

Institut für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik

Jahresbericht 2005

Inhalt

Personelle Besetzung	5
Lehre	11
Forschung	15
Veranstaltungen	63
Anfahrtsskizze	79

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,

wir freuen uns, Ihnen mit dem vorliegenden Jahresbericht die wesentlichsten Ereignisse und Ergebnisse unserer Aktivitäten im Jahr 2005 darstellen zu können. Das vergangene Jahr ist gekennzeichnet durch Stabilität in der Lehre, gewachsene Studentenzahlen bei den neu ins Fachstudium eingestiegenen Studenten des 5. Semesters in der Elektroenergie- und der Hochspannungstechnik und durch den Ausbau unserer Forschungsbeziehungen zu Partnern aus der Industrie und Energiewirtschaft sowie durch gestiegenes öffentliches Interesse.

Die Forschung am Institut wird von verschiedenen mehrjährigen Forschungsthemen ebenso wie von einer größeren Anzahl mittelfristiger Projekte getragen. Allen unseren Forschungspartnern sei für die gute Zusammenarbeit und die intensive Förderung der Forschung und der damit betrauten wissenschaftlichen Mitarbeiter ganz herzlich gedankt. (Insgesamt werden 14 von 15 befristeten Assistenten auf Drittmittelbasis finanziert.)

Um unseren Partnern aus der Industrie und Energiewirtschaft die vorhandenen wissenschaftlichen Erfahrungen und Laborkapazitäten besser und unbürokratischer zugänglich zu machen und gleichzeitig die im Institut vorhandenen personellen und technischen Ressourcen intensiver nutzen zu können, wurde gemeinsam mit der Gesellschaft für Wissens- und Technologietransfer der TU Dresden mbH (GWT) ein Kompetenzzentrum „Hochspannungs- und Hochstromtechnik“ gegründet. Die Projektarbeit ist bereits gut angelaufen. Im nächsten Jahr werden wir diese Aktivitäten weiter ausbauen und die Informationsangebote für unsere Partner verbessern.

Jahresbericht 2005

Höhepunkte, die das IEEH mit Fachkollegen und Ehemaligen begehen konnte, waren

- das große Assistententreffen der Professur Elektroenergieversorgung
- die VDE-Fachtagung „Arbeiten unter Spannung“
- der internationale ETG-Kongress und
- das 75jährige Bestehen der Hochspannungshalle der TU Dresden.

Um die Historie der Hochspannungshalle den jetzigen und künftigen Mitarbeitern und Studenten näher zu bringen, haben Ehemalige eine aufschlussreiche Serie von Postern erstellt. Auch dafür meinen herzlichen Dank.

Das interne Zusammenwachsen der beiden Institutsteile Elektrische Energieversorgung und Hochspannungs- und Hochstromtechnik ist weiter vorangegangen. Leider musste der geplante Umzug von Mitarbeitern aus dem Seminargebäude Zellescher Weg in den Toepler-Bau aus finanziellen Gründen auf 2006 verschoben werden.

Ein großes öffentliches Interesse an der Arbeit des Instituts und an der Hochspannungshalle hat sich auch in diesem Jahr bei einer Vielzahl von Experimentalvorträgen und Weiterbildungsveranstaltungen ebenso gezeigt, wie bei der Nutzung unserer Halle als Proben- und Aufführungsort im Rahmen der 19. Dresdner Tage der Zeitgenössischen Musik.

Um die Möglichkeiten der modernen Kommunikation des Instituts mit seinen Partnern innerhalb und außerhalb der TU Dresden zu untersuchen, wurde ein gemeinsames Forschungsprojekt mit Herrn Prof. Dr. Axel Satzger von der Fakultät Sprach- und Literaturwissenschaften unserer Universität gestartet. Im Ergebnis entstand die Magisterarbeit von Frau Janine Weise sowie das neue Erscheinungsbild dieses Jahresberichtes. Weitere Veränderungen, insbesondere die Verbesserung der Darstellung des IEEH im Internet stehen noch aus. Herrn Prof. Axel Satzger und dem Team seiner Studenten, die in diese Projektarbeit einbezogen waren, sei an dieser Stelle noch einmal für die gute Zusammenarbeit gedankt.

Mein Dank gilt allen Mitarbeitern der Instituts, Freunden und Partnern, die unsere Arbeit mit Rat und Tat unterstützt haben.

Ich wünsche Ihnen ein gesundes, frohes und erfolgreiches Jahr 2006.

Dresden, im Dezember 2005



Personelle Besetzung

Personelle Besetzung

Mitarbeiter

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

Herrn Dipl.-Ing. Falk Blumenroth	(ab 14.02.2005)
Herrn Dipl.-Ing. Philipp Stachel	(ab 15.03.2005)
Herrn Dipl.-Ing. Ronny Schneider	(ab 01.12.2005)

Auch begrüßen wir den Auszubildenden Norman Hennig in unseren Reihen (ab 20.06.2005).

Im Rahmen eines Auslandsforschungssemesters weilten von Oktober bis Dezember 2005 Herr Handke aus Polen (Praktikum) und Herr Lojek aus der Slowakei (Erasmus) an der Professur Elektroenergieversorgung.

Ein IAESTE-Fachpraktikum absolvierten Herr Areslan aus Syrien (August/September 2005) und Herr Solomakho aus Belarus (Juli/August 2005) an der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik.

Als Gastwissenschaftler waren Herr Prof. Dr.-Ing. Mohamad Zhirh aus Syrien im Zeitraum Juli/August 2005 an der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik und Herr Prof. Dr.-Ing. habil. Tadeusz Lobos aus Polen im Zeitraum Juli bis September 2005 an der Professur Elektroenergieversorgung tätig.



Das Team des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik im November 2005

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 loeb1@ieeh.et.tu-dresden.de	32138
Emeriti	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) engelmann@ieeh.et.tu-dresden.de	33103
	Dr.-Ing. Franz Mach mach@ieeh.et.tu-dresden.de	35336
	Dr.-Ing. Jan Meyer meyer@ieeh.et.tu-dresden.de	35102
	Dr.-Ing. Joachim Speck speck@ieeh.et.tu-dresden.de	33105
	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. Christoph Gramsch gramsch@ieeh.et.tu-dresden.de	33080
	Dipl.-Ing. Sven Höpfner hoepfner@ieeh.et.tu-dresden.de	35353
	Dipl.-Ing. Mario Jochim jochim@ieeh.et.tu-dresden.de	34756
	Dipl.-Ing. Thomas Jordan jordan@ieeh.et.tu-dresden.de	32746
	Dipl.-Ing. Thomas Kafurke kafurke@ieeh.et.tu-dresden.de	32746
	Dipl.-Ing. Rainer Luxenburger lux@ieeh.et.tu-dresden.de	35223
	Dipl.-Ing. Tomasz Magier magier@ieeh.et.tu-dresden.de	32746
	Dipl.-Ing. Irina Ovsyanko ovsyanko@ieeh.et.tu-dresden.de	34789
	Dipl.-Ing. Solaiman Rahmoon rahmoon@ieeh.et.tu-dresden.de	34948
	Dipl.-Ing. Ronny Schneider schneider@ieeh.et.tu-dresden.de	34756
	Dipl.-Ing. Philipp Stachel stachel@ieeh.et.tu-dresden.de	35272
Kollegiaten	Dipl.-Ing. Piergiovanni La Seta laseta@ieeh.et.tu-dresden.de	35272
	Dipl.-Ing. Peter Vlcek vlcek@ieeh.et.tu-dresden.de	35223
Technische Angestellte	Dipl.-Ing. (FH) Axel Göres goeres@ieeh.et.tu-dresden.de	32613
	Dipl.-Ing. Rainer Luther luther@ieeh.et.tu-dresden.de	35222
	Monika Markow markow@ieeh.et.tu-dresden.de	32214

Personelle Besetzung

Werkstatt	Ralf Dittrich dittrich@ieeh.et.tu-dresden.de	34745
	Michael Gläser glaeser@ieeh.et.tu-dresden.de	34260
	Gerd Jaroszczyński jarosci@ieeh.et.tu-dresden.de	34745
	Helge Knüpfel knuepfel@ieeh.et.tu-dresden.de	34260
	Peter Wermuth wermuth@ieeh.et.tu-dresden.de	33516
	Norman Hennig (Azubi)	34260
Fax:	Prof. Elektroenergieversorgung	37036
	Prof. Hochspannungs- u. Hochstromtechnik	37157

Personelle Besetzung

Mitarbeit in Gremien

Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann

- stellvertretender Vorsitzender des VDE-Bezirksverein Dresden
- Arbeitskreis „Hochspannungsgeräte und -anlagen“ im VDE-Bezirksverein Dresden

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner

- Mitglied im ETG-Vorstand
- persönliches Mitglied FGH, IEEE
- Prodekan 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

- Arbeitsausschuss „Spannungsqualität“ des VDN Berlin
- Fachbereich V2 „Übertragung und Verteilung elektrischer Energie“ der ETG im VDE
- 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 AK-Vorsitzender beim VDE-Bezirksverein Dresden
- VDE-Ausschuss „Sicherheits- und Unfallforschung“
- ETG-V2.3/ETG-FA5.5 „Schutz- und Automatisierungstechnik“
- GAK 952.0.15 „IEC 61850“ der DKE
- 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
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
Elektrische Energieübertragung Prof. Dr.-Ing. Schegner	2 / 1 / 0	
Elektroenergietechnik Prof. Dr.-Ing. Schegner	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0

Fachstudium

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
Netzschutz- und Leittechnik Prof. Dr.-Ing. Schegner / Doz. Dr.-Ing. Bauer	3 / 1 / 1	
Elektroanlagenprojektierung Prof. Dr.-Ing. Schegner / Dr.-Ing. Mach		1 / 2 / 1
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

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 Fachstudium an andere Fakultäten		
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 Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler		2 / 1 / 1
Elektroenergieversorgung für Wirtschaftsingenieurwesen Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler		2 / 0 / 1
Hochspannungstechnik für Wirtschafts- und Verkehrsingenieure Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0
Elektronische Gerätetechnik / Thermische Dimensio- nierung PD Dr.-Ing. habil. Löbl Diese Vorlesung wird gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. habil. J. Lienig gehalten		2 / 0 / 0

Forschung

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 werden 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.

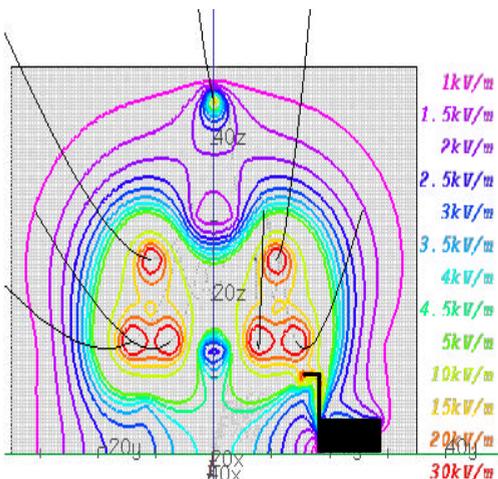


Christian Henze

Elektrische Feldstärke im Nahbereich von Hochspannungsfreileitungen unter Berücksichtigung von mobilen Arbeitsmaschinen

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 zu beschreiben und eine Kollisionsraumüberwachung in der Arbeitsmaschine durchzuführen. Die Bestimmung des Kollisionsraums soll auf gemessenen Feldstärkeverläufen waagrecht unter und senkrecht neben der Freileitung basieren.

Zunächst wird der unbeeinflusste Feldstärkeverlauf für eine 380-kV-, eine 110-kV- und eine 20-kV-Freileitung berechnet, um anschließend den feldverzerrenden Einfluss der Baumaschine untersuchen zu können. Die erreichbare Genauigkeit der Feldstärkemessungen soll abgeschätzt werden. Die Berechnungen werden mit dem Feldberechnungsprogramm „EMF“ durchgeführt.



Das elektrische Feld der 380-kV-Freileitung wird in der Nähe einer Arbeitsmaschine durch diese und deren Arbeitsausrüstung wesentlich beeinflusst (Bild 1). Die E-Feld-Sonde wird unter Nutzung eines Isolierstabs vor dem Kopf des Auslegers der Arbeitsmaschine angebracht. Mit Hilfe von Simulationsrechnungen wird die Länge des Isolierstabs auf die Aussageschärfe des Scans untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass es sinnvoll ist, die Auswertungen der Scans auf die z-Komponente der Feldstärke (senkrecht zur

Bild 1: Feldbeeinflussung einer 380-kV-Donaumast-Leitung durch eine mobile Arbeitsmaschine in Spannfeldmitte

Leitung) für den waagerechten Scanvorgang und auf die y -Komponente der Feldstärke (quer zur Trasse) für den senkrechten Scanvorgang zu konzentrieren, da die anderen Komponenten entweder zu klein oder zu stark verfälscht sind. Bild 2 zeigt die Abhängigkeit der z -Komponente des Feldstärkeverlaufs vom Abstand zwischen der Sonde und dem Kopf des Auslegers für den waagerechten Scan in 5 m Höhe in Spannungfeldmitte. Es ist zu erkennen, dass für Isolierstablängen größer als 0,5 m die Abweichungen zum unbeeinflussten Feldstärkeverlauf toleriert werden können. Bild 3 stellt den gleichen Sachverhalt für die y -Komponente bei einem senkrechten Scan in 10 m Entfernung neben der Leitung dar.

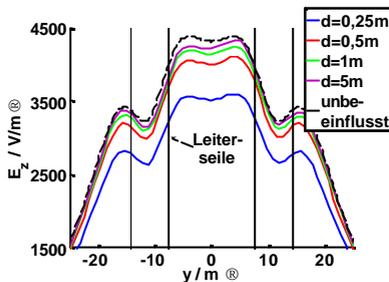


Bild 2: E_z für waagerechten Scan in 5 m Höhe unter der Leitung in Abhängigkeit vom Abstand Sonde-Ausleger

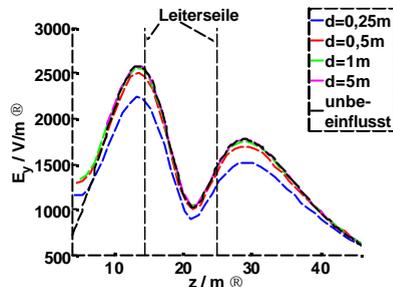


Bild 3: E_y für senkrechten Scan 10 m neben der Leitung in Abhängigkeit vom Abstand Sonde-Ausleger

Aus den simulierten Scanvorgängen sind Lösungsstrategien für die Bestimmung der elektrischen und geometrischen Daten der Freileitung zu erarbeiten. Hierfür können die Scanvorgänge analysiert und anhand von charakteristischen Verläufen und Punkten Aussagen über die Leitung getroffen werden. In Bild 3 ist zu erkennen, dass beispielsweise die Höhe des unteren Leiterseils relativ genau bestimmbar ist.

Eine andere Methode ist der Versuch der mathematischen Rückrechnung aus gemessenen Feldstärkewerten. Diese Berechnungen wurden zunächst nur für einfache Geometrien und unter Vernachlässigung von Störkörpern und des Leiterseildurchgangs durchgeführt. Es zeigt sich, dass Ein- und Zweileiteranordnungen für zeitlich konstante Ladungen mit Hilfe von numerischen Methoden eindeutig berechnet werden können. Das Problem der numerischen Rechnung ist, dass Startwerte für die Iteration nötig sind. Diese können durch die Analyse der Scanvorgänge ermittelt werden. Die Berechnungen sollen auf praxisrelevante Mehrleitersysteme und für zeitveränderliche Ladungen (Spannungen der Leiterseile) erweitert werden.



Sven Höpfner, Dipl.-Ing.

