröffentlichungen

Lienig, J.; Löbl, H.: Geräteentwicklung – Grundwissen für Studenten der Elektrotechnik und Mechatronik. TU Dresden, Studienliteratur Elektrotechnik, Feinwerktechnik, Mechatronik. Initial Werbung & Verlag, Großerkmannsdorf, 1. Auflage März/2007

Forschung

Schufft, W.; Löbl, H.; Großmann, S.

Taschenbuch der Elektrischen Energietechnik, Kap. 5.2 und 5.3 (thermische und mechanische Beanspruchung)

Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, 2007

Blumenroth, F.; Löbl, H.; Großmann, S.; Puffer, R.; Hussels, D.

Ageing of High Current Joints in Power Transmission and Distribution Systems

19. International Conference on Electricity Distribution CIRED,
Wien/Österreich, 21.-24.05.2007, paper 0537

Dissertationen



Magier, Tomasz

**Untersuchungen zur Strombelastbarkeit und
Erwärmung von Hochstromanlagen**

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann
Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Herold
Dr.-Ing. Thomas Schönemann

Zur Bestimmung der Strombelastbarkeit von Hochstromanlagen ist es notwendig, die in den Anlagen vorhandenen Wärmequellen richtig zu erfassen. In Hochstrombahnen mit großen Querschnitten und geometrisch komplizierten Geometrien kann es durch den Skin- und den Proximity-Effekt zu einer hohen Stromverdrängung kommen. In diesen Fällen ist die Bestimmung der Verlustleistung in der Strombahn ohne Einsatz moderner Rechentechnik kaum möglich. Die in der Literatur angegebenen Stromverdrängungsfaktoren sind nur auf einfache Leitergeometrien übertragbar. Auch der Einfluss benachbarter Leiter (z. B. Rückleiter) bzw. metallischer Teile in der Nähe des Leiters auf die Stromverdrängung im Leiter wird oft nicht berücksichtigt, obwohl ein nicht zu vernachlässigender Einfluss vorhanden ist. Die Stromverdrängungsfaktoren werden in den meisten Fällen für den einphasigen Wechselstrom angegeben. Für die in Drehstromsystemen eingesetzten Leiter sind die Stromverdrängungsfaktoren in der Literatur kaum zu finden. Durch die gegenseitige Beeinflussung der Magnetfelder aller drei Phasen unterscheidet sich der Stromverdrängungsfaktor eines Leiters im Drehstromsystem von dem Stromverdrängungsfaktor des gleichen Leiters im Einphasensystem signifikant. Durch die Übertragung des Stromverdrängungsfaktors, der für eine Einphasenanordnung bestimmt wurde, auf den Leiter einer Drehstromanordnung kann es zu fehlerhaften Ergebnissen der Temperaturberechnung und dadurch zur schlechten Dimensionierung des Geräts kommen.

Um die Strombelastbarkeit eines Geräts zu erhöhen, werden Kühlelemente an thermisch stark beanspruchten Teilen des Geräts angebracht. Da sich diese im Magnetfeld des Leiters befinden, fließen in den Kühlelementen Wirbelströme, die auch die Stromdichteverteilung im Leiter und die damit verbundene Stromverdrängung beeinflussen. Im ungünstigsten Fall (Kühlrippen längs am Leiter angebracht) können diese Kühlelemente selbst zu einer intensiven Wärmequelle werden und dadurch eine zusätzliche Erwärmung des Leiters verursachen. Die eigentliche Aufgabe der Kühlelemente, den Leiter zu kühlen, kann in solchen Fällen verloren gehen.

Um die oben beschriebenen Probleme näher zu erforschen, wurde in der vorliegenden Arbeit der Einfluss einer Vielzahl von Faktoren wie:

- Abmessungen des Leiters
- Temperatur des Leiters
- Frequenz
- Art der Stromeinspeisung (Einphasenwechselstrom, Drehstrom)
- Abstand der Leiter zueinander bei Dreh- und Wechselstrom
- Art der Verlegung von Stromschienen in Niederspannungsschienenverteiltern (hochkant nebeneinander, flach nebeneinander)
- Geometrie der Kapsel (rund und eckig, Abstand Leiter – Kapsel)
- Abdeckung der eckigen Kapsel mit einem Deckel bei galvanischer Verbindung des Deckels mit der Kapsel bzw. bei dessen elektrischer Isolierung von der Kapsel
- Unsymmetrie der Leiter- und der Kapselströme
- Art, Abmessung und Ausrichtung der Kühlelemente im Magnetfeld des Leiters

auf die Verlustleistung und auf die Stromverdrängung in den Hochstrombahnen mit dem FE-Programm ANSYS untersucht. Der Einfluss einzelner Faktoren auf die Stromverdrängung wurde tabellarisch und in der Form von Diagrammen dargestellt. Dadurch wird es möglich, die Faktoren, die die elektrische Verlustleistung und die Stromverdrängung im Leiter am stärksten beeinflussen, schnell zu erkennen. Bei neu zu entwerfenden Strombahnen mit Kühlelementen können unter Berücksichtigung dieser Elemente geringere Verlustleistungsfaktoren erreicht werden, wodurch der Leiterquerschnitt besser als bisher ausgenutzt und gleichzeitig die Verlustleistungen minimiert werden können. Die Ergebnisse aus der Berechnung der Verlustleistungsfaktoren in den Strombahnen beim Einsatz von Kühlelementen ermöglichen eine richtige Auswahl der Abmessungen und der Montageart dieser Kühlelemente auf der Strombahn.

Zusätzlich zur Bestimmung der Stromverdrängung in den Strombahnen wurden experimentell die c_1 -, n_1 -, c_2 -, und n_2 -Faktoren der Ähnlichkeitsfunktionen der freien und der erzwungenen Konvektion bestimmt. Die thermischen Versuche wurden an Kühlkörpern des Generatorleistungsschalters HECS der Firma ABB Schweiz und unter Berücksichtigung der Ausrichtung der Kühlkörper zur Luftströmung (freie und erzwungene Konvektion), des Einflusses erwärmter Teile unterhalb des Kühlkörpers auf dessen konvektiven Wärmeübergang (freie Konvektion), der die Luftströmung behindernden Teile (freie Konvektion) sowie der Strömungsgeschwindigkeit der Luft in verschiedenen Strömungskanälen (erzwungene Konvektion) durchgeführt.



