

Institut für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik

Jahresbericht 2006

Inhalt

Personelle Besetzung	5
Lehre	11
Forschung	15
Veranstaltungen	61
Anfahrtsskizze	73
Forschungspartner	76

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,

auch in diesem Jahr wollen wir Sie mit dem Jahresbericht 2006 über wichtige Ereignisse und Aktivitäten des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik informieren. Dabei können wir wieder auf eine kontinuierliche Arbeit in der Lehre und in der Forschung zurückblicken.

Im Jahr 2005 hatte sich eine größere Anzahl von Studenten im 5. Semester für die Studienrichtung Elektroenergietechnik entschieden. Dieser erfreuliche Trend hat sich auch im vergangenen Jahr fortgesetzt. Dennoch kann der derzeitige Bedarf der Industrie und Energiewirtschaft an Absolventen in Deutschland nicht gedeckt werden. Es bleibt also auch für das nächste Jahr die Aufgabe, junge Menschen für den Beruf des Elektroingenieurs und ein Studium der Elektroenergietechnik zu begeistern. Der VDE-Kongress 2006 in Aachen und die Blackouts im Winter 2005 und im November 2006 haben deutlich gemacht, dass die Bedeutung der Elektroenergietechnik in der Gesellschaft wieder stärker wahrgenommen wird, um anstehende Aufgaben lösen zu können:

- Erneuerung und Ausbau von Anlagen der Elektroenergieerzeugung, des -transports und der -verteilung mit modernen, effizienten und umweltschonenden Technologien in Deutschland vor dem Hintergrund der Altersstruktur existierender Anlagen, erhöhter Anforderungen durch den liberalisierten Strommarkt und der zuverlässig verfügbaren Ressourcen
- Ausbau des weltweiten technologischen Vorsprungs deutscher und europäischer Unternehmen auf dem Gebiet der Elektroenergietechnik unter geeigneter Einbeziehung regenerativer Energiequellen und der Suche nach geeigneten Möglichkeiten der Energiespeicherung

- deutliche Reduzierung des Verbrauchs an Elektroenergie durch eine Verbesserung des Energiemanagements und durch Energie sparende Produkte und Verfahren.

Vor diesen Aufgaben stehen auch für die Forschung an unserem Institut. Sie sind eine spannende Herausforderung für unsere Studenten und Assistenten.

Sehr herzlich gratulieren wir Herrn Professor Peter Schegner zu seiner Wahl als Dekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik. Wir wünschen ihm für diese verantwortungsvolle Aufgabe bestes Gelingen zum Wohle der gesamten Fakultät und die dafür erforderliche Kraft.

Nach langen und teilweise aufwendigen Bemühungen konnte in diesem Jahr endlich der Umzug der Mitarbeiter aus dem Seminargebäude Zelle-scher Weg in den Toepler-Bau stattfinden. Damit wurde ein weiterer Schritt im internen Zusammenwachsen der beiden Institutsteile Elektroenergiever-sorgung und Hochspannungs- und Hochstromtechnik vollzogen. Allen aktiv Beteiligten sei an dieser Stelle für Ihr großes Engagement gedankt.

Das im vergangenen Jahr gemeinsam mit der Gesellschaft für Wissens- und Technologietransfer der TU Dresden mbH (GWT) gegründete Kompe-tenzzentrum „Hochspannungs- und Hochstromtechnik“ hat sich erfolgreich etabliert und eine erfreuliche Zahl von Forschungsleistungen für unsere Partner erbracht.

Ein großes öffentliches Interesse an der Arbeit des Instituts hat sich auch in diesem Jahr bei einer Vielzahl von Weiterbildungsveranstaltungen, Experi-mentalvorträgen und Besichtigungen der Hochspannungshalle gezeigt, wie zum Beispiel zur „Langen Nacht der Wissenschaften“ und Veranstaltungen zu „800 Jahre Dresden“.

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

Ich wünsche Ihnen ein gesundes, frohes und erfolgreiches Jahr 2007.

Dresden, im Dezember 2006



Personelle Besetzung

Personelle Besetzung

Mitarbeiter

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

Herrn Dipl.-Ing. Christian Henze	(ab 15.01.2006)
Herrn Dipl.-Ing. Jörg Dickert	(ab 01.02.2006)
Herrn Dipl.-Ing. Etienne Gasch	(ab 01.04.2006)
Herrn Dipl.-Ing. Jörg Meyer	(ab 01.07.2006)

Ein IAESTE-Fachpraktikum absolvierten Herr Islam Azmy Gowaid aus Ägypten und Herr Rafael Costa Ribeiro aus Brasilien im Juli/August 2006 an der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik.

Im Rahmen des SOCRATES-ERASMUS-Austauschprogrammes weilten Herr Sławomir Wądołowski und Herr Artur Cwalina von der Universität Warschau vom 01.04.-31.07.2006 an unserem Institut (Professur HH).

Mit einem DAAD-Stipendium arbeiteten Herr Jiri Holoubek aus Tschechien und Herr Stefan Lojek aus der Slowakei an unserem Institut (Professur EV).

Als Gastwissenschaftler weilte Herr Prof. Dr.-Ing. habil. Tadeusz Lobos aus Polen im Juli 2006 an der Professur Elektroenergieversorgung.



*Das Team des Instituts für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik im November 2006*

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 hartmut.bauer@tu-dresden.de	35104
	PD Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl loebl@ieeh.et.tu-dresden.de	32138
Professoren in Ruhestand	Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Eberhardt	
	Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Pundt	34574
	Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler	35088
Sekretariate	Regina Scharf scharf@ieeh.et.tu-dresden.de	33202
	Ulrike Hendrich hendrich@ieeh.et.tu-dresden.de	33428
Wissenschaft- liche Mitarbei- ter	Dr.-Ing. Eberhard Engelmann (Laborleiter) engelmann@ieeh.et.tu-dresden.de	33103
	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
	Dipl.-Ing. Jörg Dickert dickert@ieeh.et.tu-dresden.de	35272

Personelle Besetzung

	Dipl.-Ing. Etienne Gasch gasch@ieeh.et.tu-dresden.de	32941
	Dipl.-Ing. Christoph Gramsch bis 31.08.2006	
	Dipl.-Ing. Christian Henze henze@ieeh.et.tu-dresden.de	35353
	Dipl.-Ing. Sven Höpfner hoepfner@ieeh.et.tu-dresden.de	35353
	Dipl.-Ing. Mario Jochim bis 30.06.2006	
	Dipl.-Ing. Thomas Jordan jordan@ieeh.et.tu-dresden.de	32746
	Dipl.-Ing. Thomas Thronicker thronicker@ieeh.et.tu-dresden.de	32746
	Dipl.-Ing. Rainer Luxenburger bis 30.09.2006	
	Dipl.-Ing. Tomasz Magier bis 31.12.2006	
	Dipl.-Ing. Jörg Meyer meyerjoerg@ieeh.et.tu-dresden.de	32941
	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 bis 30.06.2006	
	Dipl.-Ing. Peter Vlcek bis 28.02.2006	

Personelle Besetzung

Technische Angestellte	Dipl.-Ing. (FH) Axel Göres goeres@ieeh.et.tu-dresden.de	32613
	Monika Markow	
Werkstatt	Ralf Dittrich dittrich@ieeh.et.tu-dresden.de	34745
	Michael Gläser glaeser@ieeh.et.tu-dresden.de	34260
	Gerd Jarosczi 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
Fax:	Prof. Elektroenergieversorgung	37036
	Prof. Hochspannungs- u. Hochstromtechnik	37157

Personelle Besetzung

Mitarbeit in Gremien

Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann

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

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner

- Mitglied im ETG-Vorstand
- persönliches Mitglied FGH, IEEE
- Dekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Mitglied des Konzils der TUD und des Fakultätsrates der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Gesellschaft von Freunden und Förderern der TU Dresden e.V.
- EMTP-Usergroup
- Deutscher Arbeitskreis der CIGRE SC B5

Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler

- Expertennetzwerk „Spannungsqualität“ des VDN Berlin
- Fachbereich V2 „Übertragung und Verteilung elektrischer Energie“ der ETG im VDE
- AK „Netzurückwirkungen“ im VDE-Bezirksverein Dresden

Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Pundt

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

Doz. Dr.-Ing. Hartmut Bauer

- K122 „Isolationskoordination“ der DKE und Vorsitzender des AK 10 beim VDE-Bezirksverein Dresden
- VDE-Ausschuss „Sicherheits- und Unfallforschung“
- ETG-V2.3/ITG-FA5.5 „Schutz- und Automatisierungstechnik“
- GAK 952.0.02 „IEC 61850 Prozessbus und Monitoring“ 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 Doz. Dr.-Ing. Bauer	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0

Hauptstudium

Elektroenergiesysteme Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner		3 / 2 / 1
Elektroenergieanlagen Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler	2 / 1 / 0	
Netzbetrieb Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler	0 / 0 / 1	2 / 0 / 0
Rationelle Energieanwendung Prof. Dr.-Ing. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. Winkler	2 / 0 / 0	
Netzberechnung Prof. Dr.-Ing. Schegner		2 / 2 / 0
Leittechnik Doz. Dr.-Ing. Bauer	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Netzschutztechnik Prof. Dr.-Ing. Schegner	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Elektroanlagenprojektierung Prof. Dr.-Ing. Schegner / Dr.-Ing. Hentschel		1 / 1 / 0
Hochspannungstechnik 1 Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	0 / 0 / 2	2 / 1 / 0
Hochspannungstechnik 2 Prof. Dr.-Ing. Großmann / PD Dr.-Ing. habil. Löbl / Dr.-Ing. Speck / Dr.-Ing. Engelmann	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Hochspannungs-Isoliertechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Engelmann		2 / 0 / 0

	Lehre	
Vorlesungen / Übungen / Praktika	SS	WS
Hochstromtechnik PD Dr.-Ing. habil. Löbl		2 / 1 / 1
Hochspannungsgeräte PD Dr.-Ing. habil. Löbl	2 / 0 / 1	
Hochspannungs-Prüf- und Messtechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Engelmann		2 / 0 / 1
Blitzschutztechnik Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Engelmann	1 / 1 / 0	
Statistik für Elektrotechniker Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	2 / 0 / 1	
Lehrexport an andere Fakultäten (Hauptstudium)		
Elektrische und magnetische Felder in der Nähe von Elektroenergieanlagen Studium Generale und Dresdner Bürger-Universität Doz. Dr.-Ing. Bauer	1 / 0 / 1	
Erzeugung, Übertragung und Verteilung von Elektro- energie Studium Generale und Dresdner Bürger-Universität Prof. Dr.-Ing. Schegner / Doz. Dr.-Ing. Bauer	2 / 0 / 0	
Elektrosicherheit und Versorgungszuverlässigkeit für Wirtschaftsingenieurwesen Doz. Dr.-Ing. Bauer	2 / 1 / 1	
Elektroenergieversorgung für Wirtschaftsingenieure und Lehramt an berufsbil- denden Schulen Doz. Dr.-Ing. Bauer		2 / 1 / 1
Hochspannungstechnik für Wirtschafts- und Verkehrsingenieure Prof. Dr.-Ing. Großmann / Dr.-Ing. Speck	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0
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** Seite 16
- **Hochspannungstechnik** Seite 37
- **Hochstromtechnik** Seite 47

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 der im letzten Jahr bearbeiteten Themen genannt.

▪ **Schutz- und Leittechnik**

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

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

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.

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

- **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

Identifikation von Freileitungen auf Basis der Berechnungsgleichungen des elektrischen Feldes

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 (Bild 1, 2).

Der Focus liegt auf zwei unterschiedlichen Lösungsstrategien für die Bestimmung der elektrischen und geometrischen Daten der Freileitung. Zum einen können die vollständigen Scanvorgänge der elektrischen Feldstärke analysiert und anhand von charakteristischen Verläufen und Punkten Aussagen über die Leitung getroffen werden (Empirische Methode, [1]). Zum anderen ist es möglich, mit Hilfe der Berechnungsgleichungen des elektrischen Feldes die Daten der Freileitung unter Verwendung von numerischen Lösungsverfahren zu berechnen (Analytische Methode). Im Folgenden wird diese Methode näher beschrieben.