Verfahren zur Korrektur von Resonanzkurven- und Ortskreismessungen

Die meisten Netze der Mittelspannungsebene werden in Deutschland mit Erdschlusskompensation betrieben. Um Resonanzsternpunktgeerdete Netze optimal betreiben zu können, ist eine möglichst genaue Spuleneinstellung nötig. Der Einstellwert für die Spuleninduktivität kann mit Hilfe der Resonanzkurve überprüft werden. Weiterhin dient die Resonanzkurve der Bestimmung von Netzparametern, wie z.B. des Dämpfungsfaktors der ein Maß für den Wirkanteil des Erdschlussreststromes ist. Die ideale Resonanzkurve kann mit (1) als „Glockenkurve“ beschrieben werden. Jedoch ist bei der messtechnischen Erfassung von Resonanzkurven diese Symmetrie nicht immer vorhanden.

$$\underline{U}_{EN} = \frac{Y_{01} \cdot \underline{U}_{aN}}{\omega \cdot C_{00} \cdot (d + j \cdot v)} \quad (1)$$

$$\underline{U}_{EN} = \frac{\sum(Y_{LE} \cdot \underline{U}_{LN})}{(\underline{Y}_{EN} + \sum(Y_{LE}))} \quad (2)$$

Für die Messung der Resonanzkurve wird im Normalbetrieb die Spule ver- stellt und entweder die U_{EN} direkt an der offenen Dreieckswicklung oder die drei Leiter - Erde - Spannungen gemessen. Aus diesen wird anschließend die U_0 berechnet. Entsprechend (2) könnten Messfehler bei der Erfassung

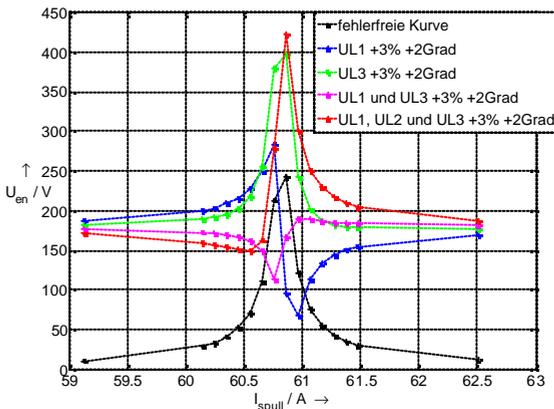


Bild 1: Auswirkung systematischer Messfehler auf die Resonanzkurve

der \underline{U}_{LN} zu Abwei- chungen der Resonanzkurve von ihrem idealen Ver- lauf führen. Für die folgenden Unters u- chungen wurden in einem ersten Schritt nur syste- matische Messfeh- ler berücksichtigt. Entsprechend der DIN VDE 0414 Teil 2 für die Be- schreibung indukti- ver Spannungswan- dler, kann ein 3P Wandler +/- 3 % Spannungsabwei-

chung und einen Fehlwinkel von +/- 120 Minuten besitzen. In Bild 1 sind die Auswirkungen systematischer Messfehler auf die Resonanzkurve dargestellt. Die angenommenen Fehler der Spannungswandler lagen dabei innerhalb der Klassengenauigkeit. Bei den Resonanzkurven ergeben sich Vergrößerungen bzw. Verkleinerungen und/oder Verschiebungen. Die sich dadurch ergebenden Abweichungen bei der Berechnung von Verstimmung und Dämpfung sind für den Netzbetrieb nicht mehr akzeptabel.

Unter Zuhilfenahme der Methode der kleinsten Fehlerquadrate erfolgt eine schrittweise Korrektur um eine fehlerfreie Resonanzkurve zu erhalten. In Bild 2 ist eine mit einem systematischen Messfehler (U_{AE} : -3 %, -6°; U_{BE} : 5 %, 0°; U_{CE} : 0 %, 0°) behaftete Resonanzkurve (rot) dargestellt. Aus dieser unsymmetrischen, verlagerten Resonanzkurve wird mit (3) in einem ersten

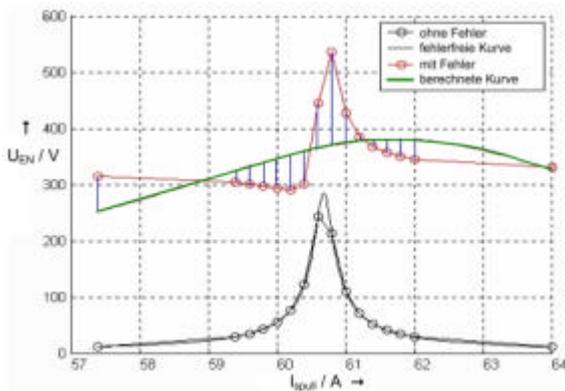


Bild 2: Korrektur von systematischen Messfehlern bei Resonanzkurvenaufzeichnungen

Iterationsschritt eine Kurve (grün) mit besserer Symmetrie berechnet. In (3) werden von den fehlerbehafteten Messwerten die mit Hilfe einer analytischen Funktion berechneten Werte einer idealen Resonanzkurve abgezogen. Die Parameter der analytischen Funktion werden so gewählt das ϵ minimal wird.

$$\epsilon = \sum_{i=1}^n [U_{EN}(i) - F(I_L(i))]^2 \quad (3)$$

$$F(I_L(i)) = \sqrt{\frac{W^2}{I_{wr}^2 + (I_L(i) - I_{CE})^2}} \quad \text{mit: } W^2 = \left(\frac{|Y_{01}| \cdot |U_{an}|}{|\omega \cdot C_{00}|} \right)^2 \cdot I_{CE}^2 \quad (4)$$

Durch die wiederholte Iteration erfolgt in wenigen Schritten eine Annäherung an die fehlerfreie Resonanzkurve. Nach Abschluss des Korrekturverfahrens kann für jeden Spannungswandler der systematische Messfehler angegeben werden.

Weitere Verfahren für die Korrektur von Resonanzkurvenmessungen bei direkter U_{EN} Messung, für die Verbesserung von Ortskreismessungen und zur Beseitigung von zufälligen Messfehlern wurden entwickelt und verifiziert.



Piergiorgio La Seta, Dipl.-Ing.

Neues Verfahren zur Erhöhung der Stabilität von doppelgespeisten Asynchronmaschinen

In zukünftigen Elektroenergiesystemen wird die dezentrale Energieversorgung eine große Bedeutung einnehmen. Diese dezentralen Systeme basieren oft auf erneuerbaren Energiequellen, wobei die dafür verwendeten Erzeugungsmaschinen in der Regel durch kleine Nennleistungen charakterisiert sind. Deshalb sind normalerweise mehrere Einheiten installiert.

Die wachsende Präsenz der verteilten Erzeugung in verschiedenen Ebenen des elektrischen Netzes fordert auch in der Mittelspannungsebene, Stabilitäts- bzw. Regelaspekte zu berücksichtigen. Die Nutzung von Windenergie, spielt in Deutschland eine sehr wichtige Rolle. Diese ist jedoch dargebotsabhängig, da die Windgeschwindigkeit nicht regelbar ist.

Die flexibelste Konfiguration für die Umwandlung der Windenergie in Elektroenergie ist die doppelgespeiste Asynchronmaschine (ASM). Der Ständer der Maschine wird an das Netz (feste Frequenz) angeschlossen, der Läufer wird mit einem bidirektionalen und geregelten Umrichter verbunden (variable Frequenz und Amplitude in Abhängigkeit von den Lastbedingungen), wie im Bild 1a dargestellt. Im normalen Betrieb speist der Generator in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit die jeweils maximal erzeugbare Wirkleistung ins Netz. In diesem Fall erfolgt eine optimale Regelung der Rotorkwellegeschwindigkeit (Bild 1b). Für Windgeschwindigkeiten über dem Bemessungswert der Windkraftanlage (WKA) wird durch eine Flügelwinkelregelung die mechanische Antriebsleistung reduziert. Für zu kleine oder zu

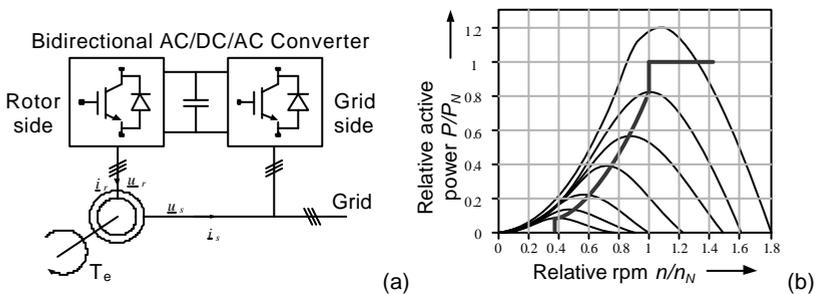


Bild 1: (a) Konfiguration einer doppelgespeisten Asynchronmaschine für WKA; (b) Optimale Leistungsregelung in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

hohe Windgeschwindigkeiten wird der Generator abgeschaltet.

Da die Erzeugung elektrischer Energie stark von der Windgeschwindigkeit abhängt, können WKA, sei es in Windparks oder als einzelne Anlagen, nicht überall installiert werden.

Um die transiente Stabilität auch im Fehlerfall zu gewährleisten müssen besondere Maßnahmen ergriffen werden. Genauere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Stabilitätsfläche einer ASM wesentlich kleiner ist als die einer Synchronmaschine. Eine neue Stabilisierungsmethode für doppeltgespeiste ASM wurde entwickelt, welche die Stabilität der ASM nach der Fehlerklärung erheblich verbessert. Sie besteht in der Versorgung der Rotorwicklungen durch eine Batterie während und kurz nach der Fehlerklärung. Simulationen sowohl einer einzelnen Windturbine als auch eines Inselnetzes mit zwei Synchrongeneratoren (jeweils mit Spannungs- und Leistungsregler ausgestattet) und einer Windpark (zwei doppeltgespeiste ASM) beweisen die Wirksamkeit der neuen Methode im Vergleich zur Anwendung des Crowbars (Bild 2). Die Crowbar-Methode, d.h. die Kurzschließung der Rotorwicklungen, ist die heute am häufigsten verwendete Maßnahme, um im Fehlerfall die ASM und die leistungselektronischen Umrichter zu schützen. Diese Methode jedoch reduziert die Stabilisierungsfähigkeit der ASM.

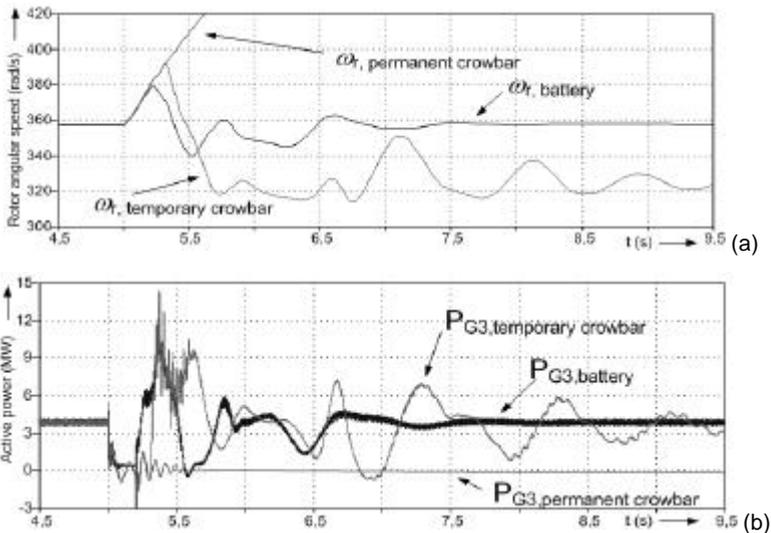


Bild 2: Transiente Stabilität in einem Inselnetz mit Windpark bei Anwendung der Crowbar- und der Batteriemethode: (a) Rotorwinkelgeschwindigkeit der WKA; (b) erzeugte Wirkleistung



Rainer Luxenburger, Dipl.-Ing.

Untersuchung von einpoligen AWE-Vorgängen auf langen Freileitungen

In Höchstspannungsnetzen wird bei einpoligen Fehlern eine einpolige Automatische Wiedereinschaltung (AWE) durchgeführt. Die beiden nicht unterbrochenen Leiter erhalten den Synchronismus der verbundenen Netzteile und gestatten eine Energieübertragung während der Pausenzeit. Ein Nachteil der einpoligen AWE ist die kapazitive Speisung des Lichtbogens durch die beiden nicht unterbrochenen Leiter, insbesondere bei langen Leitungen. Bei sehr langen Leitungen kann die induktive Kopplung ebenfalls von Bedeutung sein. Die Speisung des Lichtbogens während der einpoligen Unterbrechung kann zu erfolglosen AWE-Vorgängen führen, da der Lichtbogen in der Pausenzeit nicht erlischt bzw. die Lichtbogenstrecke nicht entionisiert wird.

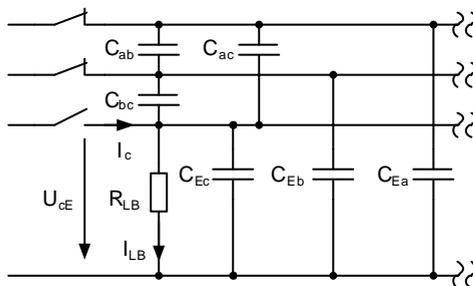


Bild 1: Kapazitive Kopplung einer Einfachleitung bei einpoliger Unterbrechung mit Lichtbogenwiderstand R_{LB}

Um die Ursachen erfolgloser AWE-Vorgänge zu bestimmen, wurde die Größe des Lichtbogenstromes für 380-kV-Freileitungen berechnet. Eine systematische Untersuchung des Einflusses der Leitungs- und Netzparameter ergab u. a.,

- dass die kapazitive Kopplung bei einer verdrehten Doppelleitung günstiger ist als bei einer Einfachleitung.
- dass parallele Trassen vernachlässigt werden können.
- dass die induktive Kopplung gering ist, wenn man den Grundschwungsanteil des Stromes betrachtet.

- dass die induktive Kopplung durch Oberschwingungsströme relevant sein kann.

Die Analyse zeigte zusätzlich, daß der Grundschwingsanteil des Lichtbogenstromes um 90° verschoben ist zu der Spannung, die nach der Lichtbogenlöschung wiederkehrt. Die wiederkehrende Spannung kann deshalb verlagert sein und innerhalb von der Zeit $t = 10$ ms den doppelten Spitzenwert erreichen. Dies kann zum Wiederzünden des Lichtbogens führen.

Zusätzlich zu den theoretischen Untersuchungen erfolgte die Auswertung zahlreicher Störaufzeichnungen von erfolgreichen und erfolglosen AWE-Vorgängen. Aufbauend auf den Analysen und mathematischen Auswertungen der Störaufzeichnungen wurden Verfahren entwickelt, die es gestatten

- den Zeitpunkt der Lichtbogenlöschung zu bestimmen (Bild 2). Dies geschieht durch Auswertung der Spannung im unterbrochenen Leiter und wird zur Bewertung und Optimierung der Pausenzeit genutzt. Eine adaptive Steuerung der Pausenzeit im Schutzgerät wird ebenfalls ermöglicht.
- die Fehlerbedingungen zu bewerten. Die Ergebnisse dieser Bewertung können angewendet werden, um nach einer erfolglosen AWE zu entscheiden, ob manuell einzuschalten ist bzw. nicht einzuschalten ist. Eine adaptive Steuerung der AWE (Freigabe oder Blockade) im Schutzgerät wird ebenfalls ermöglicht.

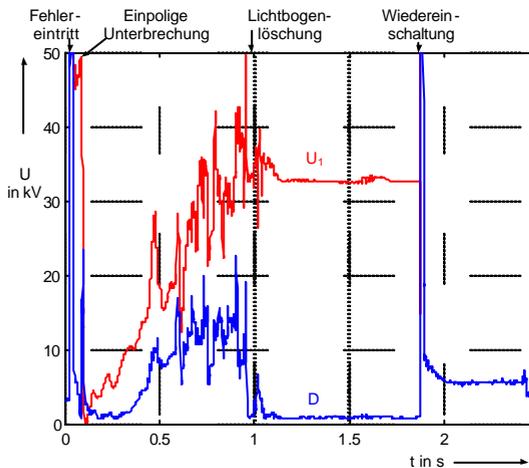


Bild 2: Spannung im unterbrochenen Leiter

U_1 Grundschwingungsanteil

D Oberschwingungsanteil



Jan Meyer, Dr.-Ing.

Quantitative Bewertung der Spannungsqualität in öffentlichen Verteilungsnetzen

Die klassische Bewertung der Spannungsqualität nach DIN EN 50160 führt nur zu qualitativen Aussagen darüber, ob bestimmte Spannungsqualitätskenngrößen, wie z.B. Spannungsharmonische, Langzeit-Flicker oder Spannungsunsymmetrie die vorgegebenen Grenzwerte einhalten. Aussagen über die noch vorhandenen Reserven oder ein direkter Vergleich der Pegel verschiedener Spannungsqualitäts-Kenngrößen (im weiteren Text nur Kenngröße) untereinander sind nicht möglich. Beiden Forderungen wird durch ein neues Verfahren zur quantitativen Bewertung der Spannungsqualität auf Basis so genannter Spannungs-Qualitätsindizes (im weiteren Text nur Index) entsprochen.