Jochim, Mario

Langzeitverhalten nicht lösbarer, beschichteter Verbindungen in der Elektroenergietechnik

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann
Prof. Dr.-Ing. Frank Berger
Dr.-Ing. Thomas Schoenemann

Hochstrom-Schrumpfverbindungen können z. B. aus einem inneren und einem äußeren Ring bestehen. Durch thermisches Fügen kommt es zu einer kraftschlüssigen Verbindung (Bild 1). Abhängig von den verwendeten Leitermaterialien und der Geometrie kann der Widerstand einer Schrumpfverbindung sehr klein werden ($R_V \leq 500 \text{ n}\Omega$). Diesen Widerstand oder dessen Änderung, verursacht durch die Alterung der Verbindung, zu messen, ist sehr schwierig. Es wurde deshalb eine Methode entwickelt, den Verbindungswiderstand für eine Schrumpfverbindung abhängig von der Geometrie, der Zeit und den verwendeten Leitermaterialien zu berechnen.

Die hier betrachtete Schrumpfverbindung ist eine Aluminium (Al)-Kupfer (Cu)-Verbindung, die durch Spannungsrelaxation, Interdiffusion und Fretting altert, und deren Verbindungswiderstand mit der Zeit größer wird.

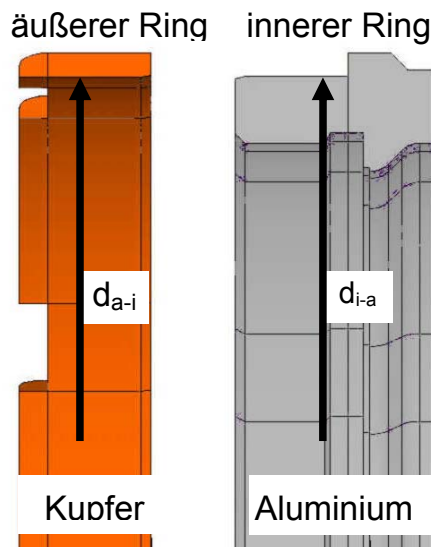


Bild 1: FE-Modell einer Schrumpfverbindung - Beispiel

Aus der Literatur ist bekannt, dass die Alterung durch Interdiffusion und Fretting durch Beschichten der Kontaktflächen mit Silber (Ag) verhindert werden kann. Dazu muss zwischen das Kontaktelement aus Al und die Ag-Schicht eine weitere metallische Zwischenschicht eingebracht werden. Durch Untersuchungen an versilberten

Al-Cu-Stromschienenverbindungen mit Zwischenschicht konnte diese Erkenntnisse bestätigt werden. Die Alterung einer Schrumpfverbindung wird, wenn die Verbindungsflächen wie beschrieben beschichtet werden, maßgeblich durch Spannungsrelaxation in den Leitermaterialien bestimmt.

Vor dem Fügen ist der Außendurchmesser des inneren Ringes d_{i-a} größer als der Innendurchmesser $d_{ä-i}$ des äußeren Ringes (Bild 1). Die Differenz aus d_{i-a} und $d_{ä-i}$ ist das so genannte Übermaß \ddot{u} . In der Schrumpfverbindung stellen sich während des Fügens radiale Spannungen in der Verbindungsfläche zwischen den Ringen ein, die als Kontaktdruck p bezeichnet werden. Die Höhe und die Verteilung des Kontaktdrucks in der Verbindung ist für die Höhe des Verbindungswiderstand R_V verantwortlich. Je höher der Kontaktdruck ist, desto niedriger wird der Verbindungswiderstand sein. Daraus ergibt sich in den Ringen eine hohe Tangentialspannung, die zur Spannungsrelaxation in den Leitermaterialien führt.

Um den Widerstand der Schrumpfverbindung berechnen zu können, muss die Verteilung des Kontaktdrucks abhängig von der Zeit berechnet und der Zusammenhang zwischen dem Kontaktdruck und dem Widerstand der Beschichtung R_P experimentell bestimmt werden. Dazu wird an versilberten Al-Cu-Stromschienenverbindungen der Verbindungswiderstand R_V abhängig vom Kontaktdruck p gemessen. Durch Subtraktion des Materialwiderstands R_B einer äquivalenten unbeschichteten Al-Cu-Verbindung kann dann der Zusammenhang $R_P = f(p) = R_V(p) - R_B$ ermittelt werden.

Zur Berechnung des Widerstandes der Schrumpfverbindung wird die Verbindungsfläche in Segmente unterteilt. Für jedes Segment wird der mittlere Kontaktdruck und daraus der Widerstand der Beschichtung für dieses Segment bestimmt (Bild 2). In einer weiteren Berechnung wird dieser Widerstand verwendet, um den Verbindungswiderstand zu berechnen (Bild 3).

Der Widerstand der hier betrachteten Schrumpfverbindung erhöht sich innerhalb von sechs Jahren auf maximal den 1,6-fachen Wert des Widerstandes, der nach der Montage erreicht wird. Daraus kann abgeleitet werden, dass es in dieser Zeit bei dauerndem Betrieb der Verbindung mit einer Temperatur von $\vartheta = 105\text{ °C}$ nicht zu deren Ausfall kommt.