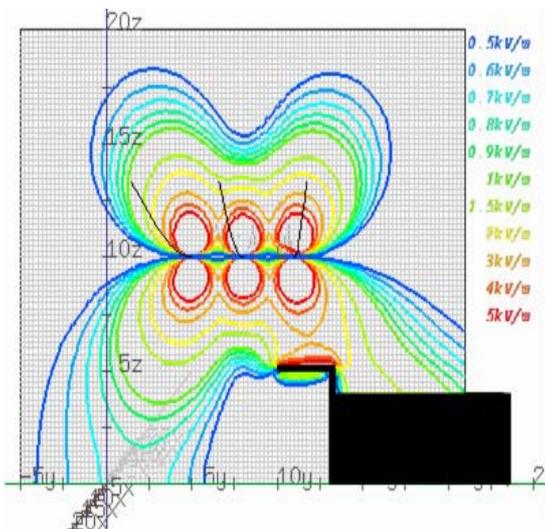


Bild 1: Isolinienbild von E_z für waagerechten Scan in 5m Höhe unter einer Testleitung mit Arbeitsmaschine

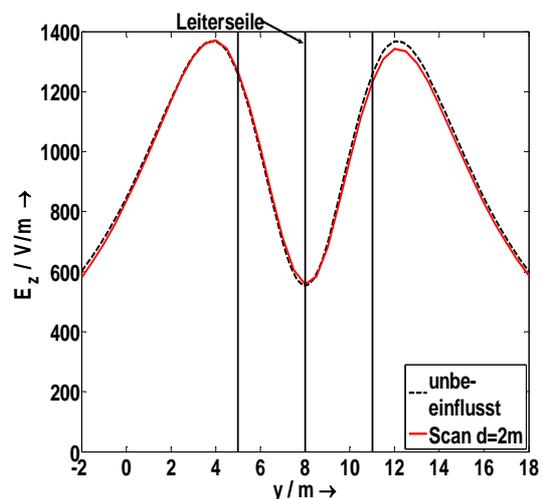


Bild 2: Waagerechtes Feldstärkeprofil E_z in 5 m Höhe unter der Testleitung nach Bild 1

Unter der Voraussetzung von unendlich langen, zum Erdboden und zueinander parallelen Linienladungen (in x-Richtung) und ohne Berücksichtigung von Störkörpern kann die elektrische Feldstärke an einem Punkt P (Bild 3) mit folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$E_y(y_{P_k}, z_{P_k}, t_k) = \sum_{i=1}^n -\frac{\hat{Q}_i' \sin(\omega t_k + \varphi_i)}{2\pi\epsilon} (y_{P_k} - y_{Q_i}) \left[\frac{1}{r_i'^2} - \frac{1}{r_i^2} \right]$$

$$E_z(y_{P_k}, z_{P_k}, t_k) = \sum_{i=1}^n -\frac{\hat{Q}_i' \sin(\omega t_k + \varphi_i)}{2\pi\epsilon} \left[\frac{z_{P_k} + z_{Q_i}}{r_i'^2} - \frac{z_{P_k} - z_{Q_i}}{r_i^2} \right]$$

(1)

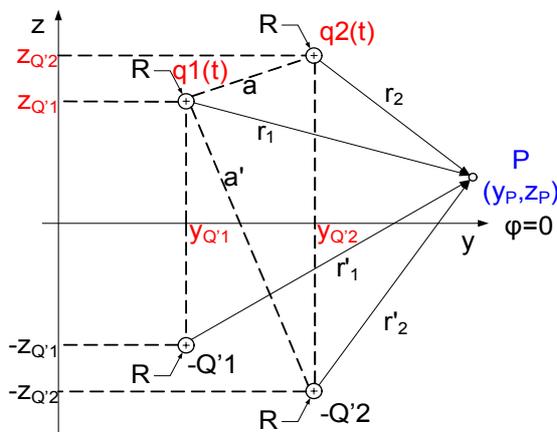


Bild 3: E-Feldberechnung mit der Spiegelladungsmethode

Gesucht sind die Scheitelwerte \hat{Q}_i und die Phasenlagen φ_i der zeitlichen Verläufe der einzelnen Ladungen (Index i) sowie die geometrischen Daten y_{Q_i} und z_{Q_i} . Zu messen sind die Komponenten der elektrischen Feldstärke sowie die Koordinaten der Messorte und die Messzeitpunkte. Um beispielsweise die geometrischen und elektrischen Daten einer Dreileiteranordnung aus der Messung des elektrischen Feldes zu berechnen, muss ein nichtlineares Gleichungssystem 12.

Ordnung gelöst werden. Die Konvergenz des Gleichungssystems ist stark abhängig von der Wahl der Startwerte der Iteration, der Wahl der Messorte und Messzeitpunkte. Es ist beispielsweise darauf zu achten, dass die Zeitdifferenz zwischen den Messorten ungleich dem Vielfachen einer Periode des zeitlichen Verlaufs der Ladungen ist. Werden Messfehler bei der Berechnung berücksichtigt, erweist es sich als vorteilhaft, je Messort nur eine Komponente der elektrischen Feldstärke zu verwenden. Als vorteilhafte Startwerte für die numerische Lösung des Gleichungssystems dienen die Ergebnisse der empirischen Methode. Auf diese Weise kann die Lage der Leiterseile mit akzeptablen Abweichungen bis zu 0,5 m bestimmt werden.

Die Schwerpunkte für die weitere Arbeit liegen auf der Verbesserung der Konvergenz der Lösung des Gleichungssystems sowie auf der Reduzierung des Rechenaufwandes.

[1] Jahresbericht 2005, TU Dresden, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik



Sven Höpfner, Dipl.-Ing.

Netzurückwirkungen durch den verstärkten Einsatz von FACTS und HVDC im transeuropäischen Energiesystem

Im transeuropäischen Energiesystem steigt die Anzahl von FACTS- und HVDC-Anlagen erheblich an. Besonders problematisch ist dabei die Konzentration dieser Systeme an der Nord- und Ostseeküste (elektrische Nähe dieser Anlagen zueinander). Mit dem zunehmenden Ausbau von Seekabelverbindungen und der geplanten Errichtung großer Off-shore-Windparks wird deren Anteil weiter steigen.

In früheren Netzuntersuchungen (Messungen) des IEEH wurden grundlegende, nicht zu vernachlässigende Einflüsse der in Betrieb befindlichen HVDC-Anlagen auf das Transportnetz festgestellt. Um die Einflüsse der leistungselektronischen Anlagen systematisch untersuchen zu können, wurden diese abstrahiert nachgebildet. Die HVDC Anlagen speisen abhängig vom Anlagentyp charakteristische harmonische Ströme neben der Grundschwingung (Leistungsübertragung) in das Netz.

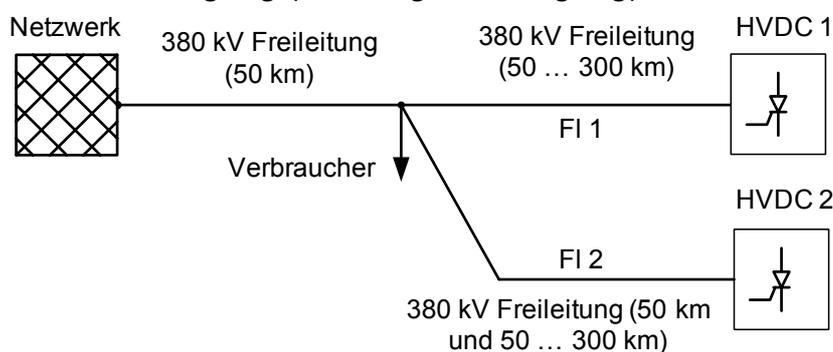


Bild 1: Testnetz mit zwei HVDC-Anlagen

Um den Einfluss der Modellierung beurteilen zu können, wurden die Freileitungen durch verschiedene Leitungsmodelle (PI, Γ , J. Marti, Leitungsgleichungen) nachgebildet. Die Übertragungsleitungen wurden teilweise in ihrer Länge variiert (Bild 1). Das dargestellte Testnetz wurde zum einen analytisch berechnet und zum anderen mit Hilfe des Simulationswerkzeugs EMTP-ATP nachgebildet. Es wurden die Randbedingungen bzw. Anforderungen an die Parametrierung der Leitungsmodelle bestimmt, um in dem interessierten Frequenzbereich ausreichend genaue Ergebnisse zu erhalten. Werden diese Randbedingungen eingehalten, sind alle untersuchten Leitungsmodelle grundsätzlich für die Analyse der Ausbreitung von Harmonischen in Transportnetzen geeignet. Dies wird durch die Diagramme in Bild 2 unterstrichen. Dargestellt sind die 11. und 23. Harmonische der

Spannung am Lastanschlusspunkt bei alleinigem Betrieb der HVDC1 (Winkel sind in ähnlichen Genauigkeitsklassen).

Die analytische Betrachtung (z. B. Leitungsgleichungen) der Testnetze zeigte die Genauigkeit des Simulationswerkzeuges, so dass auf eine aufwendige analytische Betrachtung komplexer Transportnetze zu Gunsten eines Simulationswerkzeuges (z. B. EMTP-ATP) verzichtet werden kann.

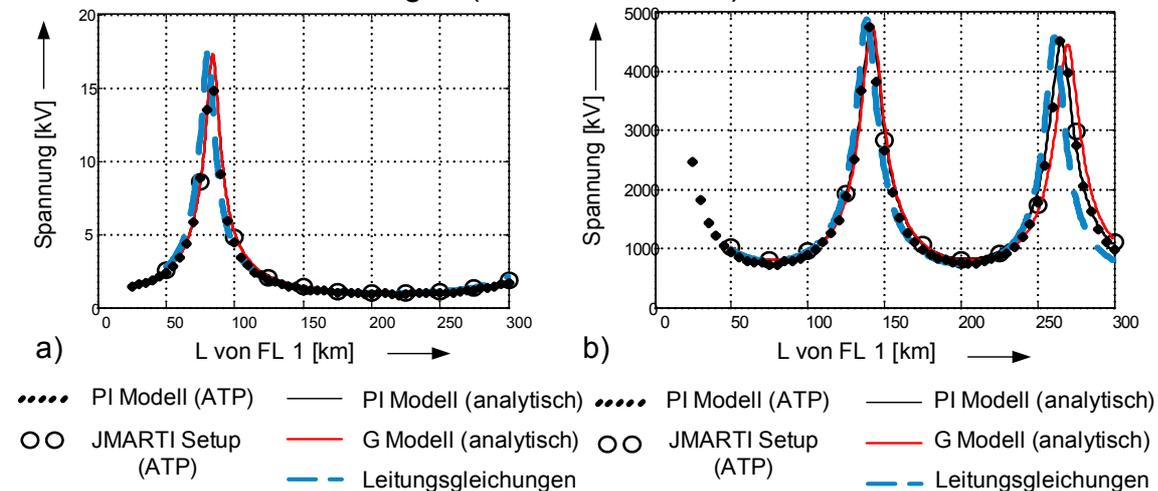


Bild 2: Vergleich der 11.(a) und 23.(b) Spannungsharmonischen, bezogen auf die Länge der Freileitung 1 (FL 1) am Lastanschlusspunkt

Die Untersuchungen zeigten, dass bei einer angepassten Parametrierung der ausgewählten Leitungsmodelle kritische Resonanzstellen in Transportnetzen grundsätzlich ermittelt werden können. Eine frequenzabhängige Modellierung der Resistenzen, Induktivitäten, Kapazitäten und Konduktanzen der Freileitung ist für den interessierenden Frequenzbereich nicht zwingend erforderlich. Eine frequenzabhängige Modellierung der Verbraucherimpedanz und der Innenimpedanz des Netzes ist zweckmäßig, jedoch äußerst problematisch, da geeignete Parameter fehlen.

Darüber hinaus haben die Untersuchungen gezeigt, dass die Ermittlung von Resonanzen in Transportnetzen grundsätzlich nur mit Hilfe geeigneter Simulationen des vollständigen Netzes möglich sind. In Abhängigkeit von Einspeise- und Belastungsverhältnissen und den sich daraus einstellenden Lastflüssen ergeben sich einerseits unterschiedlichste Eigenwerte und Dämpfungen für das System, andererseits treten in sehr verschiedenen Frequenzbereichen Anregungen auf. Hierdurch ist eine einfache überschlägige Ermittlung von Resonanzstellen durch eine vereinfachte Näherungsgleichung im Transportnetz nicht möglich.

Die durchgeführten Arbeiten zeigen, dass die eingespeisten harmonischen Ströme, der leistungselektronischen Betriebsmittel, nicht vernachlässigt werden können, unabhängig wie niedrig deren Pegel ist. In Abhängigkeit der Leitungslänge können bereits kleinste Stromanregungen erhebliche Resonanzen der Spannung hervorrufen. Diese Spannungen können die Betriebsmittel in ihrer Funktion beeinflussen bzw. zerstören.



Jörg Dickert, Dipl.-Ing.

Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Verlustarbeit in Energieversorgungssystemen

Bei der Planung von Elektroenergiesystemen spielt die Effizienz des Netzes eine wichtige Rolle. Die stromabhängigen Verluste, welche beim Stromtransport entstehen, haben dabei einen großen Anteil an der gesamten Verlustarbeit. Die Bestimmung dieser Verluste ist mittels Messung, Simulation oder Abschätzung möglich. Messungen sind nur an realen Netzen bei vorhandenen Messmöglichkeiten und einer umfangreichen Datenerfassung durchführbar und zudem sehr aufwendig. Mithilfe von Simulation oder Abschätzung ist die Verlustarbeit von realen Netzen, aber auch von Netzen in Planung, ermittelbar. Bei der Simulation sind eine Vielzahl von Verbraucherdaten (Belastungskurve, etc.) nötig, und sie ist rechentechnisch sehr aufwendig (vgl. Tabelle 1). Bei einem Betrachtungszeitraum von einem Jahr müssen für die Ermittlung der Verlustarbeit 35040 Lastgänge gerechnet und ausgewertet werden.