Für eine einzelne Kenngröße q an einem Verknüpfungspunkt/PCC v, falls erforderlich im Leiter p, wird ein normalisierter Einzelindex $r_{E(v,q,p)}$ aus dem aktuellen, normgerecht bestimmten Pegel $m_{(v,q,p)}$ und dem vorgegebenen Grenzwert $g_{(q)}$ berechnet:

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

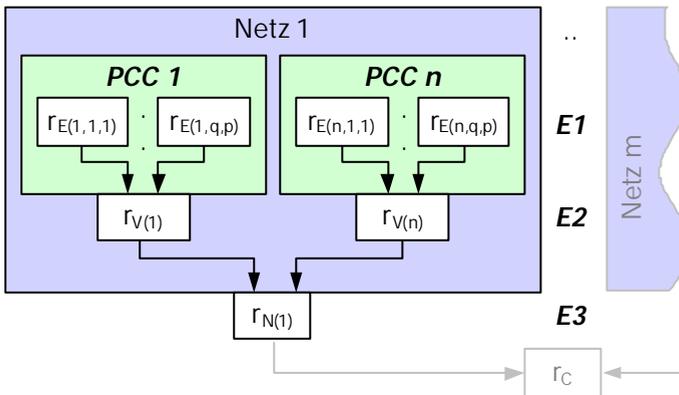


Bild 1: Prinzip der schrittweise zusammengefassten Qualitätsindizes

Die Einzelindizes werden im Anschluss zu Gruppenindizes r_g (z. B. Gruppenindex aller Harmonischen in allen Leitern an einem Verknüpfungspunkt) bzw. zum Verknüpfungspunktindex r_v (alle Einzelindizes eines Verknüpfungspunktes) zusammengefasst. Eine weitere Zusammenfassung zu Netzindizes r_N oder Gesamtindizes r_C ist ebenfalls möglich (Bild 1).

In jedem Falle repräsentiert der Zahlenwert jedes Index die minimale vorhandene Reserve für alle im jeweiligen Index zusammengefassten Kenngrößen als relativen Wert. Es bedeutet $r_g = 0,63$ bspw. das für alle in die Berechnung von r_g eingeflossenen Kenngrößen die minimale Reserve zum vorgegebenen Grenzwert 63 % beträgt.

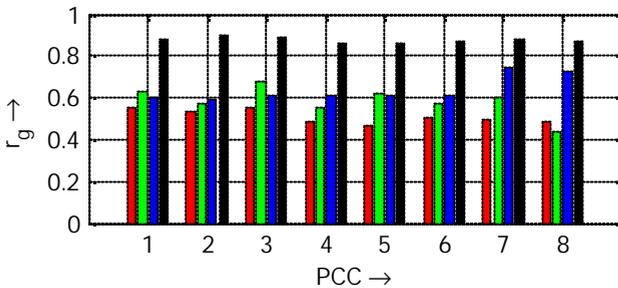


Bild 2: ausgewählte Gruppenindizes eines städtischen Verteilungsnetzes (Netz A) (Spannungsänderungen; Harmonische; Langzeitflicker; Unsymmetrie)

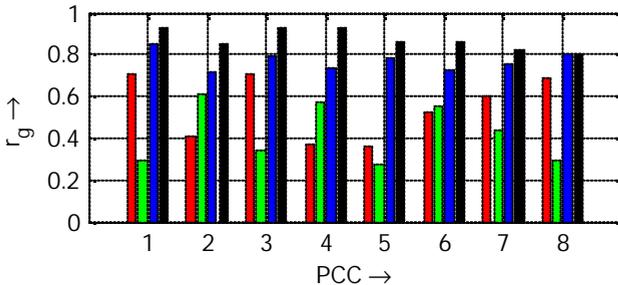


Bild 3: ausgewählte Gruppenindizes eines regionalen Verteilungsnetzes (Netz B)

Der Vergleich von jeweils 8 verschiedenen Verknüpfungspunkten in einem städtischen und regionalen Mittelspannungsnetzes (Bilder 2 und 3) zeigt, dass noch ausreichende Reserve vorhanden ist. Die minimale Reserve beträgt ca. 30 % (PCC 5, Netz B, Harmonische). Die Schwankungen zwischen den Verknüpfungspunkten sind im regionalen Netz erwartungsgemäß größer als im städtischen Netz.



Philipp Stachel, Dipl.-Ing.

Modellierung eines HTS-Strombegrenzers für Netzuntersuchungen

Hochtemperatursupraleitende (HTS) Strombegrenzer sind Primärauslöser, die für ihr Ansprechen kein äußeres Ansteuersignal benötigen. Sobald die Stromdichte $j(t)$ durch den Strombegrenzer einen kritischen, dimensionierbaren Wert J_c überschreitet, ändert sich der Widerstand des supraleitenden Materials sprunghaft von 0Ω (Supraleitung) auf $(0,5 \dots 1)\Omega$ (Normalleitung). Die damit verbundene Strombegrenzung erfolgt innerhalb weniger Millisekunden auf den zwei bis dreifachen Nennstrom. Um eine thermische Überlastung des Supraleiters zu verhindern, muss ein in Reihe zum Strombegrenzer vorhandener Leistungsschalter den Fehlerstrom abschalten. Sobald der Fehler geklärt und der Supraleiter unterhalb die Sprungtemperatur abgekühlt ist, kann der Strombegrenzer wieder zugeschaltet werden. Der HTS-Strombegrenzer kann theoretisch beliebig oft Fehlerströme begrenzen.

Für transiente Simulationen eines Inselnetzes auf Mittelspannungsebene war ein Modell des Strombegrenzers zu entwickeln, welches das Klemmenverhalten im betrachteten Zeitraum ausreichend genau nachbildet.

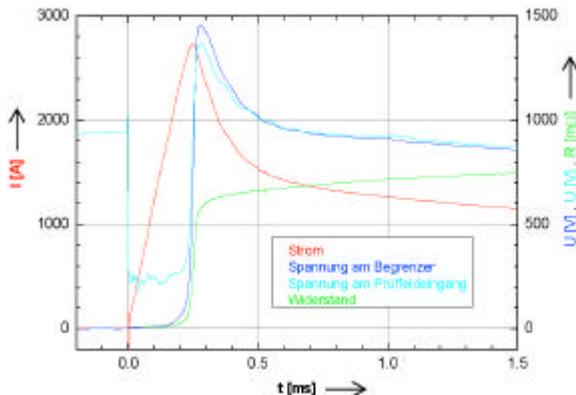


Bild 1: Zeitverläufe einer Strombegrenzung (Quelle: Siemens AG)

Als Simulationssoftware wurde NETOMAC verwendet. Die Modellierung des Strombegrenzers orientierte sich an den Messergebnissen eines bei der Fa. Siemens in Entwicklung befindlichen Prototyps.

Bild 1 zeigt den Zeitverlauf einer typischen Strombegrenzung. Nach Kurzschluss Eintritt kann der Verlauf des ohmschen Widerstandes R_{HTS} des Supraleiters mit folgender Beziehung angenähert werden:

$$r_{HTS}(t) = R_{start} + \frac{\Delta R}{\Delta t} \cdot t$$

Dabei ist R_{start} der Widerstand kurz nach Verlust der Supraleitung und $\frac{\Delta R}{\Delta t}$ der Widerstandsanstieg bedingt durch die thermische Erwärmung des Substrats.

Das vereinfachte Modell des Strombegrenzers ist schematisch in Bild 2 dargestellt.

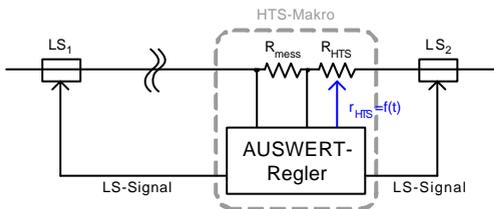


Bild 2: Modell des HTS-Strombegrenzers in NETOMAC

Der momentane Strom i durch den Messwiderstand ($R_{mess} \approx 0\Omega$) wird hinsichtlich des Strommaximums und der Stromsteilheit bewertet. Beim Überschreiten von parametrierbaren Werten, wird der ohmsche Widerstand R_{HTS} gemäß der oben dargestellten Rampe sprunghaft verändert. Nach einer parametrierbaren Zeit wird ein Auslösesignal für die vorzusehenden Leistungsschalter LS_1 und LS_2 erzeugt.

Die Stromerfassung und die Entscheidungslogik für das Ansprechen des Strombegrenzers wurden für alle drei Phasen in einer Makrofunktion (AUSWERT-Regler) hinterlegt. Die Steuerung der Widerstandskennlinien wurde mit einem VAR-Y-Regler für jede Phase einzeln programmiert.

Das oben dargestellte Modell des HTS-Strombegrenzers wurde bei Kurzschlussberechnungen in Inselnetzen eingesetzt und hat sich bewährt.



Peter Vlcek, Dipl.-Ing.

Wahrscheinlichkeitsbasiertes Ermitteln von Einstellwerten für Distanzschutzeinrichtungen

Die Grundlage des Distanzschutzes ist eine Bestimmung des Fehlerorts durch eine Messung der Impedanz am Einbauort des Schutzgerätes. Im idealen Fall, wo jeder Wert der gemessenen Kurzschlussimpedanz einem eindeutigen Wert der Fehlerentfernung entspricht und diese Impedanz durch das Schutzgerät genau gemessen wird, würde der Distanzschutz eine schnellstmögliche und vollständig selektive Abschaltung jedes Fehlers in der geschützten Zone und in den Reservezonen gewährleisten.

In der Praxis muss man immer mit Unschärfen bei der Bestimmung des Fehlerorts rechnen. Diese Unschärfen können sowohl Über- als auch Unterfunktionen der Schutzeinrichtung verursachen. In den meisten Fällen sind besonders die unselektiven Auslösungen, das heißt Überfunktionen, unerwünscht. Deshalb werden die Auslösezonen der Distanzschutzeinrichtungen in der Regel verkürzt eingestellt (unterstaffelt), und damit eine erhöhte Häufigkeit von verspäteten Auslösungen (Unterfunktionen) toleriert. Für den Grad der Unterstaffelung werden meistens Erfahrungswerte gewählt, ohne die Unter- und Überfunktionshäufigkeiten genau zu bestimmen.

Eine genauere Kenntnis der Schutzunschärfen und Wahrscheinlichkeiten, bzw. Häufigkeiten von Fehlfunktionen, ermöglicht eine wahrscheinlichkeitsbasierte, objektive und optimierte Einstellung. Für diesen Zweck kann man die Ursachen für die Unschärfen der Distanzschutzeinrichtungen in zwei Gruppen teilen:

1. Die Impedanz am Einbauort der Schutzeinrichtung wird fehlerbehaftet bestimmt und entspricht damit nicht der tatsächlichen Impedanz der Leitung. Dies wird durch die Messungenauigkeit der Schutzeinrichtung, der Strom- und Spannungswandler verursacht.
2. Die Impedanz am Einbauort der Schutzeinrichtung ist nicht proportional zur Fehlerentfernung. Ursachen hierfür sind verschiedene Einflüsse, die die Impedanz verändern, z. B. Parallelzweige im Netz, Zwischeneinspeisungen und Kopplungen zwischen den Leitungen.

Wenn man die Messungenauigkeit (Gruppe 1) kennt bzw. abschätzen kann, ist es möglich die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, dass eine gemessene Kurzschlussimpedanz in der falschen Zone gesehen wird. Durch die Analy-

se des betrachteten Netzes, zusammen mit der Kenntnis der Fehlerhäufigkeiten aller Betriebsmittel, kann man bestimmen, wie oft Kurzschlüsse einer falschen Zone der Distanzschutzeinrichtung zugeordnet werden.

Ein einfaches Beispiel für dieses Vorgehen ist in Bild 1 dargestellt. Die Schutzeinrichtung R1 soll die Leitung Ltg1 in der Zone 1, d. h. in Schnellzeit und die Leitung Ltg2 in der Zone 2 schützen. Für jeden Kurzschluss auf der Leitung Ltg2 kann eine Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass wegen der Messungenauigkeit die berechnete Impedanz in der Zone 1 gesehen wird und damit eine Überfunktion der Schutzeinrichtung auftritt.

Das Verhalten des Schutzsystems wird nicht nur durch die Messgenauigkeit bestimmt, sondern auch durch die Häufigkeit des Auftretens einzelner Kurzschlussimpedanzen. Man kann den Bereich aller im Netz möglichen Kurzschlussimpedanzen in kleine Intervalle teilen. Für jedes Intervall kann man bestimmen, wie häufig die Impedanzen aus diesem Intervall auftreten. Dieser Wert wird mit der Wahrscheinlichkeit einer Fehlauflösung multipliziert und dadurch erhält man die Wahrscheinlichkeit pro Jahr von Fehlauflösungen für dieses Intervall. Eine Summe über alle Intervalle ergibt die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion pro Jahr.

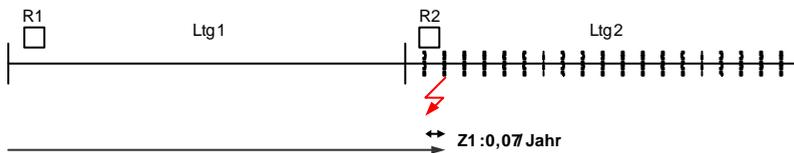


Bild 1: Fehlerimpedanzen am Einbauort der Schutzeinrichtung R1

Auf diese Weise kann man für einen bestimmten Einstellwert die Häufigkeit von Über- und Unterfunktionen ermitteln. Dadurch kann man für die Schutzgeräte solche Einstellwerte finden, bei denen eine vorgegebene maximale Häufigkeit der Überfunktionen gerade noch nicht überschritten ist. Damit werden Unterfunktionen nur im minimalen notwendigen Umfang zugelassen.

Zu weiteren Vorteilen dieses Verfahrens gehört eine bessere Anpassung der Einstellwerte an die Netztopologie, die vorhandenen Einspeisungen und an die Häufigkeit der Kurzschlüsse an verschiedenen Orten des Netzes. Außerdem wird der Übergang von Erfahrungswerten zu genau berechneten Werten eine automatisierte Einstellung der Geräte ermöglichen.

Forschung

Diplomarbeiten

Stachel, Philipp

Bewertung der Versorgungszuverlässigkeit von Netzkonzepten für Voll-Elektrische Schiffe unter besonderer Berücksichtigung der Schutzkonzepte
DA 03/2004 (Betreuer: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner/Hr. Wacker, Siemens)

Gasch, Etienne

Analyse der strukturabhängigen Ausprägung von Kenngrößen der Elektroenergiequalität im Mittelspannungsnetz
DA 04/2004 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Meyer)

Ilinov, Alexei

Verfahren zur Optimierung der thermischen und mechanischen Festigkeit von Überspannungen in Freiluftschaltanlagen
DA 05/2004 (Betreuer: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner/Dr.-Ing. G. Hentschel, AREVA)

Miao, Young

Optimierung von Auswertelgorithmen für Messungen in resonanzsternpunktgeerdeten Mittelspannungsnetzen
DA 06/2004 (Betreuer: Dipl.-Ing. S. Höpfner)

Qiu, Wie

Untersuchung des Betriebverhaltens und der Stabilität von Mittelspannungsinsetznetzen
DA 01/2005 (Betreuer: Dipl.-Ing. P. La Seta)

Studienarbeiten

Dickert, Jörg

Symbolic Algebraic Techniques for Steady State Power System Analysis
(Betreuer: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner)

Schwarz, Peter

Untersuchungen zu Planung und Durchführung von Messprogrammen zur statistischen Bewertung der Spannungsqualität in Mittelspannungsnetzen
(Betreuer: Dr.-Ing. J. Meyer)

Schmidt, Ines

Analyse der Literatur zum Thema: Harmonische in Mittelspannungsnetzen (MS) im fehlerfreien Fall sowie im Erdfehlerfall
(Betreuer: Dipl.-Ing. S. Höpfner)

Leonhardt, Jörg
Untersuchungen zu Wirkungen von FACTS und HVDCD im Energieverteil-
netz
(Betreuer: Dipl.-Ing. S. Höpfner)

Wachtel, Karin
Analyse und Bewertung von Ausgleichsvorgängen durch Ladestromdros-
seln
(Betreuer: Dipl.-Ing. R. Luxenburger)

Vorträge

Meyer, Jan
Internationaler Rahmen zur Servicequalität
ETG-Fachtagung „Versorgungsqualität im deutschen Stromversorgungssys-
tem“, Berlin, 18./19.01.2005

Schegner, Peter
Sternpunktbehandlung und Erdung in Kabelnetzen
65. Kabelleseminar, Hannover, 22.-23.02.2005

Bauer, Hartmut; Langer, Gunter
Workshop zur EMV 2005, Stuttgart, 17.03.2005

Höpfner, Sven
Beurteilung der Grenzen der Resonanzsternpunktbehandlung
„6. Dresdner Kreis 2005“, Duisburg, 04.-05.04.2005

Stachel, Philipp
Bewertung der Versorgungszuverlässigkeit von Netzkonzepten für Voll-
Elektrische Schiffe unter besonderer Berücksichtigung der Schutzkonzepte.
„6. Dresdner Kreis 2005“, Duisburg, 04.-05.04.2005

La Seta, Piergiovanni
Stability Analysis of a Medium Voltage Local Energy System with Decentra-
lized Generation
im Rahmen des GRK LIES, 26.05.2005

Höpfner, Sven
Beurteilung der Grenzen für die Resonanzsternpunktbehandlung
Assistententreffen der elektrischen Energieversorgung der TU Dresden,
Dresden, 28.05.2005

Forschung

Meyer, Jan

Bewertung der Spannungsqualität in öffentlichen Verteilungsnetzen
Assistententreffen der elektrischen Energieversorgung der TU Dresden,
Dresden, 28.05.2005

Höpfner, Sven

Korrektur der Messung von Resonanzkurven und Ortskreisen
Internationaler ETG-Kongress 2005, Dresden, 14.-16.09.2005

Hauschild, Jens; Kühn, Holger; Luxenburger, Rainer

Der Einfluss höherer Netzauslastung durch Windenergie auf die Schutzkonzepte in Hoch- und Höchstspannungsnetzen
Internationaler ETG-Kongress 2005, Dresden, 14.-16.09.2005

Bauer, Hartmut

Isolationskoordination in der Verteilungsebene
FGH-Seminar „Isolationskoordination“, Deidesheim, 13.10.2005

Bauer, Hartmut

Isolationskoordination und Überspannungsschutz
Seminar „Hochspannungs-Schaltanlagen“, HdT Essen, 16.11.2005

Veröffentlichungen

Rezmer, Jacek; Lobos, Tadeusz; Leonowicz, Zbigniew; Schegner, Peter:
High resolution spectrum estimation methods for signal analysis in power systems.

IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements.

Höpfner, Sven:

Beurteilung der Grenzen der Resonanzsternpunktbehandlung.
„6. Dresdner Kreis 2005“, Duisburg, 04.-05.04.2005

Stachel, Philipp

Bewertung der Versorgungszuverlässigkeit von Netzkonzepten für Voll-Elektrische Schiffe unter besonderer Berücksichtigung der Schutzkonzepte.
„6. Dresdner Kreis 2005“, Duisburg, 04.-05.04.2005

Lindner, Klaus; Eberl, Gerit; Meyer, Jan; Gasch, Etienne:

Analyse der Spannungsqualität im Mittelspannungsnetz der DREWAG.
9. Arbeitskreis-Symposium Netzleittechnik des VDE-Bezirksverein Dresden.
Dresden, 25.05.2005

Meyer, Jan; Mühlwitz, Michael; Schegner, Peter; Schulze, Lutz; Winkler, Gert:
Efficient method for power quality surveying in distribution networks.
18th International Conference on Electricity Distribution (CRED)
Turin/ Italien, 06.-09.06.2005

Schegner, Peter; Meyer, Jan; Lobos, Tadeusz; Waclawek, Zbigniew;
Muehlwitz, Michael; Höpfner, Sven:
Classification of low voltage distribution networks by means of voltage dis-
tortions.
2005 IEEE St. Petersburg Power Tech, St. Petersburg/Rusland,
27.-30.06.2005, Session: Distributed networks (II), paper No. 80 (CD)

Schegner, Peter; Höpfner, Sven; La Seta, Piergiovanni:
Systematic Analysis of the Harmonics in Resonant Grounding Systems.
2005 IEEE St. Petersburg Power Tech, St. Petersburg/Rusland,
27.-30.06.2005, Session: Power Quality (II), paper No. 299 (CD)

Schegner, Peter; La Seta, Piergiovanni; Höpfner, Sven:
Stability Analysis of a Medium Voltage Local Energy System with Decentral-
ized Generation.
2005 IEEE St. Petersburg Power Tech, St. Petersburg/Rusland,
27.-30.06.2005, Poster Session (II): Power system protection, Power sys-
tem dynamic, stability and control, paper No. 315 (CD)

Janik, Przemyslaw; Lobos, Tadeusz; Schegner, Peter:
Automated classification of power quality disturbances using RBF and SVM
neural networks.
2005 IEEE St. Petersburg Power Tech, St. Petersburg/Rusland,
27.-30.06.2005, Session: Artificial intelligence application to power system
(II), paper No. 81 (CD)

Lobos, Tadeusz; Sikorski, Tomasz; Schegner, Peter:
Joint time-frequency representation of non-stationary signals in electrical
power engineering.
15th Power Systems Computation Conference, Liege/Belgien,
August 2005, Session 4: Signal analysis and system identification

Höpfner, Sven; Schegner, Peter; La Seta, Piergiovanni:
Investigations with ATP/EMTP on the propagation of voltage harmonics and
their influence on the unbalanced residual current in MV-networks.
EEUG Meeting 2005, European EMTP-ATP Conference, Warschau/Polen,
12.-14.09.2005, Session: EMC, Transients, No. C2, Proceedings

Forschung

Luxemburger, Rainer; Ludwig, Andrea; Schegner, Peter:
Beurteilung der Lichtbogenlöschung bei der einpoligen AWE in Höchstspannungsnetzen.

Internationaler ETG-Kongress 2005, Dresden, 14.-16.09.2005

Janik, Przemyslaw; Lobos, Tadeusz; Schegner, Peter:
RBF and SVM neural networks for power quality disturbances analysis.
8th Int. conf. on Electrical Power Quality and Utilisation, Krakow/Polen,
September 2005

Pilz, Georg; Schegner, Peter; Wallner, Christian:
A new algorithm for controlled auto - reclosing to reduce the switching over-voltage of compensated transmission lines.
CIGRE SC B5 Colloquium 2005, Calgary/Kanada

La Seta, Piergiorgio; Schegner, Peter:
Comparison of Stabilizing Methods for Doubly-Fed Induction Generators for Wind Turbines.

International Conference on Future Power Systems (FPS) 2005,
Amsterdam/Niederlande, November 2005

Luxemburger, Rainer; Schegner, Peter:
Determination of Secondary Arc Extinction Time and Characterization of Fault Conditions of Single-Phase Autoreclosures.

International Conference on Future Power Systems (FPS) 2005,
Amsterdam/Niederlande, November 2005

Luxemburger, Rainer; Schegner, Peter:
Impacts of operating conditions and line parameters on Secondary Arc Extinction of Single-Phase Autoreclosures.

International Conference on Future Power Systems (FPS) 2005,
Amsterdam/Niederlande, November 2005

Hochspannungstechnik

Im Bereich der Hochspannungstechnik sind es derzeit zwei 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 (Dr.-Ing. J. Speck), wie Untersuchungen an Öl-Papier-Isolierungen (Dipl.-Ing. S. Rahmoon).

- Arbeiten unter Spannung

Die neu begonnene Arbeit von Herrn Dipl.-Ing. Th. Jordan 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.



Solaiman Rahmoon, Dipl. Ing.

Teilentladungsmessungen an Windungsisolierungen von Transformatoren

Transformatoren in Voltage-Source Konverterstationen werden mit impulsförmigen Spannungen belastet. Durch die steilen Spannungsanstiege kommt es zu einer erhöhten Beanspruchung der Windungsisolierung. Deshalb wurden Untersuchungen zum Durchschlagverhalten von Öl-Papier-Isolierungen bei Impulsspannung und kleinen Isolierabständen durchgeführt. Als Modell für die Windungsisolierung wurden dabei papierisolierte Drähte gegeneinander oder gegen eine Metallplatte untersucht. Die Durchschlagsspannungen im Spannungssteigerungsversuch lagen bei verschiedenen Impulsspannungsformen jeweils geringfügig höher als bei Wechselspannung. Erste Untersuchungen zu Lebensdauer ergaben nur eine sehr geringe Alterung. Da Teilentladungen in Hochspannungsisolierungen bei ständiger Einwirkung zu einer Zerstörungen der organischen Isolierstoffe führen können, wurde untersucht, ob und ab welcher Spannung Teilentladungen an den Windungsisolierungen auftreten können.

Für die Experimente wurde ein Ölprüfgefäß aufgebaut, in dem die Teilentladungen an den untersuchten Anordnungen ermittelt werden können. Um Teilentladungen außerhalb des Prüflings zu vermeiden, wurden alle Kanten am Prüfling und an der Spannungszuführung in Öl abgerundet und eine TE-freie Spannungszuführung in Luft aufgebaut (Bild 1).

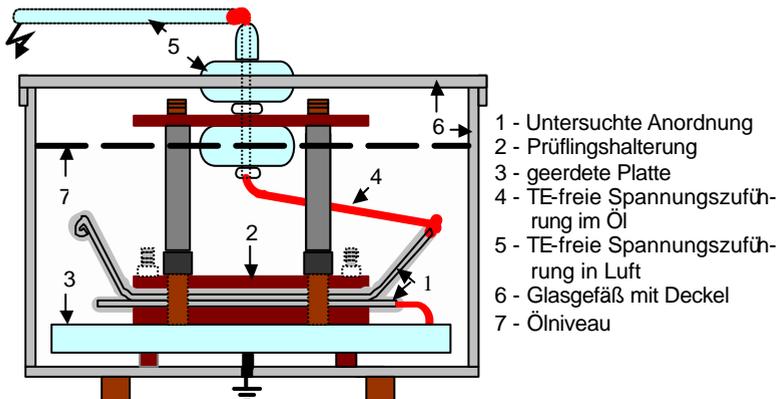


Bild 1: Prüfgefäß mit Anordnung „papierisolierte Drähte gegeneinander“ für TE-Messungen

Die Untersuchungen wurden mit Wechselspannung durchgeführt. Bei Spannungssteigerung wurde die TE-Einsatzspannung und die Intensität der Entladungen ermittelt.

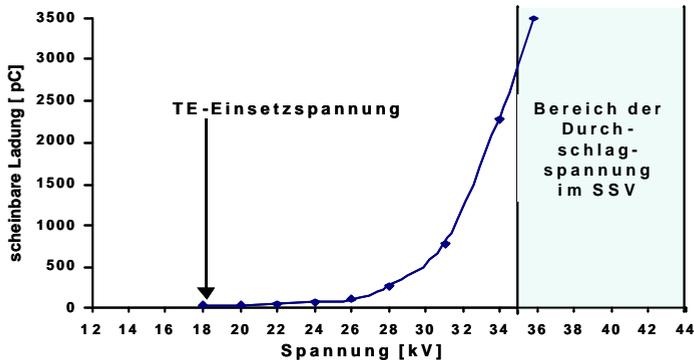


Bild 2: TE-Einsatzspannung und Scheinbare Ladung an der Anordnung „papierisolierte Drähte gegeneinander“

Es ist zu sehen, dass die TE bei der untersuchte Anordnung „papierisolierte Drähte gegeneinander“ bereits weit unter der Durchschlagspannung einsetzen, die scheinbaren Ladungen aber gering bleiben (Bild 2). Kurz vor dem Durchschlag erhöht sich die TE-Intensität sehr stark. Außerdem wurde der Zeitverlauf der Teilentladungsintensität an den Anordnungen „papierisolierte Drähte gegeneinander und nebeneinander“ ermittelt. Bei einer Spannung kurz unter der Durchschlagspannung wurde die scheinbare Ladung über 720 Minuten bestimmt (Bild 3). Nach ca. 120 Minuten nimmt diese ab und erreicht nach ca. 600 Minuten einen stabilen Endwert, der etwa der Intensität beim TE-Einsatz entspricht.

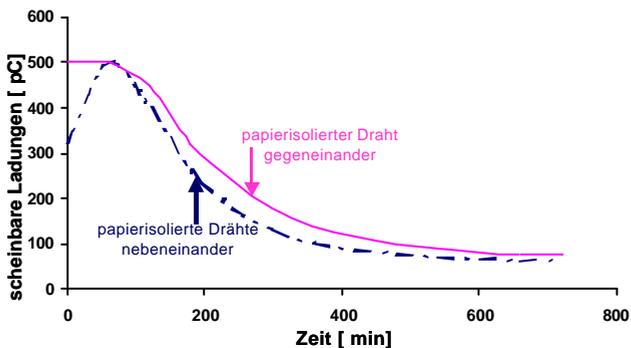


Bild 3: Zeitverlauf der Teilentladungsintensität an der Anordnungen „papierisolierte Drähte gegeneinander und nebeneinander“ bei $U = 30 \text{ kV}$



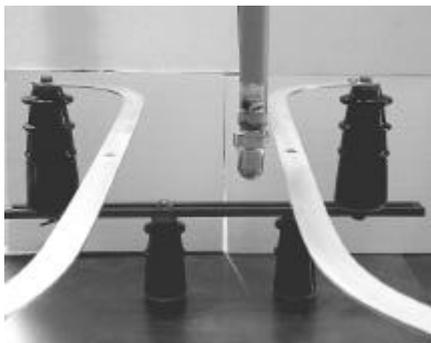
Thomas Jordan, Dipl.-Ing.

Isoliervermögen AuS-relevanter Mehrelektrodenanordnungen

Wartungsarbeiten unter Spannung (AuS – Arbeiten unter Spannung) sind an offenen Mittelspannungs-Innenraum-Schaltanlagen auf Grund der begrenzten Platzverhältnisse und des begrenzten Isoliervermögens der Isolierstrecken bisher nur in beschränktem Umfang möglich. Die Weiterentwicklung und Einführung neuer AuS-Technologien erfordert deshalb gründliche Kenntnisse vom Durch- und Überschlagverhalten der AuS-relevanten Isolierstrecken.

Das Einführen von Arbeitsstangen mit metallenen Arbeitsköpfen in die Umgebung spannungsführender Teile führt zur Ausbildung von Mehrelektrodenanordnungen, die das Isoliervermögen der Schaltanlage verändern. Diese Anordnungen bestehen aus den geerdeten und den unter Spannung stehenden Teilen der Schaltanlage sowie dem metallenen Arbeitskopf des AuS-Arbeitsmittels als Zwischenelektrode (ZWE), der sich vorübergehend auf freiem Potential befindet.

Durch die relativ geringen Abstände in MS-Anlagen ist die Anwesenheit zusätzlicher Elektroden nicht zu vernachlässigen. Die Gewährleistung von Personen- und Anlagensicherheit beim AuS erfordert deshalb grundlegende Untersuchungen dieser Mehrelektrodenanordnungen.



An Modell-Anordnungen (Bild 1) wurde zunächst das Isoliervermögen der Leiter-Leiter-Isolierstrecke bei Anwesenheit von Zwischenelektroden (Universal-klemme, Kugelkopfhabe) für verschiedene Positionen der Zwischenelektrode systematisch untersucht. Die dabei verwendeten Leiter-Leiter-Abstände entsprechen den üblichen Abständen in offenen 10-kV- und 20-kV-Mittelspannungs-Schaltanlagen.

Bild 1: Anordnung Stromschiene-Stromschiene mit AuS-Arbeitskopf

Für jede Anordnung wurde aus 50 Spannungssteigerungen die Durchschlagwechselfspannung und deren Verteilungsfunktion bestimmt. Aus ihr können relevante Parameter und Quantile der Durchschlagwechselfspannung, z. B. für die sicherheitstechnische Bewertung der Arbeitsmethode das 5%-Quantil, ermittelt werden.

Wie zu erwarten ist, sinkt die 5%-Durchschlagwechselfspannung der Anordnung Stromschiene-Stromschiene durch eine Zwischenelektrode (Bild 2). Die Absenkung ist abhängig von der Art und Geometrie sowie der Lage der Zwischenelektrode. Die 5%-Durchschlagwechselfspannung der untersuchten Anordnungen wird jedoch nicht kleiner als 50 % der 5%-Durchschlagwechselfspannung der Sammelschiene-Sammelschiene-Anordnung ohne Zwischenelektrode. Die Bewertung dieser Minderung des Isoliervermögens muss anhand der Überspannungs-Beanspruchung dieser Anordnungen erfolgen.

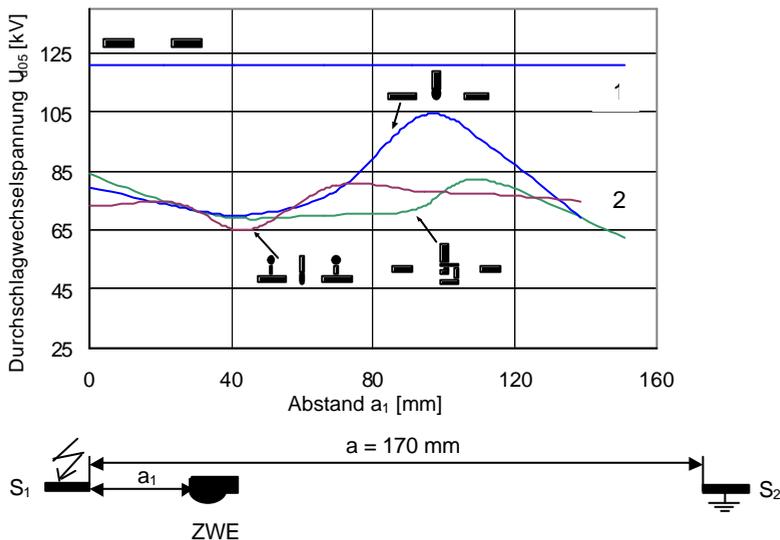


Bild 2: Einfluss von Zwischenelektroden auf die 5%-Durchschlagwechselfspannung einer 10-kV-Stromschieneanordnung

- 1 Zweielektroden-Anordnung
- 2 Mehrelektroden-Anordnungen



Irina Ovsyanko, Dipl.-Ing.