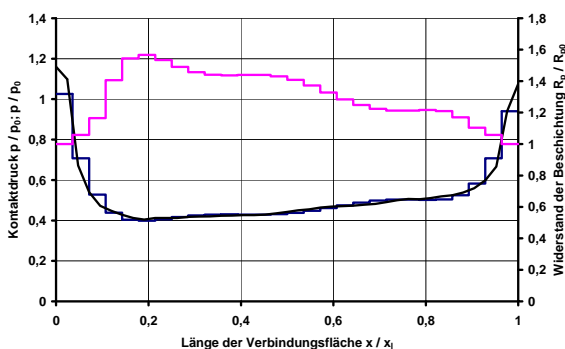


Bild 2: Verteilung des Kontaktdrucks und des Widerstandes der Beschichtung zum Zeitpunkt $t = 0$

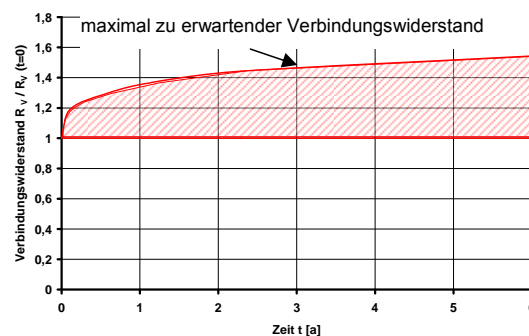


Bild 3: Verbindungswiderstand abhängig von der Zeit bei 105 °C Verbindungstemperatur



La Seta, Piergiorgio

**Regelungstechnische Konzepte zur Integration
alternativer Erzeugungsanlagen in lokale
Energieversorgungsnetze unter besonderer
Berücksichtigung der Systemstabilität**

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner
Prof. Dr.-Ing. Mustafa Kizilcay
Prof. Dr.-Ing. habil. Istvan Erlich

Die Nutzung von erneuerbaren Primärenergiequellen für die Erzeugung elektrischer und thermischer Energie wird immer zunehmender und die Untersuchung von innovativen Lösungen bei der Entwicklung zukünftiger Elektroenergiesysteme immer entscheidender. Spezifische Vorteile der erneuerbaren Energiequellen sind die Verringerung oder Beseitigung der Brennstoffkosten und der Kosten für die CO₂-Emission. Aufgrund hoher spezifischer Investitionskosten ist jedoch der Preis einer Kilowattstunde aus alternativer Erzeugung noch sehr hoch.

Der technische Fortschritt auf dem Gebiet der Turbinen und Brennstoffzellen führt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades und damit einer Senkung der Kosten. In den letzten Jahren wurden kleinere Einheiten mit sehr hohen Wirkungsgraden zur lokalen Energieversorgung entwickelt. Gleichzeitig wurden neuartige Modellierungsmethoden und Regelstrukturen für diese Erzeugungsanlagen vorgeschlagen.

Zur Integration alternativer Erzeugungsanlagen in lokale Energienetze sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Die erste zu überprüfende technische Randbedingung ist die Einhaltung der Energiebilanz im stationären Betrieb.

Im zweiten Schritt sind die dynamische und transiente Stabilität von den Erzeugungsanlagen bzw. des gesamten System zu untersuchen. Das Verhalten der einzelnen Anlagen bzw. des gesamten Netzes bei Änderungen der Arbeitsbedingungen im Normalbetrieb und bei plötzlichen, starken und kurzzeitigen Störungen müssen bewertet werden. Diese können z. B. durch einen Netzkurzschluss oder den Ausfall eines Netzteilens verursacht werden.

Die vorliegende Dissertationsschrift befasst sich mit diesen Untersuchungen bei Windkraftanlagen. Ziel ist es, die dynamische und transiente Stabilität dieser Anlagen durch geeignete Maßnahmen zu verbessern. Dafür können analytische Verfahren, wie z. B. die Lyapunov-Methode, eingesetzt werden. Die Lyapunov-Methode ist die einzig bekannte allgemeine Methode zur Bewertung der Stabilität eines nichtlinearen dynamischen Systems.

Drei unterschiedliche Technologien werden üblicherweise zur Umwandlung von Windenergie in elektrische Energie benutzt.

Für Windkraftanlagen (WKA) mit kleiner Nennleistung sind Kurzschlussläufer-Asynchronmaschinen ein Kompromiss zwischen den Investitionskosten und der erzeugten Leistung.

Eine zweite Art von Generatoren für WKA sind Multipol-Synchrongeneratoren. Die Zuverlässigkeit und die Kosten der Anlage, sowie die Qualität der eingespeisten elektrischen Energie hängen zum großen Teil vom AC/DC/AC-Umrichter ab, durch den der Anschluss an das Netz hergestellt wird.

Darüber hinaus basieren moderne WKA auf doppeltgespeisten Asynchronmaschinen (DASM, Englisch: „Doubly-Fed Induction Generator“, DFIG), welche eine innovative und flexible Technologie darstellen. Dabei können auch im Niederspannungsbereich (690 V) relativ große Leistungen (2,5 MW und höher) ins Netz eingespeist werden.

Für die Untersuchung durch die Lyapunov-Analyse wurde eine WKA mit einer Kurzschlussläufer-ASM betrachtet, da sie einfacher zu beschreiben ist. Dabei wurden zwei verschiedene Modelle zur Beschreibung des mechanischen Teils der WKA berücksichtigt. Die Darstellung des mechanischen Systems durch ein Ein-Massen-Modell setzt voraus, dass alle rotierenden Massen durch ein Äquivalent ersetzt werden dürfen. Diese Beschreibung ist möglicherweise für bestimmte zu untersuchende Aspekte (wie die transiente Stabilität) zu einfach. Realistischerweise sind mindestens zwei Massen zu berücksichtigen (Turbinen- und Rotormasse). Durch theoretische und Simulationsergebnisse haben sich die vorgeschlagenen Lyapunov-Energiefunktionen für Ein- und Zwei-Massen-Modelle für die Schätzung der Stabilitätsgrenzen als geeignet erwiesen.

Sowohl Synchrongeneratoren als auch Asynchrongeneratoren (doppeltgespeiste ASM) werden üblicherweise geregelt, daher soll eine quantitative Stabilitätsanalyse die Regelstruktur des Generators berücksichtigen. Dies ist jedoch nicht immer möglich. Demzufolge können geeignete Regelstrategien auf Basis der Ergebnisse der Lyapunov-Analyse für vereinfachte Fälle (nicht geregelte Maschine) entwickelt werden, die die Stabilität der Maschinen und des Systems gewährleisten. In der vorliegenden Arbeit wurde somit eine vollständige Regelung für eine doppeltgespeiste ASM entworfen, welche eine Verbesserung der dynamischen und transienten Stabilität ermöglicht. Es konnte außerdem ein neues Verfahren zur Verbesserung der transienten Stabilität entwickelt werden.