Die Abschätzung mittels Näherungsformel benötigt nur eine Berechnung der Verluste bei maximaler Last, woraus sich mit charakteristischen Kenngrößen der Belastungskurve die stromabhängige Verlustarbeit berechnen lässt.

Tabelle 1: Vergleich der Möglichkeiten zur Bestimmung der Verlustarbeit

	Messung	Simulation	Abschätzung
Aufwand	■■■■■	■■■■■	■
Datenbedarf	■■■■■	■■■■■	■
Genauigkeit	■■■■■	■■■■■	■■■■■
Betrachtungszeitraum	Nur zurückliegend	Keine Beschränkung	Keine Beschränkung

Insbesondere beim Vergleich von verschiedenen Ausbauvarianten von Netzen ist daher die Abschätzung der Verlustarbeit mithilfe von Näherungsformeln, basierend auf dem Arbeitsverlustfaktor, zweckmäßig.

Ausgehend von einer Vielzahl internationaler Publikationen wurde die Theorie der Abschätzung der stromabhängigen Verlustarbeit für Verteilungsnetze aufgearbeitet und in übersichtlicher Form dargestellt. Zusätzlich wurde ein Berechnungsplan für die Ermittlung der Gesamtarbeitsverluste erstellt und

die benötigten Daten, Faktoren und Arbeitsschritte angegeben und beschrieben.

Es zeigt sich, dass es eine Vielzahl von Näherungsformeln auf Grundlage empirischer Auswertungen vieler Dauerlinien und Abschätzung verschiedener Dauerlinien gibt. Diese wurden mit den jeweiligen Formeln zusammengestellt und miteinander verglichen.

Um Aussagen zur Richtigkeit der Näherungsformeln für die Verlustarbeit zu treffen, wurden bei verschiedenen Netzen Simulationen durchgeführt und die Ergebnisse gegenübergestellt. Die Simulation erfolgte für einen Betrachtungszeitraum von einem Jahr in 15-Minuten-Intervallen (35040 Berechnungen). Für Simulation sowie für die Abschätzung der Verlustarbeit mittels Näherungsformel werden die Daten des zu untersuchenden Netzes benötigt. Zudem sollte die maximale Leistung der verschiedenen Verbraucher bekannt sein.

Die Simulation benötigt zudem die Lastgänge für jeden Verbraucher für ein Jahr. In Bild 1 ist ein synthetisch generierter Lastgang zu sehen.

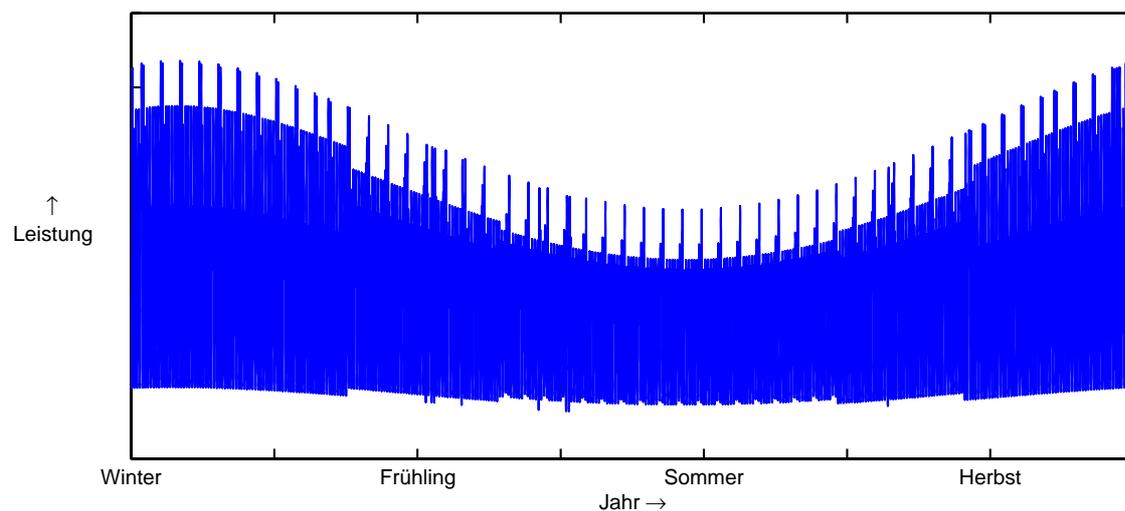


Bild 1: Lastgang für ein Jahr mit Jahreszeiten

Die Ermittlung der Verlustarbeit ist mittels Näherungsformeln gut möglich, und der Zeit- und Rechenaufwand ist erheblich geringer als bei der Simulation.

Die ermittelten Verlustarbeiten mit der Näherungsformel stimmen gut mit den Ergebnissen der Simulation überein. Besonders beim Vergleich von Ausbauvarianten zeigt sich, dass der Zeitaufwand der Simulation viel größer ist als bei Verwendung der Näherungsformel. Somit sind mithilfe einer Näherungsformel zügige Abschätzungen zum Vergleich der Verluste bei Ausbauvarianten möglich, und die Tendenz der Verlustarbeit bei verschiedenen Varianten wird gut abgebildet.



Etienne Gasch, Dipl.-Ing.

Implementierung von Softwarekomponenten zur automatischen Auswertung der Elektroenergiequalität

Die Qualität der Elektroenergieversorgung wird durch mehrere Kenngrößen beschrieben. Zum einen stellen Versorgungsunterbrechungen eine Minderung der Qualität dar. Zum anderen sind Spannungsunsymmetrien, auftretende Flicker und Spannungsharmonische, Verletzungen des Spannungstoleranzbandes und Abweichungen der Netzfrequenz qualitätsmindernd. Letztere sind quasistationäre Kenngrößen der Spannungsqualität, welche in Europa die in DIN EN 50160 angegebenen Werte nicht überschreiten dürfen.

Diese Grenzwerte müssen an allen Übergabestellen im öffentlichen Nieder- und Mittelspannungsnetz eingehalten werden. Die große Anzahl an Übergabestellen ermöglicht einerseits kaum eine flächendeckende Erfassung von Messdaten. Zum anderen muss die anfallende Datenmenge von den zahlreich installierten Messgeräten ausgewertet werden. Messungen können über längere Zeiträume oder zur kurzzeitigen Auswertung aufgezeichnet werden. Solche Messdaten sind datentechnisch zu verwalten. Eine manuelle Auswertung ist nur mit erheblichem Zeitaufwand möglich. Demzufolge kommt nur eine programmgesteuerte automatische Auswertung in Frage.

Zu der am Institut entwickelten Datenbank wurden weitere Softwarekomponenten zur Datenverwaltung und Auswertung implementiert. Es können Messdaten aus den Power Quality Messgeräten TOPAS 1000 und Memobox (versch. Modelle) in eine Datenbank eingelesen werden. Das Einlesen erfolgt automatisch nach Auswahl der entsprechenden Messdatendateien. Zur Datenspeicherung wird eine Oracle Datenbank verwendet. Ein zweites Softwaretool liest die Messdaten aus dieser Datenbank aus und wertet sie entsprechend der Norm aus. Die Daten werden zudem nach nichtnormalen Betriebszuständen durchsucht. Eine Auswertung erfolgt in einer Protokolldatei.

Das Programm zur Messdatenauswertung durchsucht die Minimalwerte des Spannungseffektivwertes nach Werten, die kleiner sind als ein bestimmter Wert. Diese Messzeiträume werden für den Benutzer als nichtnormale Betriebszustände vorgeschlagen. Gleichzeitig kann der Nutzer noch eigene Vorschläge in die Datenbank eintragen. Für die Auswertung kann man diese Vorschläge markieren oder ignorieren. Eine Markierung führt zum Herauslassen dieser Zeiträume aus der Auswertung. Für die Auswertung können beliebige Zeiträume und Messorte miteinander kombiniert werden.

Die Auswertung wird automatisch generiert und in einem Protokoll gespeichert. Dies kann ein ausführliches Protokoll (in Postscript bzw. PDF) oder ein zusammengefasstes Protokoll in einem editierbaren Format sein. Das ausführliche Protokoll wird für jeden Messort einzeln erstellt. Neben den Tabellen werden Diagramme zum Zeitverlauf der Kenngrößen und zur Häufigkeitsverteilung mit dargestellt (Bild 1). Im zusammengefassten Protokoll erfolgt eine messortübergreifende Auswertung in rein tabellarischer Form (Tabelle 1).

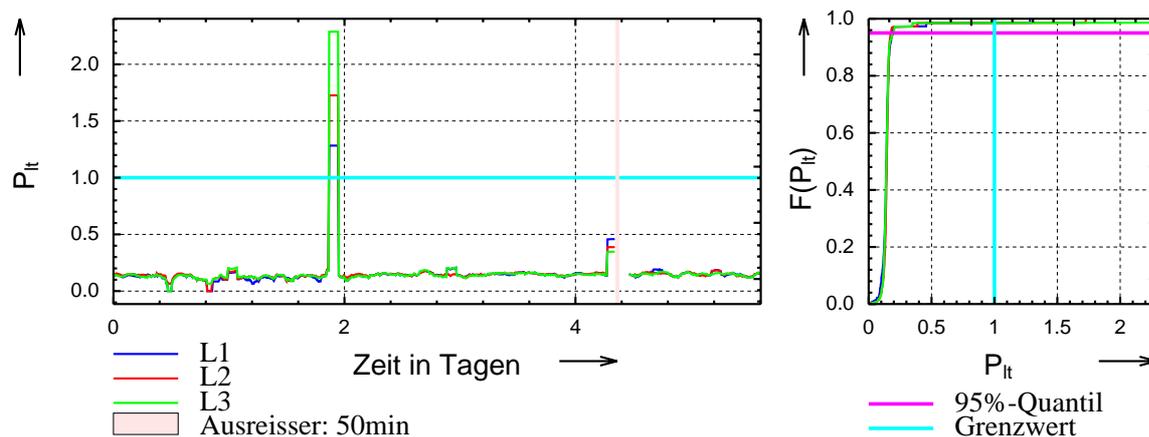


Bild 1: Zeitverlauf und Häufigkeitsverteilung einer Qualitätskenngröße (Langzeitflicker)

Die Auswertung wird zum einen nach DIN EN 50160 erstellt. Zum anderen werden die am Institut entwickelten Qualitätsindizes für diese Messdaten berechnet und im Protokoll ausgewiesen (Tabelle 1). Die normiert dargestellten Qualitätsindizes geben die Reserve zu einem vorgegebenen Grenzwert an und können direkt untereinander verglichen werden. Dies ermöglicht die Zusammenfassung verschiedener Kenngrößen der Spannungsqualität an verschiedenen Messpunkten.

Tabelle 1: Qualitätsindizes mit farblicher Darstellung (fiktiv)

Messpunkt	Spannungsband	Flicker	Spannungsunsymmetrie	Oberschwingungsspannungen	Alle Kenngrößen
Messpunkt A (02.10.06 – 08.10.06)	0,57	0,84	0,95	0,78	0,57
Messpunkt B (von .. bis ..)	0,81	0,49	0,91	0,77	0,49
Messpunkt C (Woche 3)	0,43	0,42	0,89	0,76	0,42
Messpunkt C (Woche 4)	0,75	0,90	0,92	0,81	0,75
Messpunkt D (Woche 4)	0,80	0,62	0,95	0,80	0,62
Messpunkt E (Woche 4)	0,39	0,84	0,94	0,78	0,39
Alle Messpunkte	0,39	0,42	0,89	0,76	0,39



Jan Meyer, Dr.-Ing.

Grafische Methode zur vereinfachten Bewertung der Spannungsqualität in öffentlichen Verteilungsnetzen

Messungen zur Spannungsqualität, also von Kenngrößen wie z. B. Spannungsharmonischen, Langzeit-Flicker oder der Spannungsunsymmetrie, können in 3 Kategorien unterteilt werden:

- a) Messungen als Reaktion auf Kundenbeschwerden
- b) Messungen zur Überwachung vertraglich festgelegter Grenzwerte
- c) Messungen zur Feststellung eines mittleren Niveaus der Spannungsqualität im Verteilungsnetz

Insbesondere Messungen entsprechend Kategorie c) gewinnen in Europa u. a. durch das vermehrte Interesse der Regulierungsbehörden am Thema Spannungsqualität mehr und mehr an Bedeutung. Im Gegensatz zu den Kategorien a) und b) stellen Messungen nach Kategorie c) hohe und neue Anforderungen an die automatische Datenarchivierung und Datenauswertung. Hauptziel der Auswertung muss die Ausnutzung des maximalen Informationsgehalts solcher Messungen bei minimalem Aufwand sein. Insbesondere durch die aktuell übliche, ausschließlich qualitative Auswertung nach entsprechenden Normen (z. B. EN 50160) wird diesem Grundsatz noch nicht in ausreichendem Maße entsprochen. Wichtige Informationen über Verhalten und Ausprägung der Spannungsqualität gehen verloren.