Untersuchungen an elektrisch heizbaren Beton-Flächenelementen

Im Rahmen des interdisziplinären Projektes „Entwicklung von Textil-Stahl-Hybridstrukturen für textilstahlbewehrte dünnwandige Betonelemente“ war die Ausführbarkeit elektrisch heizbarer Beton-Flächenelemente auf der Basis leitfähiger textiler Flächegebilde als Wärmequelle zu untersuchen. Ziel ist es, ein kostengünstiges dünnwandiges, mechanisch stabiles Beton-Flächen-Heizelement zu entwickeln, das als Fußboden- und Wandheizelement nutzbar ist.

Als Wärmequelle wurden Kohlenstofffasern, Stahlfilamentgarn, Hybridgarn und Webdraht untersucht. Als besonders geeignet haben sich in Voruntersuchungen Kohlenstofffasern erwiesen, die linienförmig in ca. 15 mm dicke Beton-Flächenelemente eingebettet wurden. Eine Aufgabe war es, die Temperaturverteilung auf der Oberfläche dieser Elemente in Abhängigkeit vom Abstand der einzelnen Kohlenstofffaserbündel zu ermitteln und daraus einen optimalen Faserbündelabstand zu bestimmen.

Da die Kohlenstofffasern im Beton nicht isoliert sind, darf die Betriebswechselspannung der Heizelemente aus Sicherheitsgründen 50 V nicht übersteigen. Diese Forderung begrenzt die Höhe des Stromes durch die Kohlenstofffaserbündel und damit die erreichbare Heizleistung.

Die Untersuchungen wurden zunächst an 300 x 300 mm² großen Beton-Flächenelementen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass sich für Faserbündelabstände zwischen 40 und 100 mm eine für praktische Anwendungen akzeptable Temperaturverteilung auf der Oberfläche der Elemente ergibt (Bild 1).

Mit dieser Erkenntnis wurde ein 1 m² großes Funktionsmuster einer elektrischen Flächenheizung hergestellt und getestet. Zu diesem Zweck wurden die Kohlenstofffaserbündel in ein Glasfasergewebe integriert, mit Hilfe von Sammelleitungen kontaktiert und mit Beton umhüllt. Mit diesem Funktionsmuster konnte prinzipiell nachgewiesen werden, dass elektrisch heizbare Beton-Flächenelemente auf der Basis textiler Halbzeuge herstellbar sind.

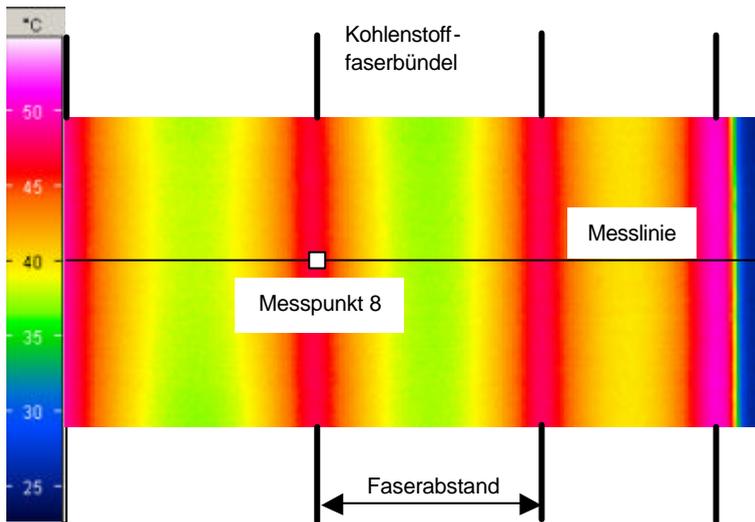
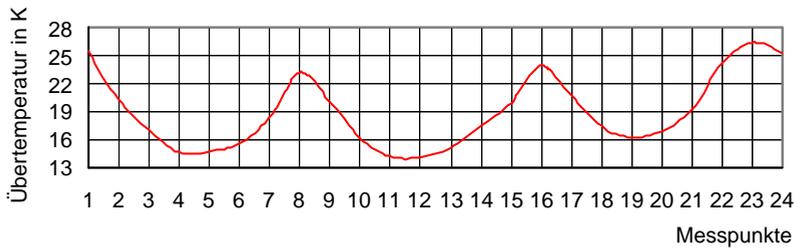


Bild 1: Temperaturverteilung in °C (unten) und Übertemperaturprofil in K längs der Messlinie (oben) eines Beton-Flächenelement-Ausschnittes (mittlerer Faserbündelabstand 80 mm, Umgebungstemperatur 23 °C, Flächenelement trocken, Heizleistung 18 W)

Forschung

Diplomarbeiten

Cisilino, Diego

Möglichkeiten der Beeinflussung des Überschlagverhaltens von Verbundlangstäben durch den Einsatz von Silikonkautschuk mit Mikrovaristoren
DA 02/2005 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Speck)

Studienarbeiten

Triebel, Tobias

Untersuchung von Entladungsvorgängen in Mehrelektrodenanordnungen
(Betreuer: Dipl.-Ing. Th. Jordan)

Semino, Sepher

Untersuchungen zum Leiter-Erde-Isoliervermögen AuS-relevanter Mehrelektrodenanordnungen in Mittelspannungs-Schaltanlagen
(Betreuer: Dipl.-Ing. Th. Jordan)

Vorträge

Jordan, Thomas

Untersuchungen zur dielektrischen Festigkeit von AuS-relevanten Mehrelektroden-Anordnungen
13. Kolloquium Hochspannungs- u. Anlagentechnik, Zittau, 03.-04.06.2005

Rahmoon, Solaiman

Elektrische Festigkeit von Öl-Papier-Isolierungen bei Impulsbeanspruchung
13. Kolloquium Hochspannungs- u. Anlagentechnik, Zittau, 03.-04.06.2005

Kielmann, F.; Speck, Joachim; Laaß, R.

Umrichter gespeiste Hochspannungsmaschinen mit qualifiziertem Isoliersystem
VEM-Seminar, Wernigerode, 15.-16.06.2005

Engelmann, Eberhard

Prüfung von AuS-Ausrüstungen für den Mittel- und Hochspannungsbereich
6. Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“, Dresden, 25.-26.08.2005

Jordan, Thomas

Untersuchungen zum Isoliervermögen AuS-relevanter Isolierstrecken in MS-Schaltanlagen
6. Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“, Dresden, 25.-26.08.2005

Veröffentlichungen

Jordan, Thomas

Untersuchungen zum Isoliervermögen AuS-relevanter Isolierstrecken in MS-Schaltanlagen

6. Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“, Dresden, 25.-26.08.2005, ETG-Fachbericht 102 „Arbeiten unter Spannung (AuS)“

Engelmann, Eberhard

Prüfung von AuS-Ausrüstungen für den Mittel- und Hochspannungsbereich

6. Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“, Dresden, 25.-26.08.2005, ETG-Fachbericht 102 „Arbeiten unter Spannung (AuS)“

Hochstromtechnik

Die Forschung auf dem Gebiet der Hochstromtechnik nimmt seit drei Jahrzehnten am Institut einen hervorragenden Platz ein. Einst von unserem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Böhme ins Leben gerufen, ist dieses Fachgebiet auch heute 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 vorhandenen 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.



Mario Jochim, Dipl.-Ing.

Schrumpfverbindungen - Mechanische Spannungen und Verbindungswiderstand

Schrumpfverbindungen für Hochstromkontaktierungen bestehen aus einem inneren und einem äußeren Ring und bilden durch thermisches Fügen eine kraftschlüssige Verbindung. Vor dem Fügen ist der Außendurchmesser des inneren Rings d_{i-a} größer als der Innendurchmesser d_{a-i} des äußeren Rings (Bild 1). Die Differenz aus d_{i-a} und d_{a-i} ist das Übermaß \ddot{u} . In der Schrumpfverbindung stellen sich während des Fügens tangentielle Druck- und Zugspannungen ein, die umso höher werden, je größer das Übermaß ist. Die radialen Spannungen in der Verbindungsfläche zwischen den Ringen werden als Kontaktdruck p bezeichnet, dessen Höhe und Verteilung für den Verbindungswiderstand entscheidend ist. Auch der Kontaktdruck wird mit dem Übermaß größer. Wird die Verbindung mit Bemessungsstrom belastet

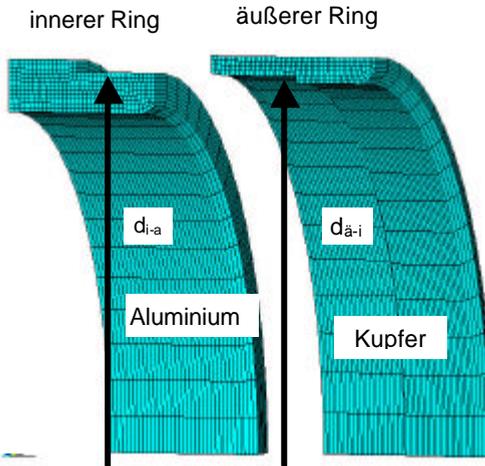


Bild 1: FE-Modell einer Schrumpfverbindung
- Beispiel -

und damit auf 105 °C erwärmt, erhöhen sich im Beispiel (Bild 1) die Tangentialspannungen und der Kontaktdruck aufgrund des geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Kupfer gegenüber Aluminium zusätzlich (Bild 2). Die hohen Tangentialspannungen führen zum Kriechen der Leitermaterialien. Durch das Kriechen verringern sich die Tangentialspannungen und der Kontaktdruck. Der Verbindungswiderstand wird größer.

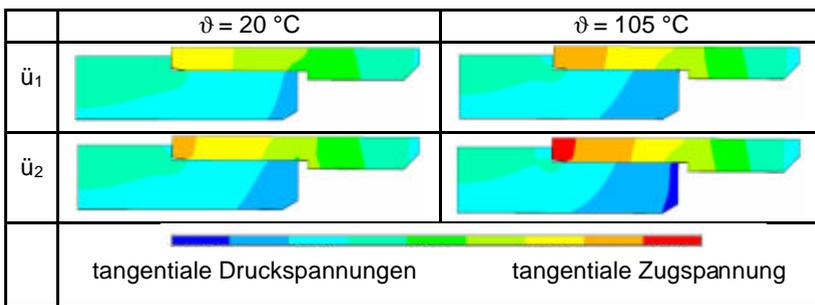


Bild 2: Tangentialspannungen in Schrumpfverbindungen abhängig vom Übermaß ($\ddot{u}_1 < \ddot{u}_k$) und der Temperatur

Der Abbau der Verbindungskraft durch Kriechen lässt sich durch den Einsatz von Legierungen mit höherer Kriechfestigkeit verlangsamen. So können beispielsweise mit Kupfer entweder nicht aushärtbare Legierungen durch Silber- oder aushärtbare Legierungen mit Kobalt-, Beryllium-, Nickel- oder Siliziumzusätze hergestellt werden. Während Silber keinen Einfluss auf die elektrische und thermische Leitfähigkeit des Kupfers hat, wird durch den Zusatz geringer Anteile der anderen Elemente die elektrische und thermische Leitfähigkeit deutlich verringert (Tabelle 1), [1], [2], [3].

Tabelle 1: Elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie Widerstand einer Schrumpfverbindung nach Bild 1 abhängig von den Legierungsbestandteilen im Kupfer

Legierung	elektrischer Leitwert κ [MS/m]	thermischer Leitfähigkeit λ [Wm/K]	R_{Vx}/R_{Cu}
Cu	57	385	1,00
CuAg0,1	56	385	1,01
CuCo2Be	26	196	1,62
CuNi2Si	17	126	2,19

Der Einsatz einer Cu-Ag-Legierung erhöht den Verbindungswiderstand einer Verbindung wie im Beispiel (Bild 1) quasi nicht. Die Verbindungskraft baut sich aber durch das geringere Kriechen der Kupferlegierung deutlich langsamer ab.

[1] Deutsches Kupfer-Institut: Kupfer. Düsseldorf: Saladruck Berlin, 1982

[2] DIN 40 500 Teil 3: Kupfer für die Elektrotechnik, 1980

[3] DIN EN 12163: Kupfer und Kupferlegierungen, 1998-04



Falk Blumenroth, Dipl.-Ing.

Langzeitverhalten von Hochstrom-Steckverbindungen mit CuCo₂Be Schraubenfedern

Einzelne Elemente der Strombahn in gekapselten Hochspannungs-Schaltanlagen werden über Steckverbindungen, mit CuCo₂Be-Schraubenfedern, zusammengefügt (Bild 1a). Durch das Stauchen der Feder zwischen dem Leiterrohr und dem Kontaktträger wird die notwendige Kontaktkraft erzeugt.

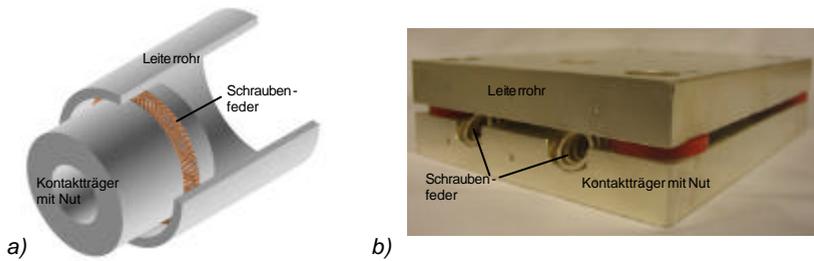


Bild 1: a) Steckverbindung in gekapselten Hochspannungs-Schaltanlagen
b) Modell einer Steckverbindung – gestreckte Schraubenfeder

Diese Verbindungen müssen den Strom über bis zu 40 Jahre zuverlässig und verlustarm übertragen können. Durch verschiedene Alterungsmechanismen wird der Widerstand dieser Verbindung mit der Zeit größer.

Als einer der entscheidenden Alterungsmechanismen bei dieser Verbindung wird die Spannungsrelaxation der Schraubenfeder gesehen. D. h., abhängig von der Höhe der Temperatur T und der mechanischen Spannung σ in der Feder werden die Kraft kontinuierlich kleiner und der Verbindungswiderstand größer. In einem Modellversuch (Bild 1b) wird untersucht, wie sich abhängig von der Temperatur und der Zeit die Kraft der Feder und der Widerstand der Verbindung verändern. Dazu werden jeweils sechs Proben in einem Wärmeschrank und sechs Proben stromdurchflossen bei einer Temperatur von 105 °C (Grenztemperatur der Verbindung) untersucht.

Um Aussagen zum Kraftabbau der Feder während einer Lebensdauer der Anlage von z. B. 40 Jahren machen zu können, wurde ein Finite Elemente Modell entwickelt, mit dem die Spannungsrelaxation in der Feder berechnet werden kann. Die Berechnung erfolgt mit dem Programm ANSYS, basierend auf der phänomenologischen Kriechgleichung

$$\dot{\epsilon}_{stat}(\mathbf{s}, T) = C \mathbf{s}^n e^{-\frac{Q_c}{RT}}$$

Mit dieser Gleichung wird die Kriechgeschwindigkeit $\dot{\epsilon}_{stat}$ (Dehnung pro Zeit) des Materials im stationären Kriechbereich beschrieben, der für die Langzeitstabilität der Steckverbindung entscheidend ist. R ist dabei die universelle Gaskonstante (8,314 J/Kmol). Die Kriechparameter Norton-Exponent n, Aktivierungsenergie Q_c und Proportionalitätsfaktor C, und die Materialparameter Dehngrenze $R_{p0,2}$, Elastizitätsmodul E und Verfestigungskoeffizient E_T wurden an geraden Drahtproben experimentell ermittelt. Das ANSYS-Modell wurde experimentell mit der in Bild 1b gezeigten Anordnung überprüft. Dazu wurde der Kraftabbau und der Verbindungswiderstand im Langzeitversuch bis 7 700 Stunden ermittelt (Bild 2).

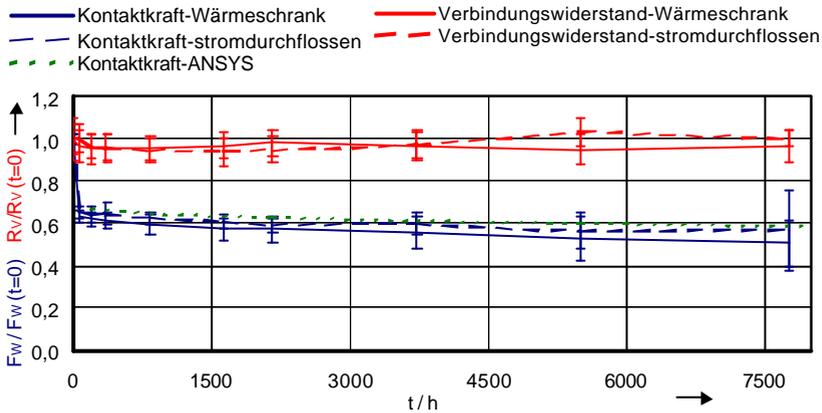


Bild 2: Bezogene Kontaktkraft $F_w/F_w(t=0)$ und bezogener Verbindungswiderstand $R_v/R_v(t=0)$

Die Kontaktkraft F_w der Feder verringert sich in den ersten Stunden bis auf ca. 65 % der Anfangskraft $F_w(t=0)$ (primäres Kriechen). In der Folgezeit verringert sich die Kraft deutlich langsamer (stationäres Kriechen). Der Verlauf, der mit dem ANSYS-Modell berechneten Kontaktkraft ab einer Zeit von $t=200$ h, stimmt gut mit den gemessenen Verläufen überein. Der Abbau der Kraft hat bis zu dieser Zeit quasi keinen Einfluss auf den Verbindungswiderstand. Das Ziel der Untersuchung besteht nun darin, den Kraft- und Widerstandsverlauf dieser Verbindung über eine Zeit von bis zu 40 Jahren zu berechnen.