Simulationsergebnisse einer einzelnen WKA an einem starren 110-kV-Netz sowie eines Inselnetzes mit zwei Synchrongeneratoren und einem aus zwei Windturbinen bestehenden Windpark wurden durchgeführt. Aus den Simulationsergebnissen sind die Flexibilität der gesamten Regelung und die Wirksamkeit der neuen Stabilisierungsmethode zu erkennen.



Pilz, Georg

Reduzierung der Beanspruchung elektrotechnischer Betriebsmittel durch das Gesteuerte Schalten

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner
Prof. Dr.-Ing. H.-Helmut Schramm
Prof. Dr.-Ing. Tadeusz Lobos

Der Übergang von einem Zustand eines Systems in einen anderen ist in der Regel mit transienten Ausgleichsvorgängen verbunden. Beim Schalten elektrischer Betriebsmittel können so hohe Strom- und Spannungswerte auftreten, welche die Funktionsfähigkeit der Betriebsmittel beeinträchtigen bzw. diese zerstören können.

Eine Dimensionierung der Betriebsmittel auf den "worst case" ist nicht sinnvoll. Normalerweise werden zusätzliche spannungs- bzw. strombegrenzende Elemente in das System integriert, um zu hohe Peakwerte an den jeweiligen Betriebsmitteln zu vermeiden. Eine weitere Maßnahme zur Begrenzung von Schaltüberspannung ist der Einbau eines Einschaltwiderstandes in den Leistungsschalter.

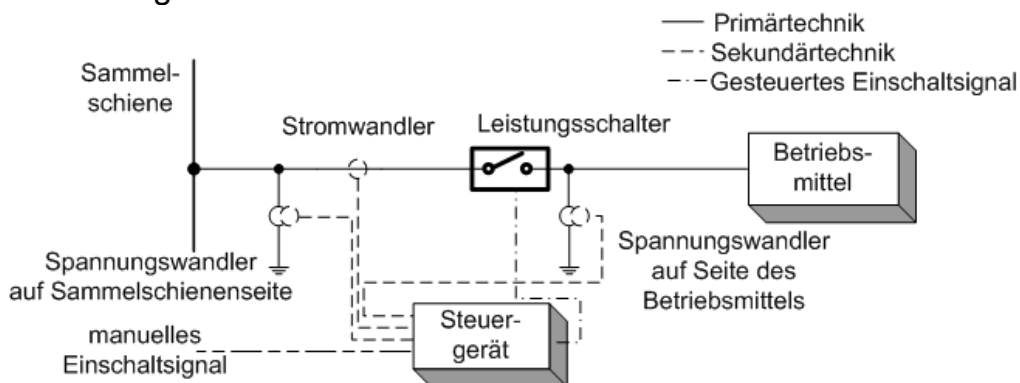


Bild 1: Erläuterung des Prinzips des Gesteuerten Schaltens (einpolige Darstellung)

Eine andere Variante zur Reduktion der transienten Ausgleichsvorgänge ist das Gesteuerte Schalten. Dabei erfolgt die Zuschaltung des Betriebsmittels in dem Zeitpunkt, in welchem sich der ursprüngliche Zustand des Systems und der zukünftige Zustand in einem Gleichgewicht befinden. Dadurch ergeben sich keine Ausgleichsvorgänge und somit auch keine Belastungen für die einzuschaltenden Betriebsmittel. Der Algorithmus für die Bestimmung des optimalen Einschaltzeitpunktes wird in einem Steuergerät implementiert (Bild 1).

Die einzuschaltenden Betriebsmittel besitzen unterschiedliche physikalische Eigenschaften. Durch eine systematische Betrachtung der unterschiedlichen Betriebsmittel und Zustände des einzuschaltenden Systems kann das Gesteuerte Schalten in folgende Fälle unterteilt werden:

- Betriebsmäßige Einschaltung
- Einschaltung mit konstanten Anfangsbedingungen
- Einschaltung mit zeitlich veränderlichen Anfangsbedingungen

Die Algorithmen zur Bestimmung des optimalen Einschaltzeitpunktes und die Ergebnisse der Simulationen gesteuerter Einschaltungen werden in der Arbeit vorgestellt.

Die Referenzanwendung für eine "Einschaltung mit zeitlich veränderlichen Anfangsbedingungen" ist eine Automatische Wiedereinschaltung auf quer-kompensierten Freileitungen. Der zurzeit in der Praxis angewendete Algorithmus zur Bestimmung des optimalen Einschaltzeitpunktes erfüllt die Anforderungen an eine Gesteuerte Einschaltung nur ungenügend.

Die Hauptaufgabe des neu entwickelten Algorithmus ist die Bestimmung des zukünftigen Verlaufs der Spannung über dem Leistungsschalter, um so optimale Einschaltzeitpunkte für eine Gesteuerte Einschaltung zu berechnen. Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse konnten die sehr guten Ergebnisse der Vorhersage des zukünftigen Verlaufs der Spannung verifiziert werden.

Auf Grund der exakten Vorhersage des zukünftigen Verlaufs der Spannung über dem Leistungsschalter wurden verschiedene dreipolige Einschaltstrategien zur Minimierung der Überspannungen bei einer Gesteuerten Einschaltung während der Automatischen Wiedereinschaltung auf quer-kompensierten Freileitungen entwickelt. Es konnte nachgewiesen werden, dass die entwickelten Lösungen den bestehenden Anwendungen mit Einschaltwiderstand hinsichtlich der Beanspruchung der Betriebsmittel ebenbürtig bzw. überlegen sind (Bild 2).