Basierend auf einer in der deskriptiven Statistik üblichen, grafischen Darstellungsform (Box-Whisker-Plot - BWP) wurde ein grafisches Auswerteverfahren (modifizierter Box-Whisker-Plot - mBWP) entwickelt, welches die statistischen Kenngrößen, wie z. B. Median, Variationsbreite oder bei der Bewertung der Spannungsqualität typische Quantile der Häufigkeitsverteilung übersichtlich und einfach interpretierbar grafisch darstellt. Form und Aussehen eines mBWP lassen direkte Rückschlüsse auf das Verhalten der entsprechenden Spannungsqualitäts-Kenngröße zu.

Bild 1 zeigt beispielhaft die Darstellung eines mBWP für den Verlauf einer 5. Spannungsharmonischen. Die blaue Box umfasst alle Messwerte im Bereich zwischen 5%- und 95%-Quantil. Der rote Strich markiert den Median der Messwerte. Oberer und unterer schwarzer Balken beginnen am 75%- bzw. 25%-Quantil (gepunktete blaue Linien). Sie markieren eine so genannte innere Grenze, an die bei deutlicher Asymmetrie der Messwerte zum Median auch eine zusätzliche äußere Grenze anschließen kann (❶).

Alle Messwerte, die außerhalb dieser Grenzen liegen, werden als Ausreißer bezeichnet und werden durch rote Kreuze markiert (②).

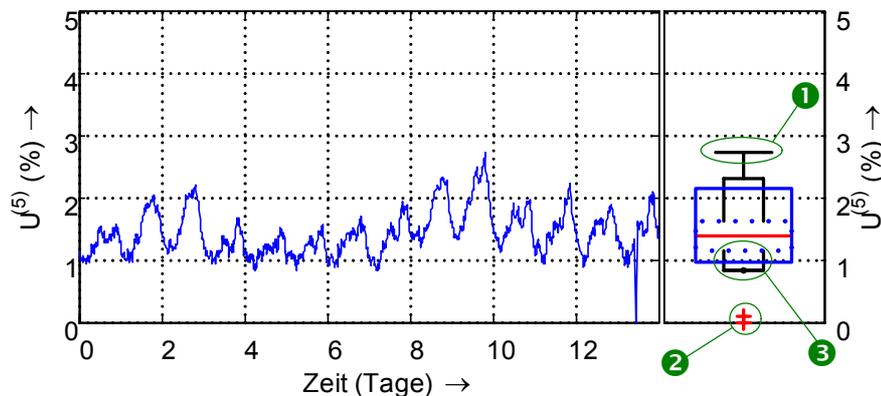


Bild 1: mBWP-Darstellung für den Zeitverlauf des Pegels der 5. Spannungsharmonischen an einem Verknüpfungspunkt eines Mittelspannungsnetzes

Abweichungen vom überwiegenden Aussehen der Tagesverläufe (Tag 10 in Bild 1) treten als obere äußere Grenze auf (①). Eine kurze Unterbrechung am Tag 14 wird durch Ausreißer repräsentiert (②). Kleinere Schwankungen in der Schwachlastzeit, also unterhalb des Medians, bedingen eine kleinere Höhe des Balkens für die untere innere Grenze im Vergleich zur Balkenhöhe der oberen inneren Grenze (③).

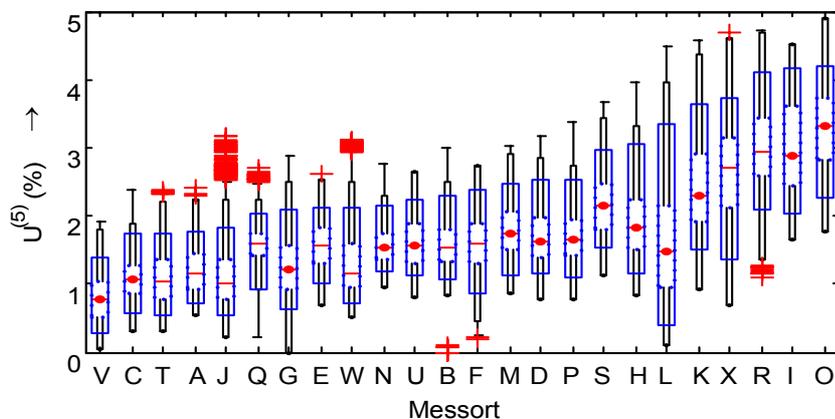


Bild 2: mBWP-Darstellungen der 5. Spannungsharmonischen für 24 Messorte sortiert nach dem 95%-Quantil

Aus Bild 2 ist sofort erkennbar, dass basierend auf dem Grenzwert von 6 % eine Mindestreserve von ca. 2 % für die ungünstigsten, also am weitesten rechts liegenden Messorte besteht.

Durch vielfältige Arten der Auswahl und Sortierung der mBWP können individuelle Schwerpunkte bei der Bewertung der Spannungsqualität gesetzt werden.



Jörg Meyer, Dipl.-Ing.

Einsatz von Distanzschutzeinrichtungen in der Niederspannung

Eine einfache Strom-/Zeitstaffelung stellt die am häufigsten in Niederspannungsanlagen realisierte selektive Schutzstaffelung dar. Die Ausschaltzeiten der Schutzgeräte werden dabei, zur Erreichung der Selektivität, in Einspeiserichtung immer länger. Dies hat zur Folge, dass stromstarke einspeisenahe Fehler erst nach einer relativ langen Zeit abgeschaltet werden und somit erhebliche Belastungen der Betriebsmittel darstellen. Der Nachteil der Zeitstaffelung lässt sich durch eine Kommunikation zwischen den Schaltern beheben. Nachteilig sind hier jedoch der hohe und damit kostenintensive Verkabelungsaufwand sowie die zusätzlich erforderlichen, kostenintensiven Kommunikationsgeräte.

Der in der Mittel- und Hochspannung übliche Einsatz von Distanzschutzgeräten, die durch die Bewertung der Impedanz der Fehlerschleife eine schnelle und selektive Fehlerklärung ermöglichen, wird in der Niederspannung nicht realisiert. Die Fehlerortbestimmung und somit selektive Staffelung von Distanzschutzgeräten in der Niederspannung ist auf Basis der Betriebsmittelimpedanzen in der Fehlerschleife nur sehr schwer möglich, da diese Impedanzen sehr klein sind und deren Impedanzwinkel einen sehr großen Bereich überstreicht.

Das Erkennen des Öffnens eines nachgeordneten Schalters und somit die Erkennung der Fehlerklärung durch einen nachgeordneten Schutz würde zu einer Erhöhung der Selektivität beitragen. Ein Nichterkennen des Öffnens eines nachgeordneten Schalters wiederum würde zur Verkürzung der Abschaltzeiten führen, da dann davon ausgegangen werden kann, dass der Fehler von keinem nachgeordneten Schutz geklärt wird. Die Auswertung verschiedener Messreihen der Strom- und Spannungsverläufe verschiedener Kurzschlussabschaltungen von bestimmten Niederspannungsleistungsschaltern haben gezeigt, dass die Resistanz des im Schalter brennenden Schaltlichtbogens einen signifikant exponentiellen Verlauf aufzeigt. Die Anwendung konventioneller Berechnungsalgorithmen zur Bestimmung der Impedanz aus zeitdiskreten Abtastwerten der Prozessgrößen Strom und Spannung liefert den in Bild 1 dargestellten Verlauf der Resistanz des Schaltlichtbogens.

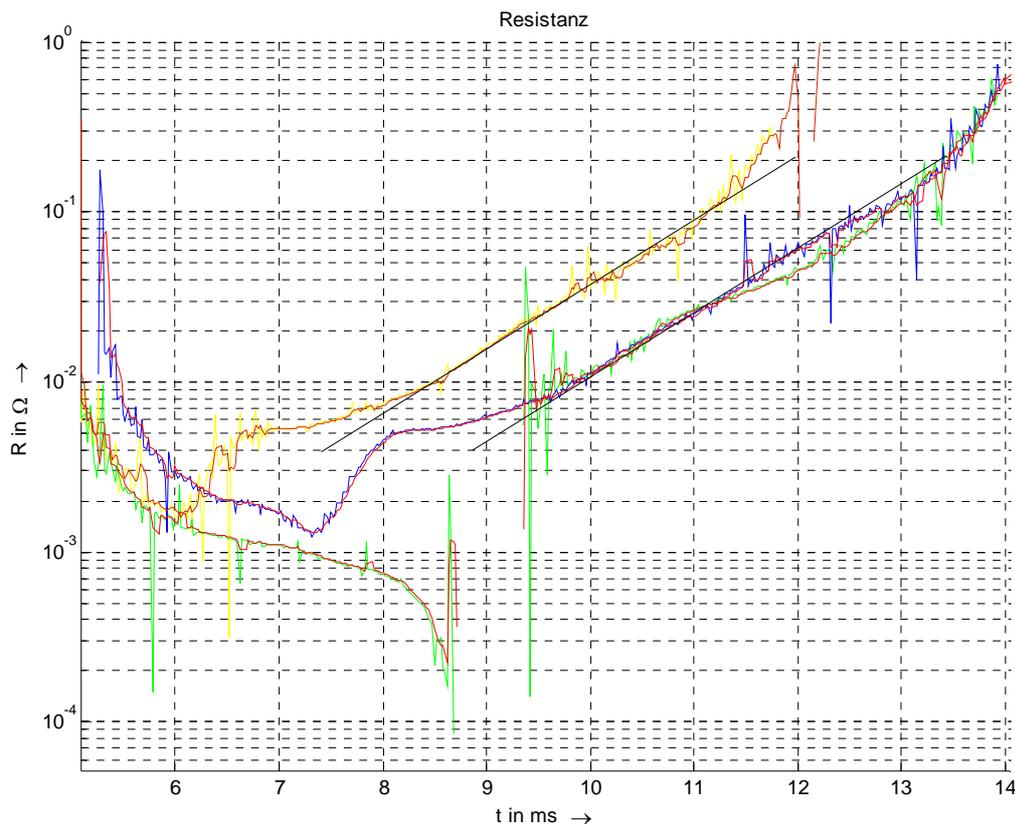


Bild 2: Resistanzverlauf der Schaltlichtbögen der 3 Schalterpole eines Niederspannungsleistungsschalters

Der zeitliche Verlauf der Spannung über den Polen des schaltenden Leistungsschalters kann, während der Existenz des Schaltlichtbogens, mit folgender Funktion beschrieben werden.

$$u_{\text{SLB}}(t) = R_B(t) \cdot i(t) + U_{\text{AK}} = a \cdot e^{b \cdot (t-t_0)} \cdot i(t) + \text{sign}[i(t)] \cdot U_{\text{AK}}$$

Mit dem Wissen des zeitlichen Resistanzverlaufes des Schaltlichtbogens sollen neue Strategien zur Erkennung des Öffnens des nachgeordneten Schalters erarbeitet werden. Mit diesen Strategien werden neue Konzepte der selektiven Schutzstaffelung in Niederspannungsnetzen möglich. Eine deutliche Reduktion der Auslösezeiten der einspeisenahen Leistungsschalter kann ohne zusätzliche Kommunikationskanäle durch die Bewertung des Verlaufs der Resistanz der Fehlerschleife erreicht werden.



Philipp Stachel, Dipl.-Ing.

Untersuchung der Funktion Pendelsperre im Distanzschutz

Netzpendelungen sind elektromechanische Ausgleichvorgänge in Elektroenergieübertragungsnetzen. Hervorgerufen werden diese symmetrischen Leistungsschwingungen durch Schalthandlungen, Kurzschlüsse und Lastzu- bzw. Lastabschaltungen.

Im UCTE-Netz treten derzeit erfahrungsgemäß Pendelungen mit Frequenzen von 0,2 bis 1,5 Hz auf. Diese dürfen weder zu einer Auslösung des Schutzes der Erzeugungseinheit noch zu einer Leistungsabsteuerung führen.¹ Damit die Pendelungen stärker gedämpft werden, ist es unerwünscht, dass Hochspannungsleitungen während der Pendelung durch den Distanzschutz abgeschaltet werden. Durch eine Zusatzfunktion des Distanzschutzes, der so genannten Pendelsperre, soll eine Auslösung verhindert werden.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde die Funktion „Pendelsperre“ an vier Distanzschutzgeräten bei verschiedenen Pendelfrequenzen überprüft. Es wurden sowohl asynchrone (Instabilität des Netzes) als auch synchrone Pendelungen simuliert. Bild 1 zeigt das simulierte Netzmodell. Dabei schwingt der Generator 2 gegen das starre Netz 1.