Ina Berg, Dipl.-Ing.

Untersuchungen zur Alterung von Klemmverbindungen nach Norm EN 61284 (1997)

In der Norm DIN EN 61284 werden die Bedingungen für die Temperaturwechselprüfung von Verbindungen angegeben. Die Anzahl der Lastwechsel ist dabei von der Höhe und der maximalen Temperatur, gemessen am Vergleichsleiter, abhängig. Es wird untersucht, in wie weit die Annahme nach Tabelle 1, bei erhöhter Temperatur die Anzahl N der Lastwechsel verringern zu können, gerechtfertigt ist.

Ein Lastwechsel besteht aus der Erwärmung der Prüfanordnung auf die vorgeschriebene Temperatur, gemessen am Vergleichsleiter, einer Zeit von 30 min, in der diese Temperatur konstant auf dem vorgegebenen Wert $\Delta \vartheta_{VL}$ gehalten wird und der Abkühlung des Vergleichsleiters auf 5 K über der Umgebungstemperatur.

Tabelle 1: Bedingungen für die Temperaturwechselprüfung nach DIN EN 61284: 1997 und Ergebnisse der Berechnungen

$\Delta \vartheta_{VL}$ in K (Übertemperatur)	N (Lastwechsel)	äquiv. Belastungszeit nach DIN EN 61284 in h mit max. Übertemperatur	Zeit t in h bis zum Erreichen des gleichen Gütefaktors k_u wie bei $\vartheta_{VL} = 90^\circ\text{C}$
70	1000	500	500
100	500	250	420
130	100	50	370

Auf der Basis von Langzeituntersuchungen wurde ein empirisches Modell entwickelt, mit dem der Verlauf des Verbindungswiderstandes $R_V(t)$ abhängig von der Belastung beschrieben werden kann [1].

Aus dem Verhältnis von Verbindungswiderstand und Widerstand eines gleich langen Leiterabschnittes $I_V = I_L$ ergibt sich der dimensionslose Gütefaktor k_u als allgemeingültige Bewertungsgröße für den Verbindungswiderstand (Gl. 1).

$$k_u = \frac{R_V}{R_L} \quad \text{mit} \quad R_L = \frac{\rho(\vartheta) I_L}{A_L} \quad (1)$$

$r(J)$ – spez. elektrischer Widerstand

A_L – Querschnitt des Leiters

Am Beispiel einer T-Abzweigklemme wurde in Verbindung mit einem Seil Al/St 550/70 der Widerstands- bzw. Gütefaktorverlauf dieser Klemmverbindung abhängig von der Temperatur des Vergleichsleiters und dem Anfangsgütefaktor $k_U(0) = 1$ berechnet.

Die für die Alterung der Prüflinge entscheidende Belastungszeit ergibt sich aus dem Produkt 30 min x Anzahl der Lastwechsel N (Tabelle 1).

Wird die Klemme ordnungsgemäß montiert, d.h. der Leiter sowie die Klemme werden vor der Montage gereinigt und gebürstet und die Schrauben werden mit dem vorgeschriebenen Drehmoment angezogen ($k_U(0) = 1$), so altert die Verbindung bei höheren Temperaturen nur geringfügig schneller (Bild 1).

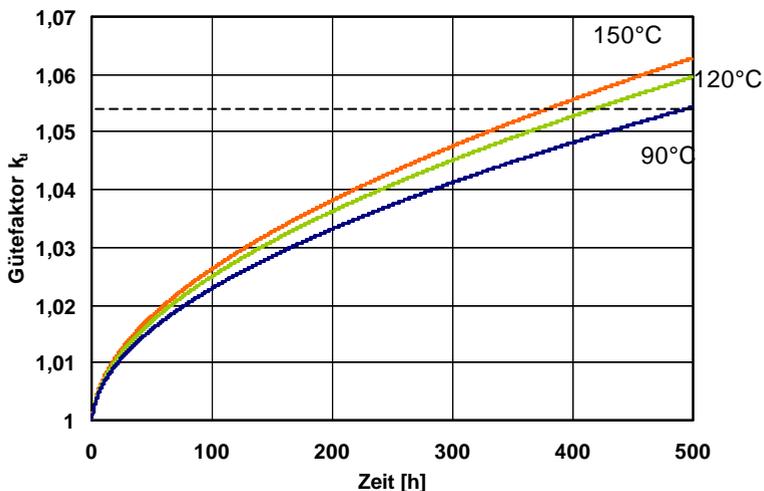


Bild 1: Gütefaktorverlauf der Verbindung Leiterseil Al/St 550/70 und T-Abzweigklemme (Startgütefaktor $k_U(0) = 1$, $J_0 = 20^\circ\text{C}$)

Bei ordnungsgemäß montierten Verbindungen mit kleinen Anfangsgütefaktoren kann in den ersten 500 Betriebsstunden (entspricht etwa der Alterung bei 1000 Lastwechseln) durch die erhöhte Temperatur der Prozess der Alterung nicht so stark beschleunigt werden, dass die Prüfzeiten bzw. Temperaturwechsel nach der Norm DIN EN 61284 verkürzt werden können (siehe Tabelle 1).

[1] R. Bergmann: Zum Langzeitverhalten des Widerstandes elektrischer Stromschienenverbindungen, Dissertation TU Dresden, Dresden, 1995



Christoph Gramsch, Dipl.-Ing.

Thermische Dimensionierung von Geräten und Anlagen der Elektroenergie-technik mit der Wärmenetz- methode

Um kompakte Geräte und Anlagen der Elektroenergie-technik mit der Wärmenetz- methode thermisch dimensionieren und optimieren zu können, ist es zweckmäßig, bereits getestete Wärmenetze einzelner Komponenten (Geräte) einer Anlage vorparametriert aus Bibliotheken abzurufen. So wird es möglich, aus z. B. den Wärmenetzen einzelner Komponenten ein Wärmenetz für eine komplette Mittelspannungs- Schaltzelle über hierarchische Strukturen aufzubauen. Dafür wurden Wärmenetze für z. B. Mittelspannungs- kabel, Kabelbuchsen, Stromwandler, Leistungsschalter, Durchführungen, Sammelschienen usw. einpolig und dreipolig als Komponentennetze erarbeitet und in Bibliotheken abgelegt.

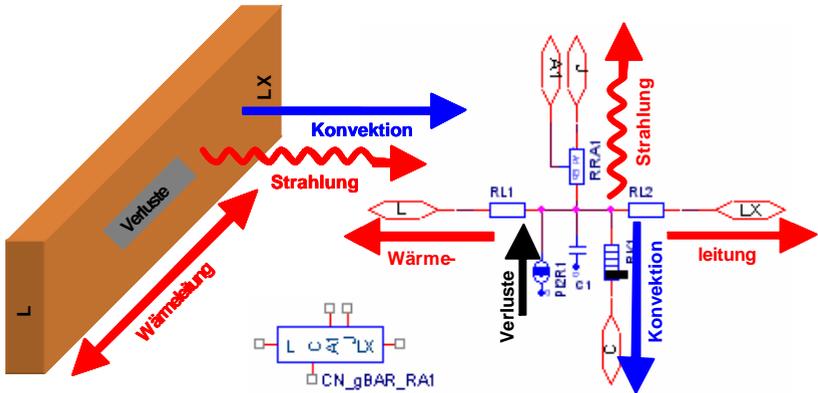


Bild 1: einpoliger Leiter und Wärmenetz

Am Beispiel des ein- und dreipoligen Leiters der Sammelschiene wird der Aufbau eines Wärmenetzes für die hierarchischen Strukturen erläutert.

Die Wärmeübertragung durch Konvektion, Strahlung und Wärmeleitung werden in Wärmenetzen mit Wärmewiderständen nachgebildet (Bild 1). Eine Stromquelle speist die im Leiter erzeugte Verlustleistung als Wärme-

strom in das Wärmenetz ein. Mit C1 wird abhängig vom Volumen des Leiters, der spezifischen Wärmekapazität und der spezifischen Masse des Leitermaterials die Wärmekapazität bestimmt. Die Kapazität wird bei der Berechnung der statischen Temperaturen deaktiviert. Das Wärmenetz für den einpoligen Leiter wird zu einem Symbol zusammengefasst (Bild 1). Es werden die Anschlüsse L für die Wärmeleitung entlang des Leiters, C für die Wärmeübertragung durch Konvektion an das umgebende Medium sowie J und A1 für die Wärmestrahlung verwendet. Aus dem Wärmenetz für einen Leiter wird das Wärmenetz für die dreipolige Sammelschiene aufgebaut (Bild 2). Es wird ebenfalls für ein Symbol zusammengefasst und in der Bibliothek abgelegt.

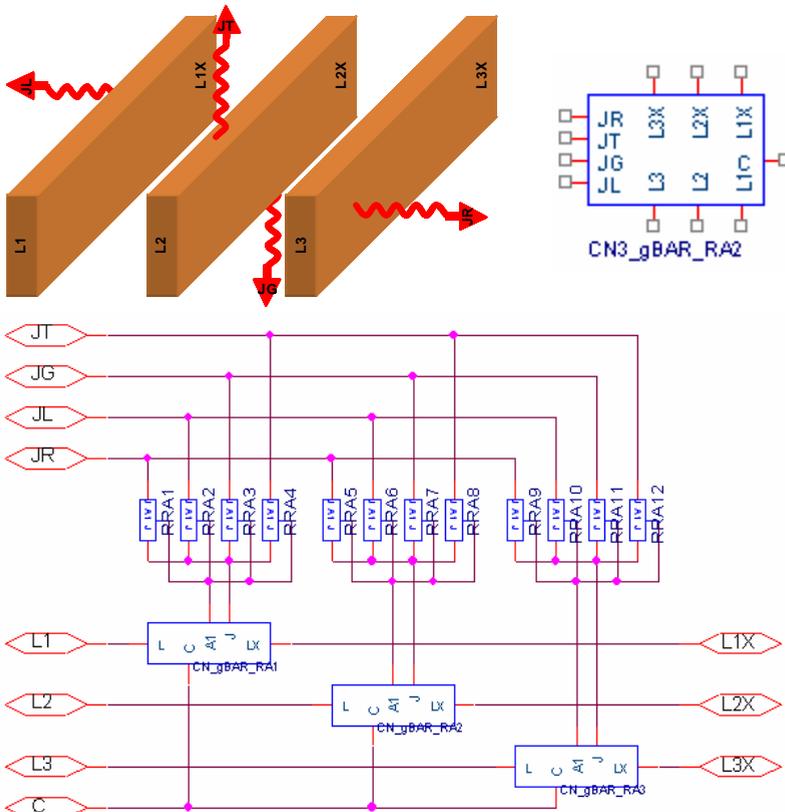


Bild 2: dreipolige Sammelschiene und Wärmenetz



Dipl.-Ing. Christoph Gramsch

Berechnung des Wärmeüberganges durch Strahlung zwischen beliebigen Flächen mit der Wärmenetzmethode

Die Wärmenetzmethode wird zur thermischen Dimensionierung der Strombahn in Geräten und Anlagen der elektrischen Energietechnik seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt.

Die Wärmenetzbibliothek enthält einen Wärmewiderstand für den Wärmeübergang durch Strahlung zwischen sich umhüllenden Körpern. Mit dem Widerstand für sich umhüllende Körper können viele technische Anordnungen berechnet werden. Sobald die von einer Fläche 1 ausgehende Wärmestrahlung nicht vollständig auf eine Fläche 2 trifft, gilt dieses Modell nicht mehr. Deshalb wurde ein Strahlungsmodell in die Wärmenetzbibliothek aufgenommen, mit dem der Strahlungsaustausch zwischen mehreren im Raum verteilten Flächen berechnet werden kann.

Auf die Fläche A mit der absoluten Temperatur T (Bild 1) strahlt die Wärmeleistung mit der Leistungsdichte G [W/m²] aus der Umgebung ein. Von der selben Fläche wird mit der Leistungsdichte J Wärmeleistung durch Strahlung

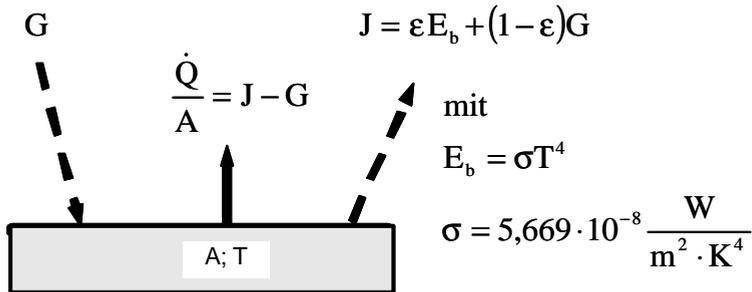


Bild 1: Strahlung zwischen einer Fläche und der Umgebung

abgegeben. Die Differenz $J - G$ ergibt den Nettowärmestrom \dot{Q} von dieser Fläche A an die Umgebung. Die Leistungsdichte J ist die Summe aus der Wärmestrahlung der Fläche, die sich aus dem Produkt der Stefan-Boltzmann-Konstante σ , der absoluten Temperatur T zur vierten Potenz, der Emissionszahl ϵ und dem reflektierten Anteil der Strahlung G berech-

net. Für die Reflektionszahl bei Strahlung quasi gleicher Wellenlänge gilt:
 $\rho = 1 - \varepsilon$.

Der Nettowärmestrom zwischen zwei Flächen berechnet sich aus der Differenz der Wärmestrahlungen der jeweiligen Flächen \dot{Q}_1 und \dot{Q}_2 (Bild 2). Zur Berechnung der Wärmestrahlung zwischen zwei Flächen und der Umgebung ergibt sich ein Wärmenetz aus insgesamt sechs Widerständen (Bild 2). Drei Widerstände sind zur Berechnung der Wärmestromdichten der drei Flächen und drei zur Aufteilung der Wärmeströme zwischen den drei Flächen notwendig. In die mittleren drei Widerstände müssen die Sichtfaktoren F eingegeben werden. Der Sichtfaktor gibt an, welche Anteile der Flächen miteinander im Strahlungsaustausch stehen. Für sich umhüllende Flächen, wie z. B. eine koaxialen Leiteranordnung, ist der Sichtfaktor $F_{12} = 1$. Die Sichtfaktoren können für eine Vielzahl von Grundanordnungen der Literatur entnommen oder mit 3D-Programmen berechnet werden. Für die in der Literatur beschriebenen Anordnungen wurden die z. T. sehr umfangreichen mathematischen Gleichungen mittels Java Script in eine html Datei eingebunden, um sie einfach berechenbar zu machen.

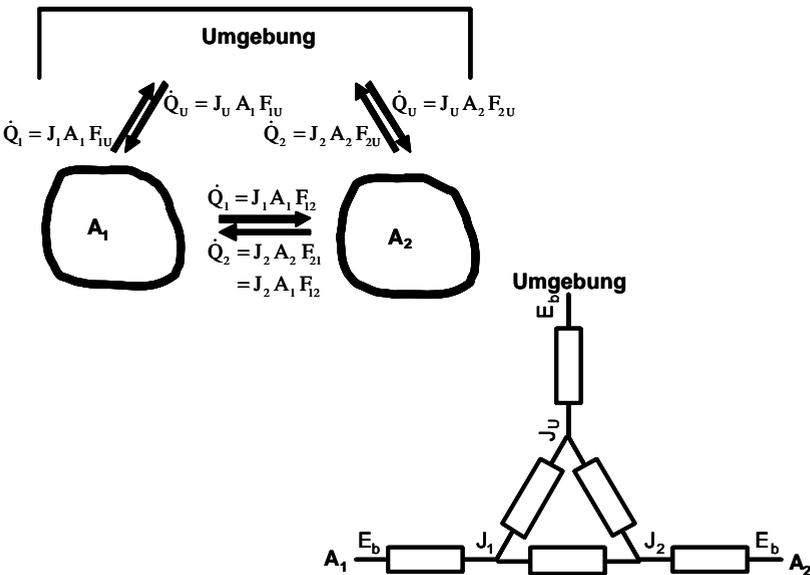


Bild 2: Schema und Wärmenetz zur Berechnung des Wärmeübergangs durch Strahlung zwischen zwei Flächen und der Umgebung



Thomas Kafurke, Dipl.-Ing.