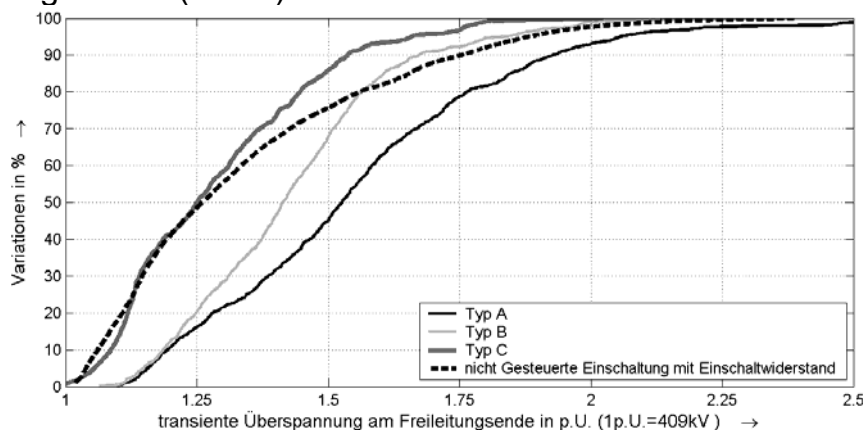


Bild 2: Maximale Spannungen am Ende einer Freileitung während einer Automatischen Wiedereinschaltung mit Gesteuerter Einschaltung (Schaltzeitpunktalgorithmus A, B, C und nicht Gesteuerte Einschaltung mit Einschaltwiderstand)

Für die Überprüfung der Echtzeitfähigkeit wurden die entwickelten Algorithmen auf ein PC-Mess-System exportiert.

Veranstaltungen

Projekttag Riesa am 27.03.2007

Der Projekttag des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik führte in diesem Jahr in die „Sportstadt“ Riesa. Den Anfang machte eine Stadtrundfahrt im umweltschonend erdgasbetriebenen „Stahlmax“ inklusive Anhänger. Eine Sehenswürdigkeit an sich. Auf der Fahrt durch die Alt- und Neustadt wurden alle Details geklärt, die es über Riesa zu wissen gilt.

Ein Zwischenstopp ließ uns Zeit, die historische Klosteranlage von Riesa und deren Kapitelsaal von innen zu sehen. Die Ausführungen einer „Mutter Oberin“ zum 888 Jahre alten Kloster der Benediktiner, das von Mönchen und Nonnen bewirtschaftet wurde, wurden mit regem Interesse und Diskussionsstoff beantwortet.



Den Höhepunkt bildete der Besuch des „Nudelcenters“. Dort wurden zum Einen bei einer Produktionsbesichtigung (fast) alle Geheimnisse der Nudelherstellung verraten, zum Anderen konnte man im Nudelmuseum einen Einblick in die Historie und zu den Ursprüngen unserer heutigen Teigwaren und deren Herstellung bekommen. Ganz dem Motto: „Volle Nudelkraft voraus!“.

„Power“-Grill am 09.05.2007

Wie auch im letzten Jahr luden wir interessierte Studenten zum gemeinsamen Grillen ein. Studenten des vierten Semesters können hier durch das gemeinsame Gespräch mit den Hochschullehrern und den Mitarbeitern des Elektrotechnischen Institutes (ETI) und des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik (IEEH) Anregungen für die Wahl ihres Hauptstudiums finden. Zusätzlich werden Führungen durch die Hochspannungshalle und die Versuchsräume unseres Institutes angeboten, so dass man sich leichter ein Bild über die praktischen Tätigkeiten, wie auch dem Alltag am Institut, machen kann. Durch die aufgelockerte Atmosphäre beim Grillen wird ein besonders guter Kontakt zwischen Studenten und Lehrenden geboten, welcher uns auch sehr wichtig ist.



Studenten, Hochschullehrer und Mitarbeiter im Gespräch



15. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik 22./23.06.2007 in Ilmenau

Beim jährlich stattfindenden traditionellen Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, das in diesem Jahr an der Technischen Universität Ilmenau durchgeführt wurde, können die wissenschaftlichen Assistenten und Hochschullehrer von der TU Dresden, der TU Darmstadt, der TU Ilmenau, der TU München und der HS Zittau/Görlitz ihre Gedanken und Arbeiten zu den verschiedensten Themen des Fachgebietes „Hochspannungs- und Anlagentechnik“ austauschen.

Das 15. Kolloquium wurde über zwei Tage durchgeführt und in vier Themenkreise geteilt: Elektrische Festigkeit/Isolierstoffe, Elektrische Verbindungen, Betriebsmittel/Schaltanlagen und Überspannungsschutz/Blitzschutz.

Der erste Tag des 15. Kolloquiums wurde nach den Beiträgen zuerst durch Laborbesichtigungen und durch das Schaubergwerk, das sich im Schortetal bei Ilmenau im historischen Stollen „Volle Rose“ befindet, ergänzt. Zum Höhepunkt des Tages wurde das Ilmenauer Fass besucht, das als ein weltweit einzigartiges wissenschaftliches Großgerät faszinierende Einblicke in die noch unerforschte Feinstruktur turbulenter Strömungen gestattet (Bild 1).