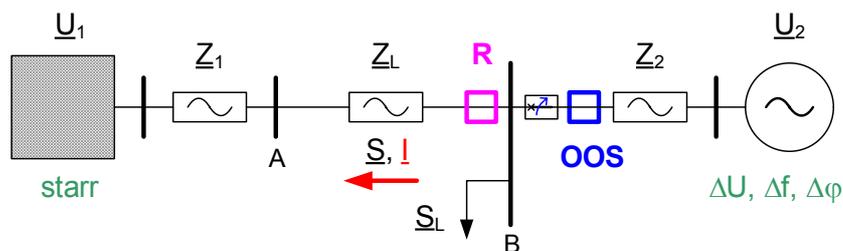


Bild 1: Simuliertes Netzmodell (R Relaiseinbauort; OOS Polschlupfschutz)

Bild 2 zeigt das Flussdiagramm der automatisierten Überprüfung der Distanzschutzgeräte mit asynchronen Pendelungen. Durch geeignete Parametervariationen werden mit Hilfe eines MATLAB Simulink-Modells der elektri-

¹ TransmissionCode 2003 – Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber; Verband der Netzbetreiber – VDN; August 2003

schen Anordnung Netzpendelungen simuliert. Die so gewonnenen Strom- und Spannungsverläufe werden in ein standardisiertes Format (COMTRADE) konvertiert und abgespeichert. Jede simulierte Netzpendelung wird anschließend 10-mal mit einer Schutzprüfeinrichtung (OMICRON) an die vier untersuchten Distanzschutzgeräte wiedergegeben. Die binären Reaktionen der Geräte („Pendelung erkannt“, „AUS“) werden wiederum durch die OMICRON abgefragt und abgespeichert.

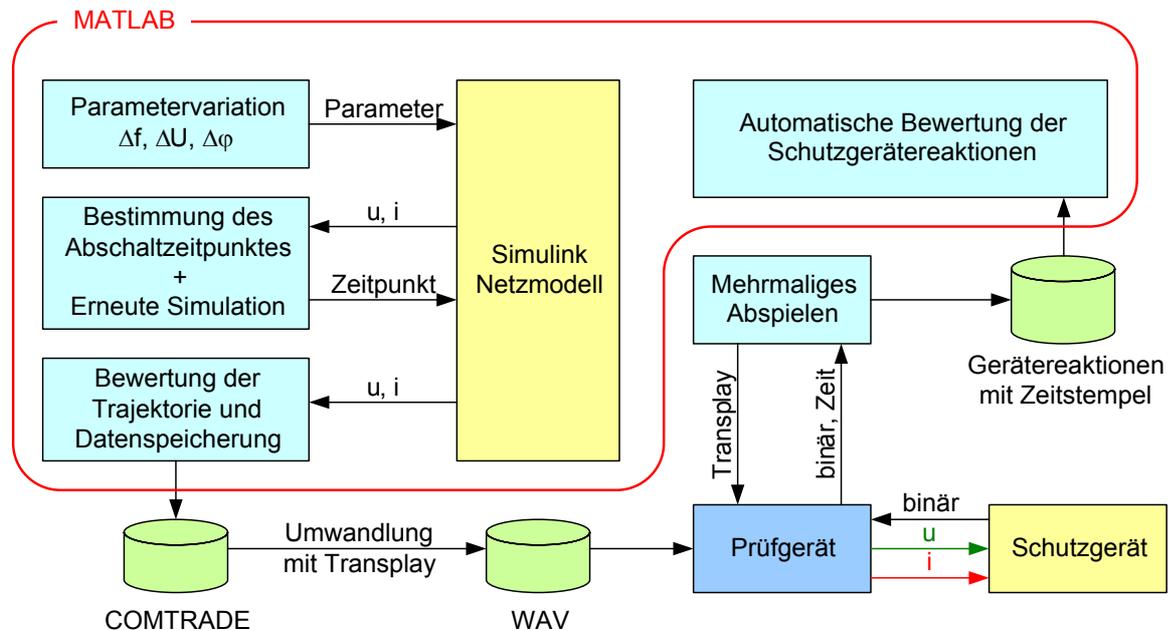


Bild 2: Flussdiagramm des automatisierten Prüfablaufs (Beispiel: asynchrone Pendelungen)

Anschließend werden die Schutzgeräteaktionen automatisch mit dem erwarteten Verhalten verglichen und bewertet.

Es hat sich gezeigt, dass alle untersuchten Schutzgeräte sowohl asynchrone als auch synchrone Pendelungen im Frequenzbereich $f_s = 0,2 \dots 1,5 \text{ Hz}$ erkennen. Einige Geräte erkannten die Pendelungen in Vorwärtsrichtung schlechter als die in Rückwärtsrichtung bei sonst gleichen Parametern. Bei langsamen synchronen Pendelungen ist die Wahrscheinlichkeit des Nicht-Blockierens größer, als bei den asynchronen Pendelungen, die im normalen Netzbetrieb jedoch seltener auftreten. Fast alle Geräte hatten Probleme die sehr langsamen Pendelungen ($f_s < 0,2 \text{ Hz}$) sicher zu erkennen.

Diplomarbeiten

Cassoli, Jair

Neukonzeption und Aufbau des Versuchsstandes Oberschwingungen
DA 05/2005 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Meyer)

Jarernkornburi, Kangwan

Untersuchungen zur Ausbreitung von Harmonischen im öffentlichen Verteilungsnetz unter Berücksichtigung verschiedener Spannungsebenen
DA 06/2005 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Meyer)

Dickert, Jörg

Entwicklung und Implementierung eines Verfahrens zur messtechnischen Bestimmung der Remanenzänderung von Stromwandlern für Schutzzwecke
DA 07/2005 (Betreuer: Dipl.-Ing. R. Luxenburger)

Henze, Christian

Elektrische Feldstärke an mobilen Arbeitsmaschinen in der Nähe von Hochspannungs-Freileitungen
DA 09/2005 (Betreuer: Doz. Dr.-Ing. H. Bauer)

Meyer, Jörg

Grundsatzuntersuchungen zu Selektivität und Back-up-Schutz in Niederspannungsnetzen auf Basis einer Impedanzmessung
DA 02/2006 (Betreuer: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner)

Holoubek, Jiri

Konzeption und Aufbau eines Versuchsstandes zur Untersuchung von Flickerrückwirkungen
DA 05/2006 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Meyer)

Müller, Michael

Analyse der Remanenzänderung von Stromwandlern für Schutzzwecke und Bewertung der Auswirkungen
DA 08/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. R. Luxenburger/Dipl.-Ing. J. Dickert)

Mucha, Marcin

Automatisierte Erkennung der Lichtbogenlöschung und automatisierte Klassifizierung der Fehlerbedingungen in den Störfallaufzeichnungen einpoliger AWE Vorgänge und Vorbereitung einer Online Berechnung in Schutzgeräten
DA (Master) (Betreuer: Dipl.-Ing. R. Luxenburger/Prof. Dr.-Ing. P. Schegner)

García Jiménez, Héctor

Application of synchronous generator with high temperature superconductor (HTS) excitation winding as synchronous compensator in electrical supply networks

DA (Master) (Betreuer: Dipl.-Ing. Ph. Stachel)

Studienarbeiten

Müller, Michael

Optimierung eines städtischen Energieversorgungsnetzes für unterschiedliche Einspeise-, Versorgungs- und Lastszenarien

(Betreuer: Dipl.-Ing. Ph. Stachel)

Große, Martin

Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Verlustarbeit in Energieversorgungssystemen

(Betreuer: Dr.-Ing. J. Meyer)

Neumann, Sebastian

Untersuchung verschiedener signaltheoretischer Verfahren zur Frequenzanalyse von realen Lichtbogenmessungen

(Betreuer: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner/ Dipl.-Ing. (FH) S. Höpfner)

Banda, Marcus

Untersuchungen der Abhängigkeit der Harmonischen des einpoligen Erdfehlerstromes in Verteilnetzen von den Harmonischen der Spannungen im fehlerfreien Betrieb

Betreuer: Dipl.-Ing. (FH) S. Höpfner

Vorträge

Vlcek, Peter

Software-gestützter Entwurf von Schutzsystemen für lokale Netze mit dezentralen Einspeisungen

im Rahmen des GK LIES, Dresden, 05.01.2006

La Seta, Piergiovanni

Regelungstechnische Konzepte zur Integration alternativer Elektroenergieerzeugungsanlagen in lokale Netze unter besonderer Berücksichtigung der Systemstabilität

im Rahmen des GK LIES, Dresden, 02.03.2006

Dickert, Jörg

Entwicklung und Implementierung eines Verfahrens zur messtechnischen Bestimmung der Remanenzänderung von Stromwandlern für Schutzzwecke

„7. Dresdner Kreis 2006“, Magdeburg, 30.-31.03.2006

Henze, Christian

Identifikation von Freileitungen auf der Basis von simulierten Scans der elektrischen Feldstärke

„7. Dresdner Kreis 2006“, Magdeburg, 30.-31.03.2006

Schegner, Peter

Sternpunktbehandlung

Seminar „Erdschlussregelung“ der a-eberle GmbH, Nürnberg, 12.09.2006

Höpfner, Sven

Sternpunktbehandlung und Erdung in Kabelnetzen

68. Kabelseminar, Hannover, 10.-11.10.2006

Veröffentlichungen

Henze, Chr.

Herbert-Kind-Preis: Erfahrungsbericht zum Auslandsaufenthalt in Südafrika etz, Heft 1/2006

Meyer, J.; Schegner, P.

Characterization of power quality in low and medium networks based on modeling by mixture distributions

Konferenz PMAPS 2006, Stockholm/Schweden, 11.-16.06.2006

- Dickert, J.; Luxenburger, R.; Schegner, P.
Investigation on the Behaviour of the Remanence Level of Protective Current Transformers
MEPS'06, Wroclaw/Polen, 06.-08.09.2006, Proceedings. S. 348 – 353
- Luxenburger, R.; Schegner, P.
Optimisation of Single-Phase Autoreclosures and Classification of Unsuccessful Autoreclosures
MEPS'06, Wroclaw/Polen, 06.-08.09.2006, Proceedings, S. 331 – 336
- Höpfner, S.; Schegner, P.; La Seta, P.
Harmonic Distribution in High Voltage Networks with Multiple HVDC Devices
MEPS'06, Wroclaw/Polen, 06.-08.09.2006, Proceedings, S. 198-204
- La Seta, P.; Schegner, P.; Höpfner, S.
ATP-EMTP simulation of steel mill drive system and their feedback control
EEUG 2006, Dresden, 25.-27.09.2006
- Meyer, J.
Statistical method for intuitive analysis of power quality monitoring campaigns
ICHQP 2006, Cascais/Portugal, 01.-05.10.2006
- I. Berg; R. Luxenburger; S. Großmann; P. Schegner
Einfluss der verbraucherfernen, dargebotsabhängigen Stromerzeugung auf das Elektroenergieversorgungssystem
Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 24.-25.10.2006
- La Seta, Piergiovanni; Schegner, Peter
Study on the static and dynamic stability of DFIG for wind generation
CRIS-Workshop, Magdeburg, 06.-08.12.2006
- Buchholz, B.; Glaunsinger, W.; Heck, T. Meyer, J.; Roman, H.; Schegner, P.
Perspektiven der Versorgungsqualität in Elektroenergienetzen – grundsätzliche Betrachtungen
ew Jg. 105 (2006), Heft 23-24, S. 58-63
- Buchholz, B.; Glaunsinger, W.; Heck, T. Meyer, J.; Roman, H.; Schegner, P.
Perspektiven der Versorgungsqualität in Elektroenergienetzen – Handlungsempfehlungen
ew Jg. 105 (2006), Heft 25, S. 18-25
- Höpfner, S.; Schegner, P.
Verfahren zur Korrektur von gemessenen Resonanzkurven und Ortskreisen
ew Jg. 105 (2006), Heft 26, S. 62-66

Hochspannungstechnik

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

- Belastung von Isolierungen mit impulsförmigen Spannungen

Auf diesem Gebiet sind eine Vielzahl von Untersuchungen an Isolierungen elektrischer Maschinen ebenso zu nennen (Dr.-Ing. J. Speck), wie Untersuchungen an Öl-Papier-Isolierungen (Dipl.-Ing. S. Rahmoon).

- Arbeiten unter Spannung

Die 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.

- Entladungserscheinungen an Elektrodenanordnungen für hohe Betriebsspannungen

Betriebsmittel der Elektroenergieversorgung werden international zunehmend für Betriebsspannungen >500 kV gebaut. Es steht die Aufgabe, aus systematischen Untersuchungen an technisch relevanten Elektrodenanordnungen und durch Studium der Entladungsprozesse zu Gestaltungs- und Bemessungsrichtlinien für Grundanordnungen derartiger Betriebsmittel unter Beachtung gültiger Normen zu gelangen.



Solaiman Rahmoon, Dipl. Ing.

Elektrisches Verhalten der Windungsisolierung von Transformatoren

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

In der Regel werden die Windungen von Transformatoren mit ölgetränktem Papier isoliert. Eine andere Möglichkeit stellt eine Lackisolierung der Drähte dar, die jedoch noch weitestgehend unerforscht ist. Zunächst wird das Verhalten von zwei unterschiedlich isolierten Wickeldrähten in Öl beschrieben, welche in Transformatoren eingesetzt werden. Der lackisolierte Draht hat den Vorteil einer sehr geringen Isolierhülle gegenüber dem papierisolierten Draht. Bild 1 zeigt mit papierisoliertem bzw. lackisoliertem Draht gewickelte Transformatorspulen, wie sie in der Praxis zum Einsatz kommen. Außerdem werden die in den Experimenten verwendeten Wickeldrähte dargestellt. Die Isolierschichtdicke beträgt bei der Papierisolierung 300 μm und bei der Lackisolierung 50 μm .