Thermische Untersuchungen an einem SF₆-isolierten 300-kV-Leistungsschalter

Gasisolierte Schaltanlagen (GIS) werden in der Elektroenergietechnik dort eingesetzt, wo eine hohe Zuverlässigkeit bei geringem Platzbedarf erforderlich ist.

Die kleinen Abmessungen der Anlagen können bei hohen Betriebsströmen zu hohen Erwärmungen führen, da die in der Strombahn erzeugten Verlustleistungen durch einen mehrfachen Wärmeübergang abgeführt werden müssen.

Eine wichtige Baugruppe in diesen Anlagen ist der SF₆-Leistungsschalter. Für den Leistungsschalter wurde mit dem Programm Orcad-Capture ein Wärmenetz aufgebaut (Bild 1), mit dem für ausgewählte Punkte am Schalter mit dem Programm P-SPICE die Temperaturen abhängig vom Belastungsstrom und der Umgebung berechnet wurden.

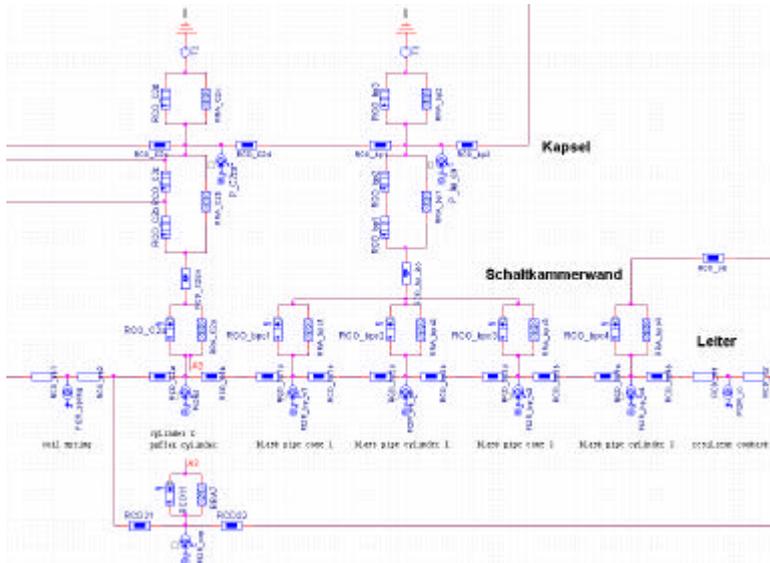


Bild 1: Detailnetzwerk der Schaltkammer

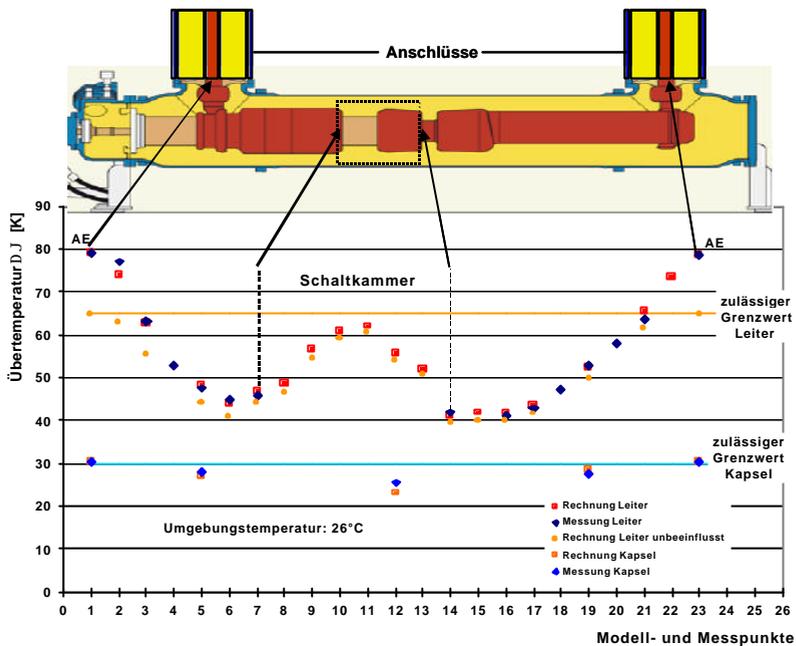


Bild 2: gemessene und berechnete Übertemperaturen am SF₆-Leistungsschalter

Zur Verifizierung der mit dem Wärmenetz berechneten Temperaturen wurden am Leistungsschalter Temperaturen gemessen. Der Vergleich (Bild 2) zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Temperaturen.

Bewertungskriterium für die thermische Auslegung des Schalters ist nach DIN EN 60694 die Grenzüber Temperatur sowohl für die aktiven Teile (65 K) als auch für die Kapsel (30 K). Für alle Baugruppen von gasisolierten Schaltanlagen wird ein Temperaturprofil angestrebt, welches sich einheitlich und nur knapp unterhalb der zulässigen Grenzüber Temperaturen befindet.

Die Übertemperaturen der Kapsel liegen alle unter der zulässigen Grenzüber Temperatur. Die Übertemperaturen der beiden Anschlusselemente (AE), die im Experiment zur Stromzuführung an den Leistungsschalter montiert wurden, waren höher als die Grenzüber Temperaturen (Punkte 1 u. 23). Die berechneten Übertemperaturen für den durch die Anschlusselemente unbeeinflussten Leistungsschalter (Bild 2 - Leiter unbeeinflusst) liegen alle unter der zulässigen Grenzüber Temperatur.



Tomasz Magier, Dipl.-Ing.

Untersuchungen zur Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion an Kühlkörpern

Zur Kühlung thermisch hoch belasteter Geräte der Elektroenergietechnik wird die forcierte Kühlung mit Ventilatoren in Verbindung mit speziellen Kühlelementen eingesetzt. Dadurch kann mehr Wärmeleistung vom Gerät an die Umgebung als bei freier Konvektion abgeführt werden. Die Strombelastbarkeit der Geräte wird damit größer. Die richtige Auswahl der Kühlelemente bei forcierter Kühlung sowie deren Ausrichtung zur Luftströmung spielt bei ihrem Einsatz eine wichtige Rolle. Bei der Berechnung der Temperatur der Geräte mit Hilfe der Wärmenetzmethode muss für diese Kühlelemente der Wärmeübergangskoeffizient der erzwungenen Konvektion $\alpha_{k0}(v)$ berechenbar sein.

Zur Bestimmung des Wärmeübergangskoeffizienten $\alpha_{k0}(v)$, wurde ein 6 m langer Strömungskanal (Bild 1) mit einer freien Strömungsfläche von $A = 707 \text{ cm}^2$ aufgebaut, in dem die Kühlelemente (Bild 2) bei verschiedenen Luftgeschwindigkeiten und Anströmrichtungen untersucht wurden.

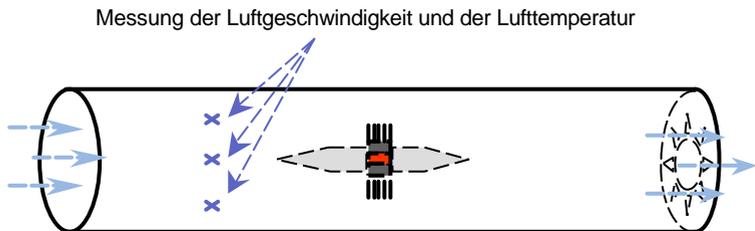


Bild 1: Schematischer Aufbau eines Windkanals zur Untersuchung des konvektiven Wärmeübergangs an Kühlkörpern

Zwei gleiche Kühlkörper waren mittig im Kanal auf einer Heizplatte von oben und unten montiert, deren Leistung (0...600) W betrug. Die Luftgeschwindigkeit im Kanal konnte im Bereich (0...6) m/s variiert werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass am Stiftkühlkörper ab Luftgeschwindigkeiten $v > 2 \text{ m/s}$ höhere Wärmeübergangskoeffizienten α_{k0} als am Rippenkühlkörper erreicht werden.

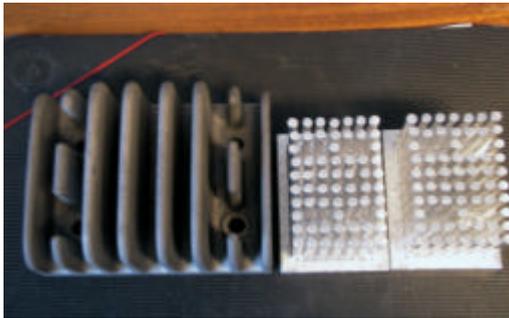


Bild 2: Rippen- und Stiftkühlkörper mit gleich großer wärmeabgebender Oberfläche

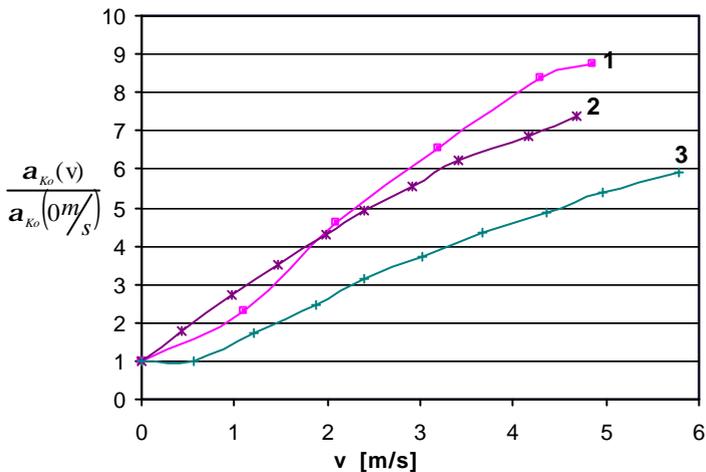


Bild 3: Konvektiver Wärmeübergangskoeffizient als Funktion der Luftgeschwindigkeit; 1 – Stiftkühlkörper, 2 – Rippenkühlkörper parallel und 3 – Rippenkühlkörper senkrecht zur Luftströmung

Bei gleicher Oberfläche kann über die Stiftkühlkörper ab einer Strömungsgeschwindigkeit $v > 2 \text{ m/s}$ eine höhere Wärmeleistung bei erzwungener Konvektion als über die Rippenkühlkörper abgeführt werden. Da der Stiftkühlkörper von der Anströmrichtung der Luft unabhängiger arbeitet als der Rippenkühlkörper, ist er zur Kühlung der Strombahnen in Geräten der Elektroenergie-technik besser geeignet als der Rippenkühlkörper.

Forschung

Diplomarbeiten

Blumenroth, Falk
Langzeitverhalten elektrischer Spiralkontakte in Hochspannungs-Schaltanlagen
DA 02/2004 (Betreuer: PD Dr.-Ing. habil. H. Löbl/Dipl.-Ing. M. Jochim)

Schneider, Ronny
Thermische Dimensionierung einer Mittelspannungs-Schaltzelle
DA 04/2005 (Betreuer: Dipl.-Ing. Chr. Gramsch)

Studienarbeiten

Schneider, Ronny
Thermische Untersuchungen an einer Mittelspannungsschaltanlage
(Betreuer: Dipl.-Ing. Chr. Gramsch)

Fröb, Wolfgang
Bestimmung der Ähnlichkeitsfunktionen für freie Konvektion an Kühlkörpern bei vorgewärmter Luft
(Betreuer: Dipl.-Ing. T. Magier)

Fuchs, Steffen
Untersuchungen zur optimalen Gestaltung einer Schrumpfverbindung
(Betreuer: Dipl.-Ing. M. Jochim)

Vorträge

Berg, Ina
Möglichkeiten zum Erhöhen der Übertragungskapazität von Freileitungen
13. Kolloquium Hochspannungs- u. Anlagentechnik, Zittau, 03.-04.06.2005

Blumenroth, Falk
Langzeitverhalten von Schraubfeder-Verbindungen in Anlagen der Elektrotechnik
13. Kolloquium Hochspannungs- u. Anlagentechnik, Zittau, 03.-04.06.2005

Kafurke, Thomas
Thermische Untersuchungen an Hochspannungs-Schaltanlagen
13. Kolloquium Hochspannungs- u. Anlagentechnik, Zittau, 03.-04.06.2005

Ovsyanko, Irina

Untersuchungen zur Beheizung von Betonflächen

13. Kolloquium Hochspannungs - u. Anlagentechnik, Zittau, 03.-04.06.2005

Veröffentlichungen

Großmann, Steffen; Löbl, Helmut; Kaltenborn, Uwe

Heiße Sache – ABB und die TU Dresden arbeiten zusammen an der thermischen Auslegung von elektrischen Betriebsmitteln

ABB-Technik 2/2005

Veranstaltungen

Assistententreffen der Professur Elektroenergieversorgung am 28.05.2005

Aufgrund der großen Resonanz für die von der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik bereits mehrmals durchgeführten Assistententreffen wurden für den 28. Mai 2005 die ehemaligen wissenschaftlichen Mitarbeiter der Professur Elektroenergieversorgung in das Institut eingeladen.

Mit 90 Teilnehmern konnte der Auftakt der nun in Abständen von fünf Jahren geplanten Treffen erfolgreich gestaltet werden.



Für ein Gruppenbild fanden sich viele Teilnehmer in einer Vortragspause an der Treppe neben dem Binderbau ein

Von 9 bis 18 Uhr wurden drei Vortragsgruppen und Besichtigungen angeboten. In der ersten Gruppe wurden von Prof. Dr. Winkler die historische Entwicklung und von Prof. Dr. Schegner der gegenwärtige Stand in Lehre und Forschung vorgestellt. Danach wurden von Doz. Dr. Bauer AHA-Effekte bei Forschungsergebnissen aufgezeigt und als Motivationsschub für Studierende gewertet.

In der zweiten Gruppe berichteten gegenwärtige Mitarbeiter (Dr. Meyer, Dipl.-Ing. Luxenburger und Dipl.-Ing. Höpfner) über zurzeit laufende Forschungsprojekte, wie zur Bewertung der Spannungsqualität, zur automati-

sierten Auswertung von Störfallaufzeichnungen bzw. zu den Grenzen der Resonanzsternpunktterdung.

In der dritten Gruppe wurde von ehemaligen Mitarbeitern, die zu unterschiedlichen Zeiten am Institut gearbeitet haben (Prof. Dr. Freyer, Dr. Drechsler und Dr. Kunze) über sehr interessante Projekte nach dieser Zeit berichtet und wie dabei ihre Tätigkeit am Institut eingeflossen ist, so „vom Hochspannungsnetz zum Defibrillator“, für die „Planung von Eigenbedarfsanlagen von Kraftwerken“ bzw. für „Kurzschlussversuche in Polen“.

Im Anschluss an diese Vorträge wurden ergänzend zu einem Institutsrundgang das Dynamische Netzmodell (Dr. Mach) und die Hochspannungshalle (Dr. Engelmann) anhand der Nutzung für Lehre und Forschung ausführlicher vorgestellt.

In einer Vortragspause wurde über den Abriss der Montagehäuser – in den fünfziger Jahren als Provisorium errichtet – zwischen Münchner und Hübnerstraße berichtet, die für die meisten der Teilnehmer viele Jahre wissenschaftliche Wirkungsstätte waren.

Viel Gelegenheit für persönliche Gespräche gab es zum abschließenden geselligen Abend in der Hochspannungshalle des Instituts. Das vorzügliche Angebot an Speisen und Getränken rundete den Abend ab und trug bestimmt nicht unwesentlich zu der überaus positiven Resonanz bei.



6. VDE-Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“ am 25./26.08.2005 an der TU Dresden

(mit maßgeblicher Beteiligung der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik, Dr.-Ing. Eberhard Engelmann)

Die Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG) und der VDE-Bezirksverein Dresden haben deutsche und ausländische Fachkollegen zur 6. Fachtagung „Arbeiten unter Spannung (AuS)“ am 25. und 26.08.2005 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.

Veränderte wirtschaftliche, technische, wettbewerbliche und gesetzliche Rahmenbedingungen sowie neue und verbesserte Ausrüstungen haben nicht nur zu einer breiteren Anwendung und zu einer positiven Bewertung des Arbeitens unter Spannung geführt, sondern gleichfalls auch das Interesse an der Einführung der Technologie in weiteren Unternehmen erhöht. Darüber wurde auf der Tagung berichtet.

Schwerpunkte der Vorträge und Diskussionen waren

- die gesetzlichen Grundlagen für das Arbeiten unter Spannung
- die Ausbildung von Elektrofachkräften zum Arbeiten unter Spannung
- die Normen für AuS-Ausrüstungen
- das AuS an Mittelspannungs-Schaltanlagen und Freileitungen
- das Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Anlagen.