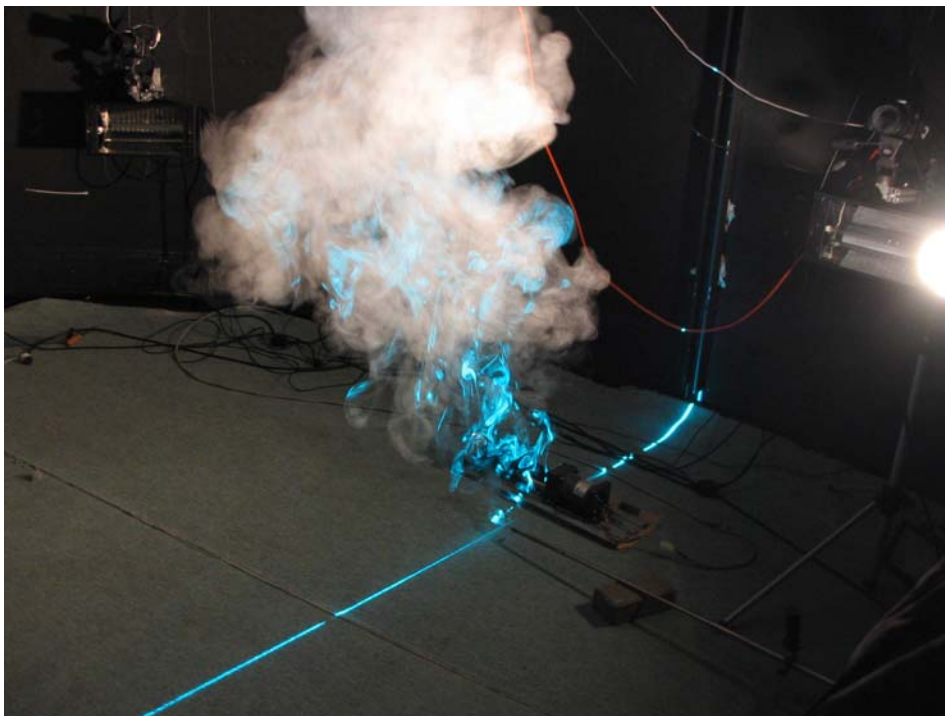


Bild 1: Beobachtung der Turbulenz mittels Lasertechnik

Assistentenausflug der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik vom 06.-08.07.2007 in die Oberlausitz

Das jährlich stattfindende gemeinsame Wochenende aller Mitarbeiter des Lehrstuhls für Hochspannungs- und Hochstromtechnik und ihrer Angehörigen führt traditionsgemäß in die Heimat eines wissenschaftlichen Assistenten der Professur. In diesem Jahr führten Ronny Schneider und Falk Blumenroth die Ausflügler in die Oberlausitz.

Die erste Station des Ausfluges war eine Führung durch die traditionelle Wilthener Weinbrennerei. Es wurde über die Geschichte der Weinbrennerei, die es seit 1842 gibt, und das Weinbrennen selbst berichtet. Nach den beeindruckend großen Eichenholzfässern und dem spezifischen Geruch folgte eine Verkostung der Wilthener Spezialitäten.

Am Sonnabend gab es eine Führung durch den Denkmal- und Erholungsort Obercunnersdorf mit seinen typischen Umgebendehäusern aus dem 18. Jahrhundert. Nach einem gemeinsamen Mittagessen wurde auf den Kottmar (583 m) mit seiner Spreequelle gewandert. Der Tag ging mit Grillen und Kegeln in gemütlicher Runde zu Ende.

Der Löbauer Berg mit seinem in Europa einzigartigen gusseisernen Turm mit einer Höhe von 28 m wurde am Sonntag bei sonnigem Wetter besucht. Den Turm hatte 1854 der Löbauer Bäckermeister Friedrich August Brettschneider erbauen lassen, da der Stadt für einen Aussichtsturm die Mittel fehlten. Das Wochenende fand seinen Abschluss mit einem gemeinsamen Mittagessen in Löbau.



Umgebendehäuser in Obercunnersdorf



gusseiserner Turm auf dem Löbauer Berg

7. VDE-Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“ am 19. und 20. September 2007 an der TU Dresden

Die Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG) und der VDE-Bezirksverein Dresden haben deutsche und ausländische Fachkollegen zur 7. Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“ am 19. und 20.09.2007 wieder nach Dresden in das Hörsaalzentrum der Technischen Universität eingeladen. Organisation und wissenschaftliche Tagungsleitung lagen wie in den vergangenen Jahren in den Händen unseres Instituts, insbesondere in den Händen von Herrn Dr.-Ing. Eberhard Engelmann.

Die in den letzten Jahren stetig steigende Akzeptanz und vermehrte Einführung des AuS in Deutschland spiegelte sich auch in der Teilnehmerzahl dieser Fachtagung wieder. Mit einem Besucherrekord von über 230 Teilnehmern war das Auditorium der Fachvorträge, der Fachausstellung und der Vorführungen stets gut gefüllt.

Schwerpunkte der 14 Vorträge und der Diskussionen waren in diesem Jahr:

- die Rahmenbedingungen für sicheres AuS
- die Spezialausbildung AuS
- die Qualitätssicherung beim AuS
- neue Technologien und Ausrüstungen für das AuS in Nieder- und Hochspannungsanlagen und
- der Schutz vor Störlichtbögen beim AuS.

In einem Beitrag referierte unser wissenschaftlicher Mitarbeiter Herr Dipl.-Ing. Thomas Jordan über die Ergebnisse der Forschungsarbeit „Isoliervermögen und Stromtragfähigkeit eines neuen Überbrückungssystems für MS-Innenraum-Schaltanlagen“, die zusammen mit Industriepartnern auf dem Gebiet des AuS erarbeitet wurden.

Ergänzt wurde das Tagungsprogramm wieder durch eine gut besuchte AuS-Fachausstellung, auf der Hersteller und AuS-Dienstleistungsunternehmen ihre Produkte präsentieren konnten.

Den abschließenden Höhepunkt erlebte diese Fachtagung am zweiten Tag auf dem Laborgelände des Institutes. In 15 Vorführungen wurden AuS-Technologien dem interessierten Besucher unter Spannung vorgeführt. Dabei kamen Technologien aus dem Niederspannungsbereich und für MS-Innenraum-Anlagen in der Hochspannungshalle zum Einsatz. Auf dem Freigelände wurden unter Spannung an einer eigens dafür errichteten 20-kV-Freileitung MS-AuS-Technologien präsentiert.



Auditorium der AuS-Fachtagung



Wechsel eines 20-kV-Abspannisolators mittels isolierender Handschuhe und isolierender Hubarbeitsbühne

Veranstaltungen

Schnupperstudium für einen Tag am 11.01.2007

Uni-Tag am 21.04.2007

Angesichts des enormen Bedarfs der Industrie an gut ausgebildeten Absolventen auf unserem Fachgebiet gehört es zu den vorrangigen Aufgaben des Instituts für geeigneten studentischen Nachwuchs zu sorgen. Möglichkeiten dazu bieten das jährlich stattfindende Schnupperstudium sowie der Uni-Tag. Beide Veranstaltungen erfreuten sich auch in diesem Jahr wieder großer Beteiligung. Beim Schnupperstudium können Schüler aus Gymnasien der Region für einen Tag am realen Lehrbetrieb teilnehmen.