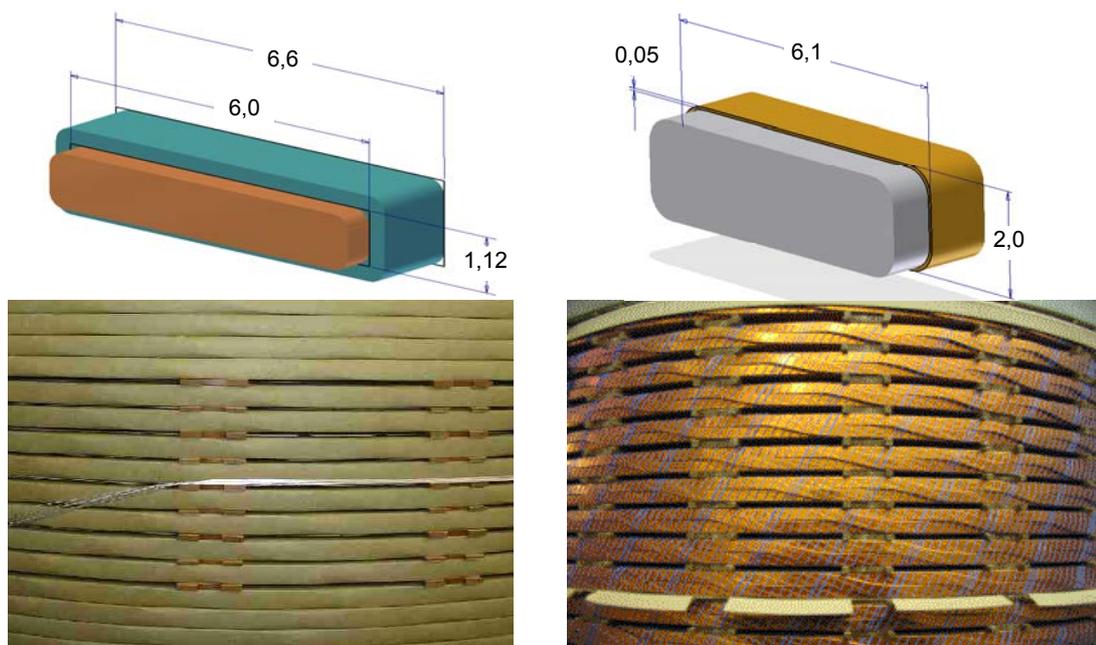


Bild 1: Wicklungen mit papier- und lackisolierten Wickeldrähten

Um die experimentellen Untersuchungen zum Verhalten der Isolierung praxisnah durchführen zu können, sollen in einem ersten Schritt die bei verschiedenen Spannungsformen auftretenden elektrischen Belastungen der Windungsisolierung an einem praktischen Beispiel nachgebildet werden. Als Modell für die Windungsisolierung wurden dabei isolierte Drähte gegeneinander untersucht.

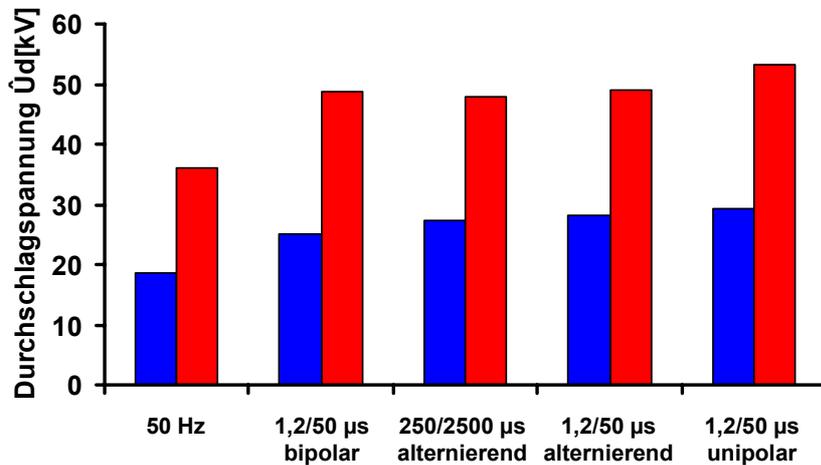


Bild 2: Durchschlagspannung der Anordnung „papier- und lackisolierte Drähte gegeneinander“ abhängig von der Spannungsart

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass unabhängig von der Art der Spannung die Durchschlagfestigkeit der Prüflinge mit lackisolierten Drähten niedriger ist als die mit papierisolierten Drähten. Die Durchschlagspannungen der lackisolierten Drähte liegen bei allen Spannungsarten bei ca. 60 % der Werte der entsprechenden papierisolierten Anordnung.

Außerdem wurden die TE-Intensitäten abhängig von der Spannung sowie die TE-Ein- und -Aussetzspannungen für beide Isolieranordnungen bestimmt. Die TE-Impulse werden bei papierisolierten Drähten mit zunehmender Spannung intensiver. Die TE-Ein- und -Aussetzspannungen sind fast gleich. Bei lackisolierten Drähten bleibt die Intensität über einen weiten Spannungsbereich annähernd konstant. Die TE-Aussetzspannung ist aber deutlich kleiner als die Einsetzspannung.

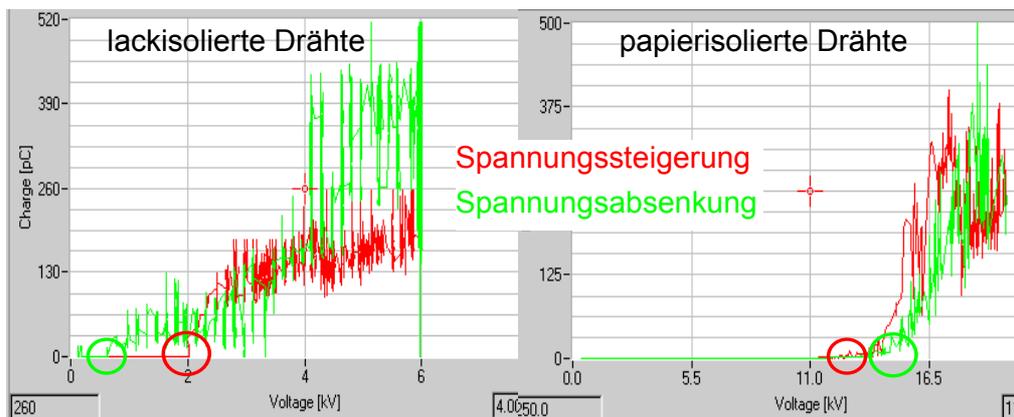


Bild 3: TE-Intensität sowie TE-Ein- und -Aussetzspannung der Anordnungen „lack- bzw. papierisolierte Drähte gegeneinander“



Thomas Jordan, Dipl.-Ing.

Überspannungsbeanspruchung beim Arbeiten unter Spannung (AuS) in Mittelspannungsanlagen

Bei Arbeiten an unter Spannung stehenden Elektroenergieversorgungsanlagen ist der Personen- und Anlagenschutz unter allen Umständen zu gewährleisten. Aus diesem Grund muss die Gefährdung durch Störlichtbögen, die durch Überspannungen ausgelöst werden, minimiert werden. Überspannungen in Energieversorgungsanlagen können zu einer zusätzlichen Gefährdung führen, wenn das Isoliervermögen der Anlage durch die beim Arbeiten unter Spannung eingesetzten Werkzeuge und Hilfsmittel reduziert wird. Mit der Kenntnis des Isoliervermögens und der Beanspruchung der Isolierstrecken lässt sich eine statistische Isolationskoordination und damit eine Gefährdungsanalyse der AuS-Arbeitsstelle durchführen.

Das erweiterte Gefährdungsmodell nach BAUER zur Berechnung einer ereignisorientierten Gefährdungswahrscheinlichkeit setzt voraus, dass statistische Angaben zum Isoliervermögen und zur Spannungsbeanspruchung der Isolierstrecken bekannt sind. Weil es sich beim AuS um eine zeitlich begrenzte Reduzierung des Isoliervermögens handelt, sind außerdem Angaben über die Anzahl und Dauer der Reduzierung des Isoliervermögens durch das AuS im Betrachtungszeitraum und die Anzahl und Dauer der Überspannungsbeanspruchungen im Netz erforderlich. Daraus kann eine ereignisorientierte Gefährdungswahrscheinlichkeit berechnet werden. Sie gibt Auskunft darüber, mit welcher Wahrscheinlichkeit man beim AuS mit einer Gefährdung durch Störlichtbögen rechnen muss, die durch Überspannungen ausgelöst werden.

Während die statistischen Angaben zum Isoliervermögen AuS-relevanter Isolierstrecken im Labor ermittelt werden können (z. B. durch Aufnahme von Verhaltensfunktionen der Durch- oder Überschlagspannung), ist das Überspannungsgeschehen in Mittelspannungsnetzen weitgehend unbekannt. Eine Analyse vorhandener Literatur ergab eine Vielzahl unterschiedlichster Angaben. Zuverlässige Überspannungsfaktoren für den Mittelspannungsbereich, insbesondere für die Leiter-Leiter-Isolierstrecke, sind jedoch selten. Bild 1 zeigt eine Auswahl von Überspannungsfaktoren, die nach ihrer Ursache geordnet sind. Es ist zu erkennen, dass die Faktoren z. T. stark streuen. Die Ursache dafür liegt einerseits in den ungenügenden Untersuchungen zum Überspannungsgeschehen in Mittelspannungsnetzen und andererseits in der Verschiedenartigkeit der Netze. Die Sternpunktterdung, der Vermaschungsgrad, eingesetzte Betriebsmittel und andere Faktoren beein-

flussen in erheblichem Maß die Häufigkeit und die Höhe der Überspannungen.

Eine Möglichkeit, repräsentative Angaben zum Überspannungsgeschehen eines Netzabschnittes zu bekommen, ist der Einbau eines Überspannungsmesssystems z. B. in eine Schaltanlage. Dieses System (Bild 2) besteht aus drei kapazitiven Spannungsteilern, einem digitalen Speicheroszilloskop (DSO) und einem PC. Das Messsystem wird bei Änderung der U_{EN} -Spannung an einem vorhandenen Spannungswandler getriggert. Der Spannungsverlauf der drei Leiter-Erde-Spannungen wird dadurch gespeichert. Mit diesem am Institut entwickelten Messsystem ist es möglich, Überspannungseignisse über einen langen Zeitraum zu registrieren und auf dieser Grundlage eine Gefährdungsanalyse für diesen Zeitraum und den überwachten Netzabschnitt durchzuführen.

Überspannungsfaktor (p.u.)	1	2	3	4	5	6
Zeitweilige Überspannungen						
Erdschluss	■					
Lastabwurf	■					
Resonanzen	■					
Kombination von Erdschluss	■					
Langsam ansteigende Überspannungen						
Transiente Erdschlussüberspannungen	■					
Einschalten von Leitungen	■					
Abschalten von Leitungen	■					
Abschalten von 2poligen Kurzschlüssen	■					
Ausschalten leerlaufender Trafos	■					
Abschalten von Kompensationsspulen	■					
Schnell ansteigende Überspannungen						
Schalten eines Leistungsschalters	■					
Schalten eines Trennschalters	■					

Bild 1: Leiter-Erde-Überspannungsfaktoren für verschiedene Ursachen

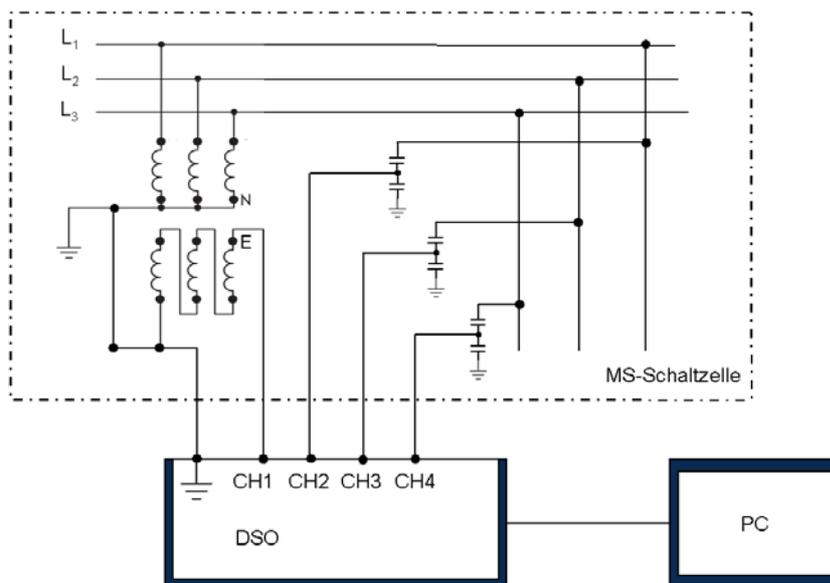


Bild 2: Prinzipschaltbild des entwickelten Überspannungsmesssystems



Irina Ovsyanko, Dipl.-Ing.