Mit der Erschließung neuer Möglichkeiten zum Arbeiten unter Spannung an Mittelspannungs-Innenraum-Schaltanlagen befasste sich unser wissenschaftlicher Mitarbeiter Herr Thomas Jordan in seinem Vortrag „Untersuchungen zum Isoliervermögen AuS-relevanter Isolierstrecken in MS-Schaltanlagen“.

Alle Tagungsbeiträge sind im ETG-Fachbericht 102 veröffentlicht.

Ergänzt wurde das Tagungsprogramm traditionell durch eine gut besuchte Fachausstellung, auf der Hersteller und Dienstleister AuS-Ausrüstungen und AuS-Dienstleistungen präsentierten und zahlreiche Kontakte knüpfen oder vertiefen konnten.



Isolatorenwechsel mittels isolierender Handschuhe und isolierender Hubarbeitsbühne

75 Jahre Hochspannungshalle am 14.12.2005

Vor 75 Jahren wurde an der Technischen Hochschule Dresden – der heutigen TU Dresden – die bis dahin größte Hochspannungshalle Europas in Betrieb genommen. Mit einer Länge von 45 m, einer Breite von 21 m und einer Höhe von 18 m gehört sie auch heute noch zu den größten und modernsten Hochspannungslaboratorien Deutschlands.

Auf die ereignisreiche Geschichte der Hochspannungshalle – ihre Planung, den Bau der Halle, ihre einmalige Erstausrüstung, die Zerstörung, die Neuausrüstung und Erweiterung des Laboratoriums in der Nachkriegszeit, die ständigen Modernisierungen bis hin zur umfassenden Rekonstruktion in den neunziger Jahren – wurde am 14.12.2005 im Rahmen eines Elektrotechnischen Kolloquiums zurückgeblickt.

Die Hochspannungshalle wurde nach Plänen von Prof. Binder (1931-1951 Direktor des Instituts für Starkstrom- und Hochspannungstechnik) in den Jahren 1928 bis 1930 als Stahlskelettbau errichtet. In ihr konnte zunächst eine vom Verband sächsischer Elektrizitätswerke gestiftete 3stufige 1000-kV-Wechselspannungs-Prüfanlage in Betrieb genommen werden. Mit Hilfe einer zweiten 1000-kV-Anlage war es dann bereits 1933 möglich, mit Wechselspannungen bis 2000 kV zu experimentieren (Bild 1).



Bild 1: Hochspannungshalle im Jahre 1933 mit zwei 1000-kV-Wechselspannungs-Prüfanlagen

1945 wurde das Lebenswerk Prof. Binders schwer getroffen. Die Hochspannungshalle und die beiden Wechselspannungs-Prüfanlagen wurden schwer beschädigt bzw. zerstört.

Nach 1945 wurde unter Leitung von Prof. Binder zunächst die Hochspannungshalle wieder instand gesetzt. Unter Prof. Obenaus (1952-1968 Direktor des Instituts für Hochspannungstechnik) gelang es dann, die Halle mit neuen Großanlagen, einer 1500-kV-Wechselspannungs- und einer 3000-kV-Stoßspannungs-Prüfanlage, auszurüsten und die Arbeitsbedingungen durch großzügige bauliche Erweiterungen (1952 und 1962) wesentlich zu verbessern. Ein unbestrittenes Verdienst von Prof. Obenaus besteht jedoch darin, die während des Krieges völlig zum Erliegen gekommene Forschung wieder zu beleben.

Unter Leitung von Prof. Mosch (1968-1990 Leiter des Wissenschaftsbereiches Hochspannungstechnik) wurden die Hauptausrüstungen der Halle durch moderne, leistungsstarke Anlagen ersetzt und mit der notwendigen Sanierung des inzwischen 50 Jahre alten Baukörpers begonnen. An die Stelle der 1500-kV-Wechselspannungs-Prüfanlage trat eine kurzschlussfeste, teilentladungsfreie 1200-kV-/1200-kVA-Prüfanlage. Zur Erzeugung hoher Blitz- und Schaltspannungen wurde eine 2400-kV-/100-kJ-Stoßspannungs-Prüfanlage mit leistungselektronischer Konstantstromladung und elektronischer Steuerung des Prüfablaufes installiert. In dieser Zeit konnte u. a. auch die 10 x 10 m² große Schiebetoranlage und eine neue Transformatorenstation einschließlich neuer Mittelspannungs-Schaltanlagen errichtet werden.

Die Forschung unter Prof. Mosch ist durch eine bis heute nicht wieder erreichte Breite und Intensität gekennzeichnet. In vier personell und experimentell sehr gut ausgestatteten Forschungsgruppen wurde auf dem Gebiet der Hochspannungs-Prüf- und -Messtechnik (Leiter Prof. Lemke), der Feststoff-Isolierungen (Dr. Pilling, Dr. Eberhardt), der SF₆-Isolierungen (Dr. Hauschild) und der Hochstromtechnik (Prof. Böhme) im Auftrage der elektrotechnischen Industrie geforscht.

Drastischer Personalabbau, stark sinkende Studentenzahlen, Zusammenbruch der Forschungskooperation mit der ostdeutschen Industrie und schwieriger Abschluss neuer Forschungsverträge prägten ab 1990 die Bemühungen der Institutsleiter (Prof. Böhme bis 1992, Prof. Eberhardt bis 1995, Prof. Kindersberger bis 2001, Prof. Schegner bis 2003) zum Erhalt der traditionsreichen Lehr- und Forschungsstätte. Das ist mit der großzügigen und nahezu vollständigen Rekonstruktion der Hochspannungshalle und des Gebäudekomplexes Binderbau, mit der Installation einer neuen PCB-freien 2400-kV-/75-kA-Stoßanlage, der Anschaffung leistungsfähiger Hochstrom-Prüfanlagen und der Modernisierung wichtiger Mess- und Hilfseinrichtungen gelungen. Damit bestehen wieder beste Voraussetzungen für die hochspannungs- und hochstromtechnische Lehre und Forschung.

Veranstaltungen

Internationaler ETG-Kongress am 14.-16.09.2005 an der TU Dresden

(mit maßgeblicher Beteiligung der Professur Elektroenergieversorgung,
Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner)

Im Hörsaalzentrum der Technischen Universität Dresden fand der internationale ETG-Kongress 2005 statt. Zirka 350 Experten diskutierten aktuelle technische, wirtschaftliche und politische Aspekte der elektrischen Energietechnik. Der diesjährige ETG-Kongress war stark international ausgerichtet.

Im Rahmen der Plenarveranstaltung berichtete der Preisträger des diesjährigen Herbert-Kind-Preises (verliehen für hervorragende Studienleistungen auf dem Gebiet der elektrischen Energietechnik), Herr Dipl. Ing. Christian Henze, ein Student an unserem Institut, von seinem Studienaufenthalt in Südafrika.

Das Jungingenieurforum gab Nachwuchingenieuren die Gelegenheit ihre Forschungsthemen im Plenum einem interessierten und kritischen Publikum vorzustellen. Das Spektrum der Vorträge reichte dabei von Detailuntersuchungen zu Hochtemperatur-Supraleitern, über Grundsatz- und Ausbauplanung von elektrischen Energieversorgungsnetzen bis hin zur thermischen Dimensionierung von Geräten der elektrischen Energietechnik. Auch hier war unser Institut durch einen Beitrag vertreten.

Die fachlichen Schwerpunkte des ETG-Kongresses bildeten die vier parallelen Fachtagungen zu den Themen „Emissionshandel - Herausforderung für die europäische Energiewirtschaft“, „Leistungselektronik in Energieversorgungsnetzen“, „Leistungselektronik in der Antriebstechnik“ sowie das „Schutz- und Leittechnik-Tutorial“.



Anmeldung zum ETG-Kongress

Schnupperstudium für einen Tag am 13.01.2005 Uni-Tag am 30.04.2005

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. Eine Möglichkeit 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 01.07.2005

Auch in diesem Jahr waren die Experimentalvorträge in der Hochspannungshalle anlässlich der „Langen Nacht der Wissenschaften“ in der Stadt Dresden einer der Besuchermagneten. In vier nacheinander stattfindenden Vorträgen hatten mehr als 350 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. Einer der Stationen war dabei ein Experimentalvortrag „Elektroenergieversorgung mit Hochspannung – Fakten-Effekte-Lösungen“ am 26. Juli 2005. Die jungen Leute zeigten sich zu dieser Problematik außerordentlich interessiert.

Veranstaltungen

„Power“-Grill

Um den Studenten des 5. Semesters den Einstieg in das Fachstudium der Elektroenergietechnik zu erleichtern und das persönliche Gespräch mit den Hochschullehrern des Studienganges und den Mitarbeitern des Elektrotechnischen Institutes ETI und des IEEH zu fördern luden wir zu m gemeinsamen Grillen ein. Die Resonanz bei den Studenten war groß. Der persönlich Kontakt zwischen den Studierenden und den Lehrenden ist sehr wichtig. In diesem Sinne wird auch die nun bereits traditionelle Weihnachtsfeier mit den Studenten und Diplomanden des Instituts gesehen.



Studenten, Hochschullehrer und Mitarbeiter im Gespräch am Grill

Exkursionen

VDE-Exkursion vom 17.05. - 21.05.2005

Auch in diesem Jahr hatten Studenten der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden gemeinsam mit Studenten aus Zittau während einer einwöchigen Exkursion in Süddeutschland und Frankreich die Gelegenheit Industrieunternehmen der Elektroenergietechnik und Energieversorger kennen zu lernen: RIBE Elektroarmaturen Schwabach, Kaveren-PSW Wehr; WKW Rheinfelden am Rhein; CERN Forschungsinstitut in Genf (Schweiz); Trench Wandlerbau in St. Luis (Frankreich); Kernkraftwerk Philippsburg



Besuch bei der RIBE Elektroarmaturen GmbH & Co. KG in Schwabach

Veranstaltungen

*Exkursion zur Netzleitstelle der ESAG in Heidenau am 28.06.2005
ergänzend zur Vorlesung „Netzschutz - und Leittechnik“*

Im Rahmen der Vorlesungen „Elektrosicherheit und Zuverlässigkeit“ für Wirtschaftsingenieure und „Felder von Elektroenergieanlagen und ihre Wirkungen“ für das Studium generale wurde von Doz. Dr.-Ing. Bauer jeweils eine Exkursion in eine 380-kV-Schaltanlage von Vattenfall Europe Transmission GmbH angeboten, um die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte in einem Schaltfeld zu messen.

Selbstverständlich wurden die Exkursionen am 29. Juni und am 4. Juli auch genutzt, um die in der Anlage befindlichen Betriebsmittel und deren Funktionsweise zu erklären.



Studenten bei der Magnetfeldmessung

Exkursion zur Bildungs- und Service GmbH (BSD) in Großröhrsdorf am 25.11.2005

Die Grundlagenforschungen zum Entwickeln von Arbeitsmitteln und -verfahren für das Arbeiten unter Spannung (AuS) gehört zu den Schwerpunktthemen des Instituts. Deswegen war es für einen Teil der wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter außerordentlich interessant, die Bildungs- und Service GmbH (BSD) in Großröhrsdorf, eine der renommierten Ausbildungsstätten für das Arbeiten unter Spannung, zu besuchen. Nach einem Einblick in das Profil des Unternehmens boten ein Rundgang durch die Schulungsräume und die Vorführung verschiedener AuS-Technologien eine hervorragende Möglichkeit diese an Bedeutung wachsenden Arbeitsverfahren am praktischen Beispiel kennen zu lernen.



AuS-Technologien für Mittelspannungs-Schaltanlagen im Schulungszentrum von BSD

Veranstaltungen

- VDE-Exkursion zum Kraftwerk „Schwarze Pumpe“ und zum Zentralstellwerk der Braunkohlen-Industriebahn von Vattenfall am 29.01.2005
- Transformatorenwerk Siemens AG in Dresden am 04.02.2005
- VDE-Exkursion zur CeBit nach Hannover am 13.03.2005
- VDE-Exkursion zur Industriemesse nach Hannover am 12.04.2005
- Stahl- und Walzwerk Riesa am 12.05.2005
- Fertigung von Mittelspannungsschaltzellen bei AREVA in Dresden am 14.11.2005
- VDE-Exkursion ins IPH und zu Vattenfall Berlin am 16.11.2005
- Exkursion zur DREWAG ins Gasturbinen-Heizkraftwerk Nossener Brücke mit Studenten der Fakultäten Maschinenwesen und Wirtschaftsingenieurwesen (3. Semester) am 16.12.2005

Öffentlichkeitsarbeit

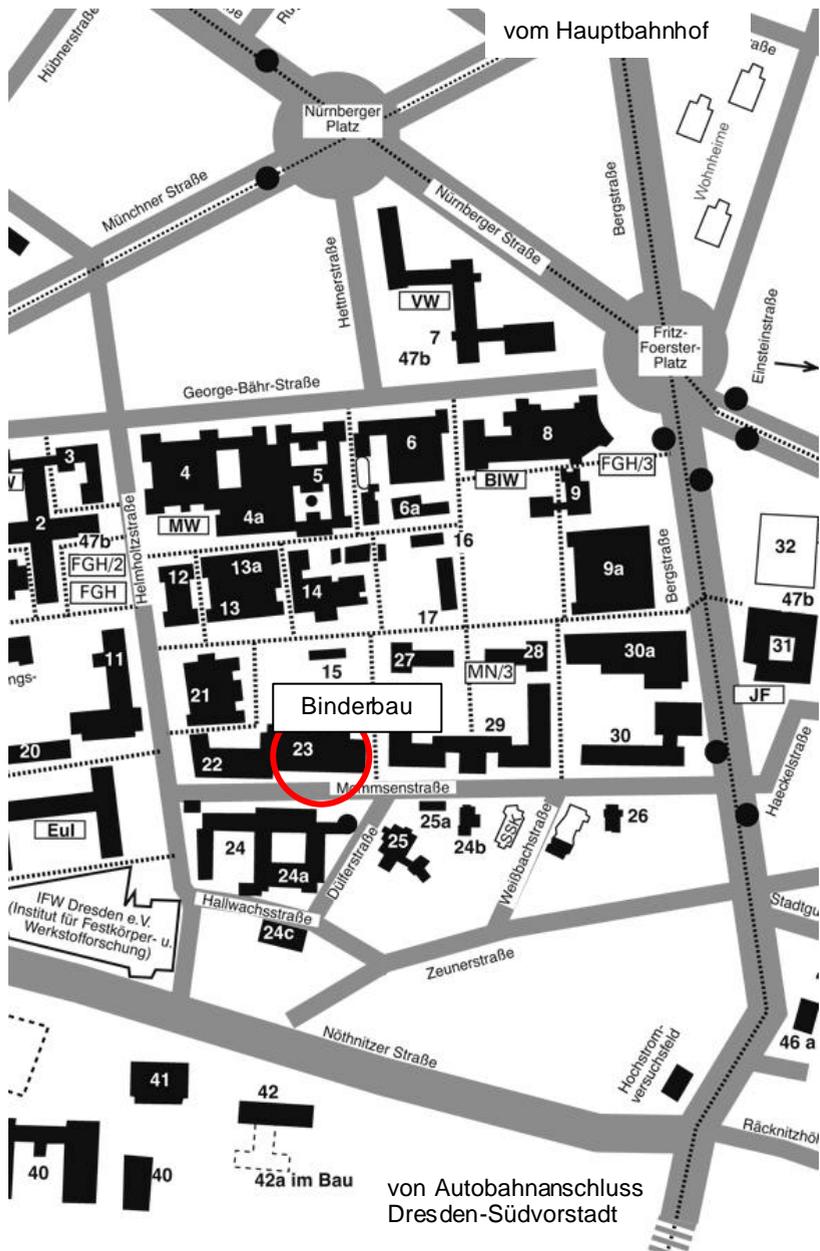
Neben den bereits oben genannten Veranstaltungen wurden Experimentalvorträge für Schüler von Gymnasien aus Dresden und Umgebung durchgeführt sowie Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen z. B. für die Commerzbank, die Firma RIBE Elektroarmaturen GmbH & Co. KG Radebeul und das Ingenieurbüro G. Haufe aus Dresden. Im Oktober dieses Jahres war die Hochspannungshalle Proben- und Aufführungsort für "TransSphären". Hochtalentierte, junge Künstler aus verschiedenen Ländern des „MUSIK Stipendium Hellerau“ stellten sich dem Publikum der 19. Dresdner Tage der zeitgenössischen Musik in der ungewöhnlichen Kulisse der Hochspannungshalle der Technischen Universität vor.

Weiterbildung

PD Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl und Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann waren im März und Oktober 2005 als Dozenten bei der Ausbildung zum akkreditierten Elektrothermografen des Verbandes der Schadensversicherer VdS tätig.

Anfahrtskizze

Anfahrtskizze



Sitz des Institutes:

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

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 A17**, Abfahrt Dresden-Südvorstadt, in Richtung Stadtzentrum bis zur Universität (Mommsenstraße)