Lange Nacht der Wissenschaften am 29.06.2007

Auch in diesem Jahr waren die Experimentalvorträge in der Hochspannungshalle anlässlich der „Langen Nacht der Wissenschaften“ in der Stadt Dresden einer der Besuchermagneten. In fünf nacheinander stattfindenden Vorträgen hatten mehr als 500 Interessierte die Möglichkeit, sich über Hochspannungstechnik im Allgemeinen, über deren Anwendung in der Elektroenergieversorgung und über die Forschung auf diesem Gebiet zu informieren und beeindruckende Experimente zu erleben.

Sommeruniversität

Veranstaltet von der Zentralen Studienberatung der TU Dresden haben Schüler die Möglichkeiten, während einer Projektwoche universitäre Forschung kennen zu lernen. In diesem Jahr wurde am 31.07.2007 und 07.08.2007 die Funktionsweise der Kraftwerke und Hochspannungsnetze am Beispiel des Dynamischen Netzmodells vorgestellt. Unter dem Titel „Kraftwerke und Netze – Dem Blackout auf der Spur“ wurde ein besonderer Schwerpunkt auf die Schutztechnik und die Vermeidung von Blackouts gelegt. Die Schüler zeigten sich außerordentlich interessiert an diesen aktuellen Aufgabenstellungen der Elektroenergieversorgung.

Exkursionen

VDE-Exkursion nach Regensburg vom 29.05.-02.06.2007

Pünktlich 6:30 Uhr am Dienstag nach Pfingsten war Abfahrt für 32 wissbegierige Studenten und deren Betreuer Prof. Pundt und Prof. Kühne (Zittau) am Hauptbahnhof. Es ging nach Regensburg und die erste Besichtigung war die Maschinenfabrik Rheinhausen. Hier nahm uns der Geschäftsführer Hr. Rhode in Empfang. Er vertrat die studentische Meinung, dass ein Unternehmen vorrangig durch sein Essensangebot in Erinnerung behalten wird und erst zweitrangig durch das Fachliche. In der anschließenden Führung wurden wir mit der Welt des Transformatorstufenschalters bekannt gemacht. Dieser dient zur unterbrechungsfreien Umschaltung der Anzapfungen der Wicklung, um die Spannung dem jeweiligen Lastfall anzupassen.

Am Mittwoch ging es sehr zeitig aus den Federn zur Führung durch das Audi-Werk in Ingolstadt. Der zukünftige Ingenieur konnte hier schon mal in seinem Traumauto Probesitzen. Mit einem Automatisierungsgrad von über 95 % und Arbeitern, die auf dem Band mitfahren, ist ein Output von 2.300 Stück am Tag nicht verwunderlich. Bevorzugt Frauen fahren die fertigen Autos vom Fließband, denn laut Unfallstatistik passieren ihnen die wenigsten Missgeschicke. Unsere nächste Station, Driescher in Moosburg, wartete schon mit einem reichhaltigen Mittagessen auf uns. Dieses traditionsreiche Familienunternehmen fertigt Mittelspannungsschaltanlagen.

Bergfest: Die Fahrt von Regensburg nach Budweis in Tschechien dehnte sich aufgrund mangelnder Infrastruktur in dieser Richtung auf 5 h aus. Wir besuchten dort das Unternehmen EGE, was Petersenspulen, Gittermaste für Freileitungen und Bergbahnen sowie Generatorausleitungen produziert. Im Prüffeld des Unternehmens wurde gerade ein Kurzschlussversuch mit einer Erdschlussspule durchgeführt.



Besichtigung des Prüffeldes der EGE in Budweis

Veranstaltungen

Am Freitag durchliefen wir die Fertigung der SGB Transformatorenwerke in Regensburg. In der Führung wurden uns die verschiedenen Herausforderungen bei der Öl- und Gießharztransformatorenproduktion erläutert. Nach der Fertigstellung konnten die Stahlkolosse bequem per Bahn oder LKW abtransportiert werden. Nach dem Weißwurstmittagessen bei der SGB ging es weiter zu AREVA Sachsenwerk. In dem Werk werden Mittelspannungsschaltanlagen entwickelt und hergestellt. Zahlreiche Ingenieure aus den Bereichen, Entwicklung, Projektmanagement und Personalwesen waren zur Stelle, um uns während der Vorträge und später bei der Führung durch die Fertigung jede Frage zu beantworten. Während des anschließenden kleinen Abendbrotess kam man den Ingenieuren etwas näher und erfuhr vieles über die unterschiedlichen Berufsmöglichkeiten und Werdegänge.

Am Morgen des Abreisetages wurde früh noch schnell alles zusammengepackt, bevor es dann zur Befreiungshalle ging. Die schöne blaue Donau und den Donaudurchbruch genossen wir anschließend auf dem Schiff. Nach der Klosterbesichtigung setzten wir uns in Richtung Erlangen in Bewegung. Am frühen Nachmittag erreichten wir die Festzelte der Bergkirchweih (eine Art kleines Oktoberfest). Dieses traditionelle Treffen auf Einladung von Siemens gestaltet sich immer als reger Erfahrungsaustausch zwischen jungen Absolventen des Unternehmens und uns Studenten über den Beginn und den Alltag des Arbeitslebens, die Siemensgemeinschaft und auch Erfahrungen derer, die bereits im Ausland in Projekte involviert waren.



Führung bei der SEG in Regensburg

Fazit: Wir sind nicht nur um einige Eindrücke und Freunde reicher geworden, sondern erlebten eine spannende und abwechslungsreiche Woche zwischen Technik und Kultur, ehrenamtlich organisiert von „unserem“ Prof. Pundt, der seine Ehemaligen rund um Regensburg wieder einmal großartig aktivieren konnte.