Experimentelle Untersuchungen zum Entladungsverhalten von Luftfunkenstrecken bei hohen Gleichspannungen

Große Elektroenergiemengen werden weltweit über große Entfernungen zur Zeit vorzugsweise mit hoher Wechselspannung übertragen. Auf Grund der immer größeren Übertragungssysteme und der damit verbundenen großen kapazitiven Ladeleistungen gerät diese Technologie immer mehr an technisch-physikalische Grenzen. Einen Ausweg stellt die bereits praktizierte Elektroenergieübertragung mit hoher Gleichspannung dar.

Mit dieser Arbeit sollen grundlegende Erkenntnisse zum Entladungsverhalten von Luftfunkenstrecken bei hohen Gleichspannungen gesammelt werden. Diese Erkenntnisse werden für die Dimensionierung von HGÜ-Betriebsmitteln und -Anlagen benötigt.

Das Entladungsverhalten von Luftfunkenstrecken bei hohen Gleichspannungen wird zunächst an einpolig geerdeten, vertikalen und horizontalen Anordnungen mit Elektrodenabständen bis zu 1 m untersucht. Dabei werden symmetrische (z. B. Kugel-Kugel) und unsymmetrische (z. B. Kugel-Platte) Anordnungen unterschieden. Als Elektrodenformen werden Kugeln mit Radien von 12,5 mm bis 50 mm, eine Halbkugel mit einem Radius von 10 mm, eine Spitze mit einem Winkel von 30° und eine Nadel mit einem Krümmungsradius von 5 µm verwendet. Diese Anordnungen bilden typische schwach und stark inhomogene Felder nach, wie sie in der Praxis an HGÜ-Betriebsmitteln und -Anlagen auftreten.

Neben experimentellen Untersuchungen zum Entladungs- und Durchschlagverhalten der Funkenstrecken werden auch die Feldstärkeverteilung zwischen den Elektroden, die Einsetzspannung von Entladungen und die Durchschlagspannung mit Hilfe des Ladungsverfahrens und des Streamerkriteriums berechnet. Ziel dieser Berechnungen ist es, die Anwendbarkeit der bei anderen Spannungsarten bewährten Methoden bei Gleichspannungsbeanspruchung zu überprüfen.

Bei den experimentellen Untersuchungen steht die Streuung des Entladungseinsatzes und des Durchschlagprozesses im Mittelpunkt. Deshalb werden für alle Anordnungen Summenhäufigkeitsfunktionen der Entladungseinsetzspannung und der Durchschlagspannung aufgenommen. Außerdem wird die räumlich-zeitliche Entladungsentwicklung mit Hilfe elektrischer und optischer Messverfahren studiert. Schließlich werden die Er-

gebnisse mit dem Entladungsverhalten bei Wechselspannungsbeanspruchung verglichen.

Als Beispiel für die ersten Experimente zeigt Bild 1 die 50%-Durchschlagspannung einer Kugel-Platte-Anordnung bei Beanspruchung mit positiver (U_{d+}) und negativer (U_{d-}) Gleichspannung sowie bei Wechselspannung (\hat{U}_d). Auffällig ist, dass die 50%-Durchschlagspannung bei positiver Gleichspannung mit der bei Wechselspannung sehr gut übereinstimmt.

In Bild 2 ist die berechnete ($U_{e\text{ ber}}$) und die gemessene mittlere Streamereinsatzspannung bei Beanspruchung mit positiver (U_{e+}) und negativer (U_{e-}) Gleichspannung sowie bei Wechselspannung (\hat{U}_e) dargestellt. Auch hier stimmen die Ergebnisse für positive Gleichspannung und Wechselspannung sehr gut überein. Die Abweichung bei negativer Gleichspannung (bis zu 15 %) ist zur Zeit noch nicht erklärbar.

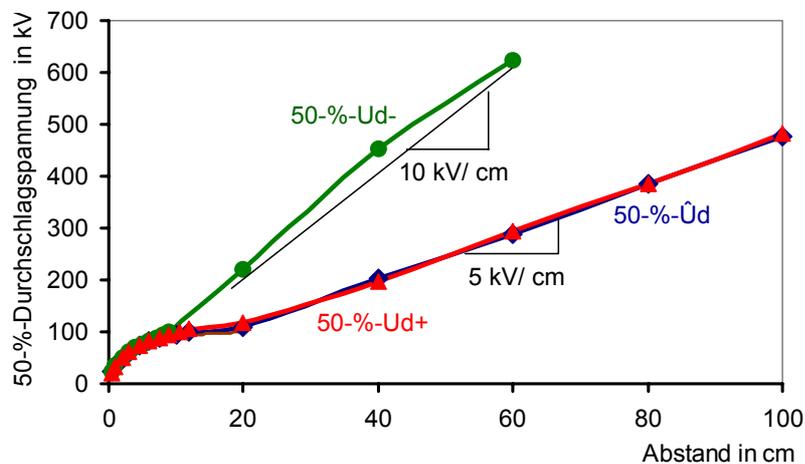


Bild 1: 50%-Durchschlagspannung einer Kugel-Platte-Anordnung mit einem Kugelradius von 25 mm

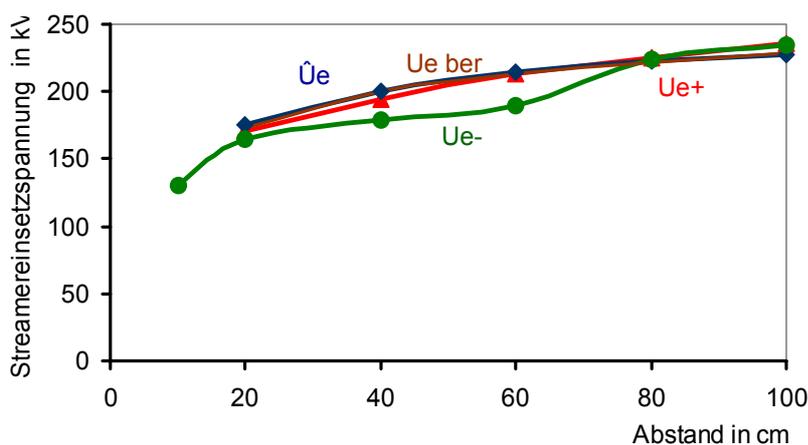


Bild 2: Berechnete und gemessene Streamereinsatzspannung einer Kugel-Platte-Anordnung mit einem Kugelradius von 50 mm

Forschung

Diplomarbeiten

Schmidt, Ines

Theoretische und experimentale Arbeiten zum Entladungsverhalten von Luftfunkenstrecken bei hohen Gleichspannungen

DA 01/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. I. Ovsyanko)

Triebel, Tobias

Untersuchungen zur Beschreibung von Entladungsvorgängen in AuS-relevanten Mehrelektrodenanordnungen

DA 06/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. Th. Jordan)

Semino, Sepehr

Temperatureinfluss auf die elektrische Festigkeit von Öl-Papier-Isolierungen bei Wechsel- und Impulsbeanspruchung

DA 07/2006 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Speck/Dipl.-Ing. S. Rahmoon)

Studienarbeiten

Hoffmann, Florian

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

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

Vorträge

Speck, Joachim

Spannungsbelastung und Isoliervermögen von Wicklungen elektrischer Maschinen

3. Beratung des VDE-Arbeitskreises „Elektrische Maschinen und Antriebe“, Dresden, 07.03.2006

Rahmoon, Solaiman

Elektrisches Verhalten der Windungsisolierung von Transformatoren

14. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Darmstadt, 22.-24.06.2006

Veröffentlichungen

Jordan, Thomas

Dielectric strength of open air-insulated MV switchgears while live working
ICOLIM 2006, Prag/Tschechei, 07.-09.06.2006

S. Rahmoon, J. Speck

Behaviour of the Winding Insulation of Transformers
13th Workshop on High Voltage Engineering, Söllerhaus/Kleinwalsertal,
11.-15.09.2006

Engelmann, Eberhard

Prüfung von Ausrüstungen für das Arbeiten unter Spannung
AuS-Fachtagung der RWE, Saffig, 13.09.2006

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.

Zur Bestimmung des Widerstandes von Hochstrom-Schrumpfverbindungen

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

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

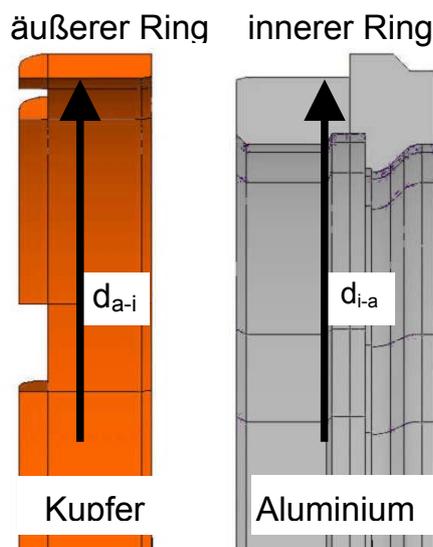


Bild 1: FE-Modell einer Schrumpfverbindung - Beispiel

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

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

Vor dem Fügen ist der Außendurchmesser des inneren Ringes d_{i-a} größer als der Innendurchmesser d_{a-i} des äußeren Ringes (Bild 1). Die Differenz aus d_{i-a} und d_{a-i} ist das so genannte Übermaß \ddot{u} . In der Schrumpfverbindung stellen sich während des Fügens radiale Spannungen in der Verbindungsfläche zwischen den Ringen ein, die als Kontaktdruck p bezeichnet werden.

Die Höhe und die Verteilung des Kontaktdrucks in der Verbindung ist für die Höhe des Verbindungswiderstand R_V verantwortlich. Je höher der Kontaktdruck ist, desto niedriger wird der Verbindungswiderstand sein. Daraus ergibt sich in den Ringen eine hohe Tangentialspannung, die zur Spannungsrelaxation in den Leitermaterialien führt.

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

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

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

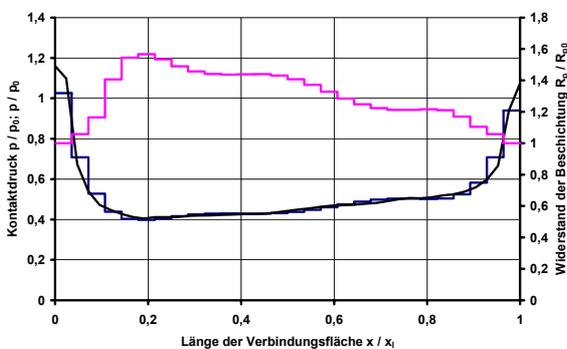


Bild 2: Verteilung des Kontaktdrucks und des Widerstandes der Beschichtung zum Zeitpunkt $t = 0$

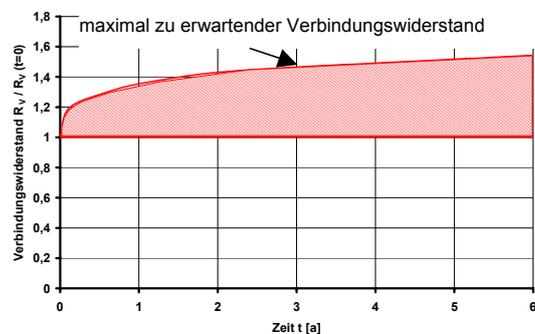


Bild 3: Verbindungswiderstand abhängig von der Zeit bei 105 °C Verbindungstemperatur



Falk Blumenroth, Dipl.-Ing.

Einfluss der Spannungsrelaxation auf das Langzeitverhalten von Hochstrom-Steckverbindungen mit Kontaktfingern bei versilberten Verbindungsflächen

Steckverbindungen, bestehend aus Kontaktfingern, werden neben Steckverbindungen mit Schraubenfedern in gekapselten Hochspannungs-Schaltanlagen eingesetzt, um Strombahnen miteinander zu verbinden (Bild 1). Die für einen kleinen Verbindungswiderstand notwendige Kontaktkraft wird dabei durch eine Druckfeder aus Federbandstahl CK75 erzeugt. Der stromtragende Finger selbst ist aus versilbertem Kupfer.

Verschiedene Alterungsmechanismen (chemische Alterung, Elektromigration, Interdiffusion, Fretting oder Spannungsrelaxation) führen dazu, dass der Verbindungswiderstand mit der Zeit größer wird. Der für diese Verbindung entscheidende Alterungsmechanismus muss deshalb untersucht werden,

um die tatsächliche Lebensdauer der Verbindung bestimmen zu können.

Schaltanlagen werden heute bis an ihre thermische Grenze belastet. Das ist bedingt, durch den freien Stromhandel und durch die Einspeisung regenerativer Energie in das Übertragungsnetz.