So konnten wir uns vieles, was wir bis jetzt in der Theorie studiert haben, auch einmal in der Praxis anschauen oder über Erfahrungen diskutieren.

- Exkursionen zur DREWAG ins Gasturbinen-Heizkraftwerk Nossener Brücke mit Studenten der Fakultäten Maschinenwesen und Wirtschaftsingenieurwesen (3. Semester) im Januar 2007 (4x)
- VDE-Exkursion zum KW Schwarze Pumpe und zur Steuerstelle der Grubenbahnen von Vattenfall Mining and Generation am 03.02.2007
- VDE-Exkursion zur CeBit nach Hannover am 18.03.2007
- VDE-Exkursion zur Industriemesse nach Hannover am 17.04.2007
- Transformatorenwerk Siemens AG in Dresden im Mai 2007
- Stahl- und Walzwerk Riesa am 22.05.2007

Veranstaltungen

Öffentlichkeitsarbeit

Auch in diesem Jahr wurden neben den bereits oben genannten Veranstaltungen Experimentalvorträge für Schüler von Gymnasien aus Dresden und Umgebung durchgeführt sowie Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen z. B. für die ENSO Dresden, die EnBW, LTB, die Feuerwehr, Polizeischule, KEMA, TU Chemnitz. Auch für die Regionalkonferenz Wissens- und Technologietransfer mit Rektor, GWT, SZ und für den MDR wurde die Hochspannungshalle zur Verfügung gestellt und dabei einige Experimente vorgeführt.

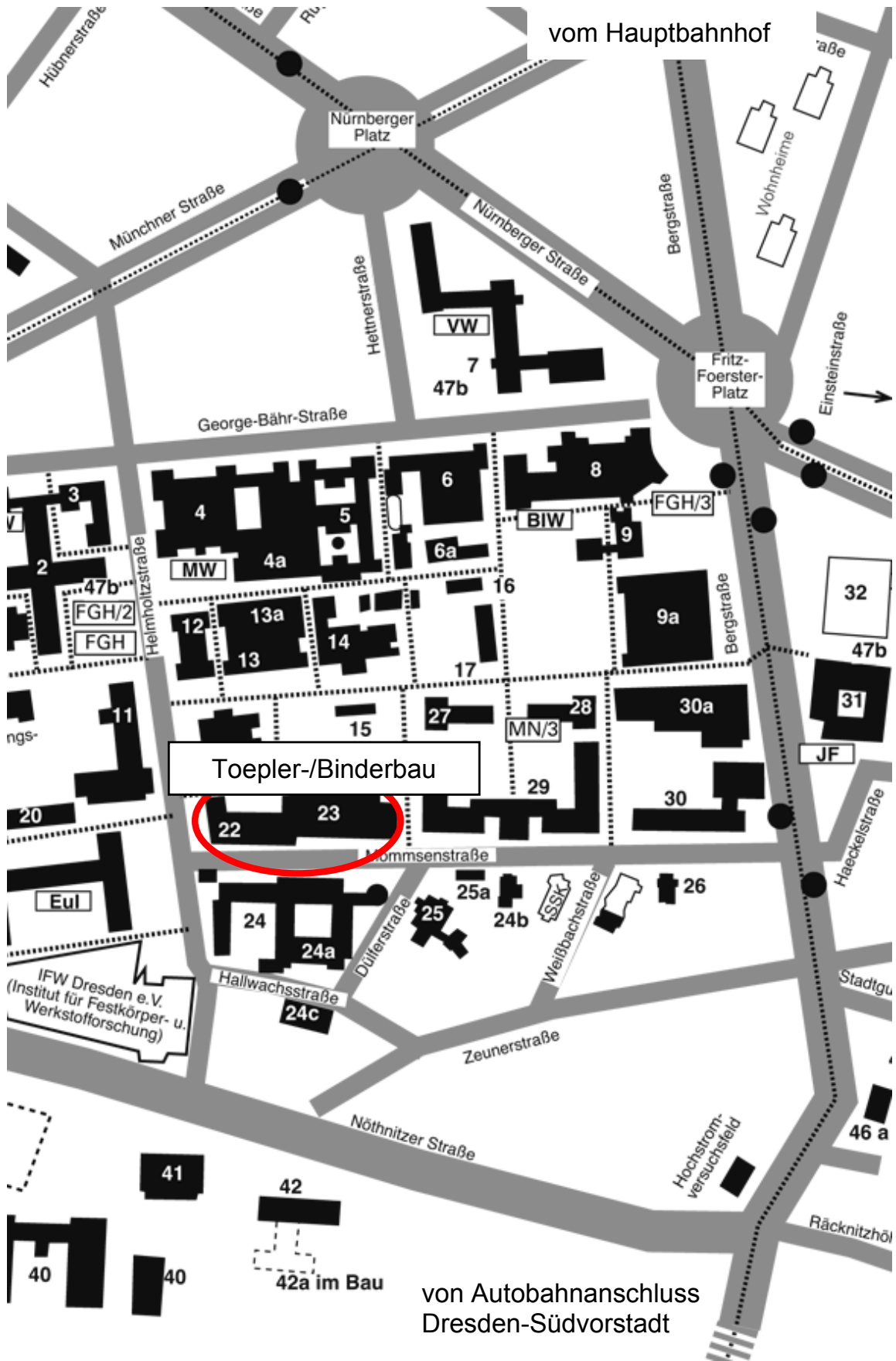
Weiterbildung

PD Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl und Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann waren im März und November 2007 als Dozenten bei der Ausbildung zum akkreditierten Elektrothermografen des Verbandes der Schadensversicherer VdS tätig.

Dipl.-Ing. Thomas Jordan war als Dozent bei der Ausbildung von Monteuren für das MS-Überbrückungssystem für das BSD Bildungs- und Servicezentrum GmbH in Großröhrsdorf tätig.

Anfahrtskizze

Anfahrtskizze



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 den **Buslinien 72** (Richtung Coschütz) und **76** (Richtung 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)