Eine hohe thermische Belastung beschleunigt den Kraftabbau in der elektrischen Steckverbindung, verursacht durch Spannungsrelaxation/Kriechen in der Druckfeder des Kontaktfingers. Aus Untersuchungen zum Langzeitverhalten an geschraubten Stromschienenverbindungen aus Al und Cu ist bekannt, dass eine Abnahme der Kontaktkraft zu einer Erhöhung des Verbindungswiderstandes führt [1].



Bild 1: Kontaktfinger

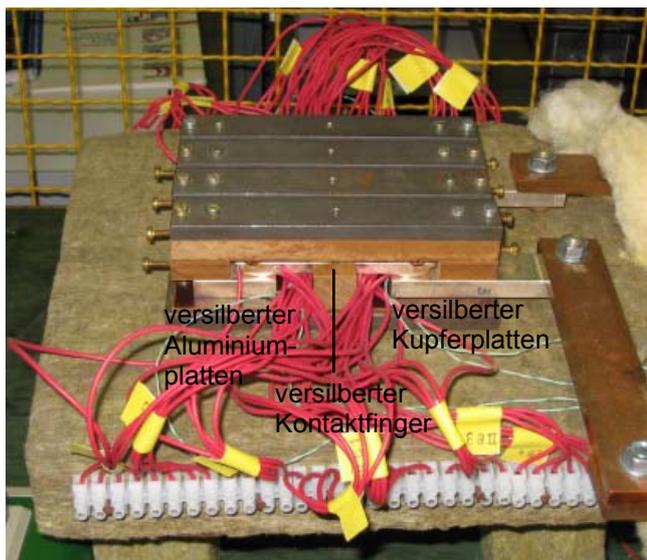


Bild 2: Langzeitversuch Kontaktfinger

Um den Einfluss der Spannungsrelaxation auf das Langzeitverhalten von Steckverbindungen mit Kontaktfingern untersuchen zu können, wurde ein Langzeitversuch mit einer Modellverbindung aufgebaut (Bild 2). Die Modellverbindung wird vom Strom durchflossen, so dass sich die Grenztemperatur für diese Verbindung von $\vartheta = 105 \text{ °C}$ einstellt. Die Kontaktfinger werden zum einen gegen versilberte Aluminiumplatten und zum anderen gegen versilberte Kupferplatten, durch eine konstante Einfederung der Druckfeder, gepresst. Der Abbau der Kontaktkraft und die Veränderung des Verbindungswiderstandes werden in periodischen Zeitabständen gemessen. Der Versuch zeigt, dass trotz Abnahme der Kontaktkraft um 16 % zur Ausgangskontaktkraft $F_K (t=0)$ nach ca. 4800 h, die Verbindungswiderstände unter den Ausgangswiderständen $R_{VAL} (t=0)$ liegen.

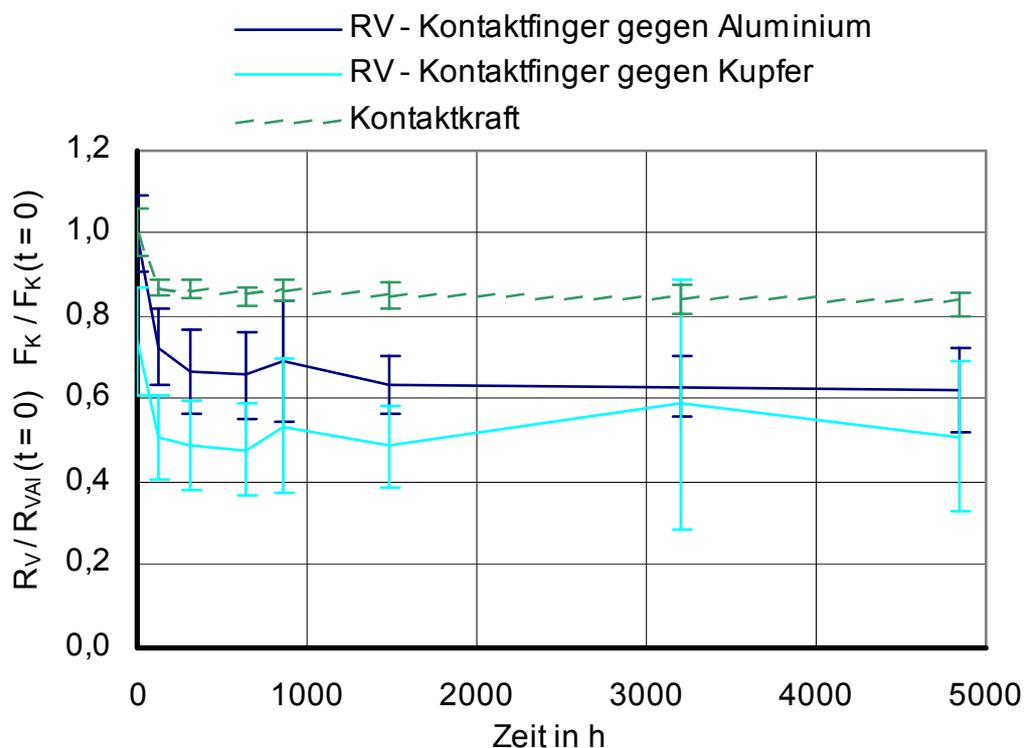


Bild 3: Bezogene Kontaktkraft $F_K / F_K (t=0)$ und auf den Kontakt „Finger gegen versilberte Aluminiumplatte bei $t = 0$ “ bezogener Verbindungswiderstand $R_V / R_{VAL} (t=0)$

- [1] S. Schoft, J. Kindersberger, H. Löbl: Reduction of Joint Force by Creep in High Current Joints, 21th Conference on Electrical Contacts 2002, Zürich



Ina Berg, Dipl.-Ing.

Strombelastbarkeit gekapselter Geräte in der Elektrotechnik abhängig von den Umgebungsbedingungen am Beispiel eines SF₆ - isolierten Leistungsschalters

Durch die zunehmende Einspeisung regenerativer Energien und die Liberalisierung des Strommarktes werden die Geräte der Elektroenergieübertragung immer höher belastet. Da die Genehmigung und der Bau neuer Freileitungen bis zu 10 Jahre dauern kann, werden kurzfristige Lösungen benötigt, um das Übertragungsnetz auch weiterhin zuverlässig betreiben zu können. Eine Möglichkeit ergibt sich dadurch, dass die Anlagen abhängig von den Umgebungsbedingungen betrieben werden.

Ein wichtiges Gerät im Strompfad eines Umspannwerks ist der Leistungsschalter. Im Gegensatz zum Freileitungsseil ist die Strombahn des Leistungsschalters gekapselt und wird deshalb z. B. nicht direkt vom Wind gekühlt. Um den Einfluss der Umgebungsbedingungen (Temperatur, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung) auf die Strombelastbarkeit des Leistungsschalters untersuchen zu können, wurde ein Wärmenetz aufgebaut und experimentell im Labor verifiziert (Bild 1).

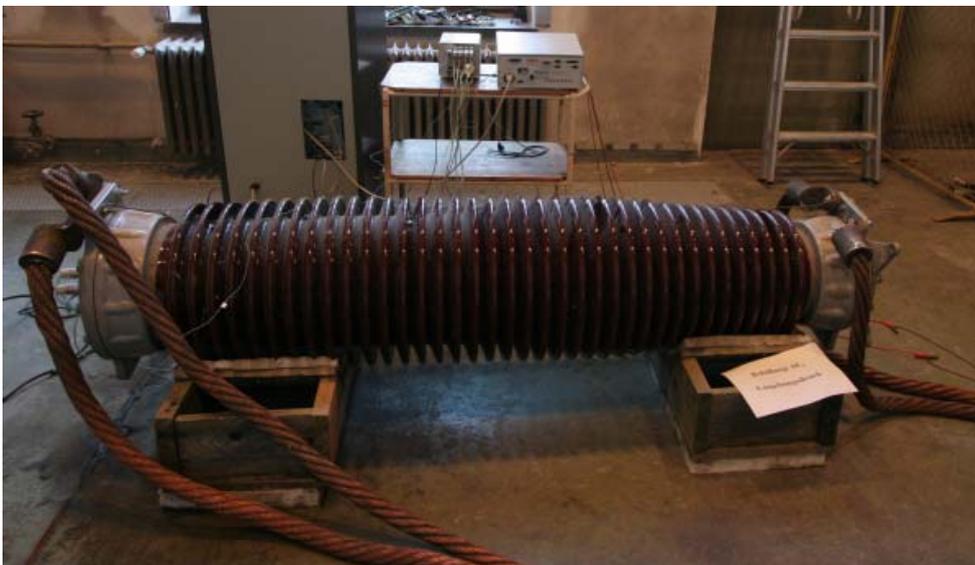


Bild 1: waagerechter Schaltkopf eines SF₆-isolierten Leistungsschalters

Die Berechnungen haben gezeigt, dass der Leistungsschalter mit einem deutlich höheren Strom I_l belastet werden kann, wenn die Umgebungstemperatur $< 35^\circ\text{C}$ und die Windgeschwindigkeit $> 0,6 \text{ m/s}$ ist (Bild 2). Unter Bemessungsbedingungen (35°C , $0,6 \text{ m/s}$) beträgt der zulässige Strom des Leistungsschalters 3150 A (Bemessungsstrom I_r). Geht man von einer Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland von 10°C und einer Windgeschwindigkeit von $0,6 \text{ m/s}$ aus, könnte der Leistungsschalter gegenüber den Bemessungsbedingungen mit $I_l = 1,23 I_r$ belastet werden. Wird der Leistungsschalter bei 10°C und einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s betrieben, könnte er mit $I_l = 1,58 I_r$ belastet werden, ohne Grenztemperaturen zu überschreiten (Bild 2).

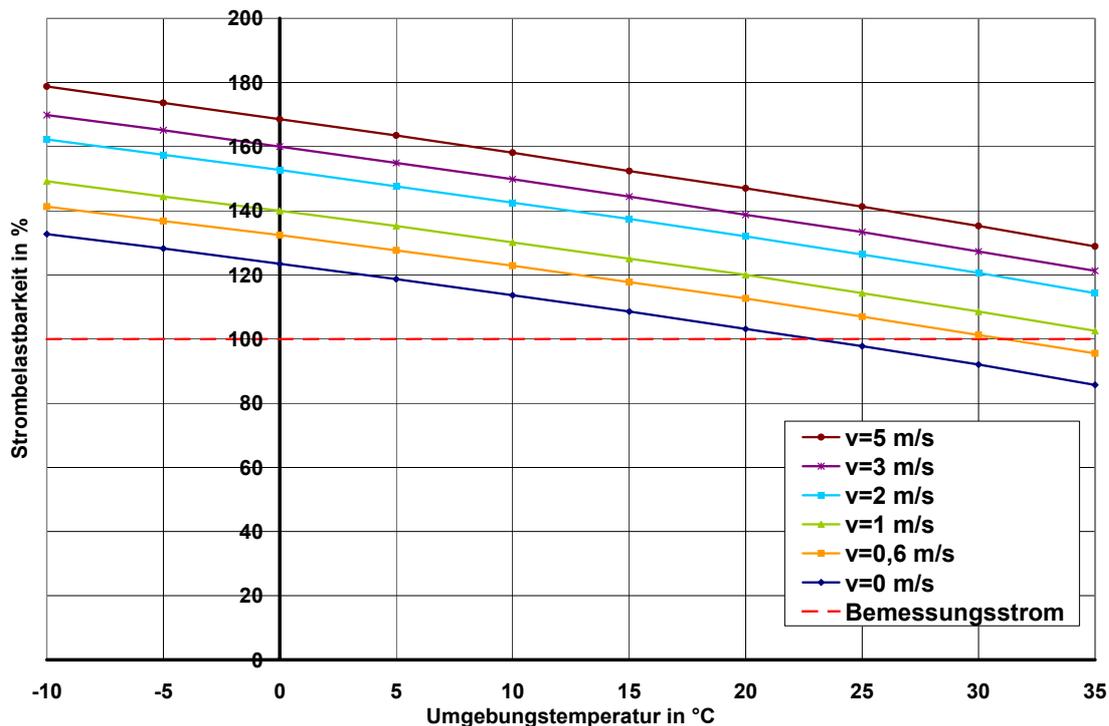


Bild 2: Strombelastbarkeit eines SF_6 -isolierten Leistungsschalters abhängig von den Umgebungsbedingungen

Werden ein Freileitungsseil und ein Leistungsschalter bezüglich ihrer Strombelastbarkeit abhängig von den Umgebungsbedingungen miteinander verglichen, so ergibt sich, dass der zulässige Belastungsstrom beider Geräte ähnlich auf die Umgebungstemperatur reagiert [1]. Der Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die Strombelastbarkeit des Leistungsschalters ist jedoch durch seine gekapselte Strombahn und der damit verbundenen schlechteren Kühlung durch den Wind deutlich geringer als bei der Freileitung.

[1] Berg, I.: Berechnung der Stromtragfähigkeit von Leiterseilen in Umspannwerken abhängig von den Umgebungsbedingungen, Jahresbericht 2004, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik



Thomas Thronicker, Dipl.-Ing.

Berechnung der Stromaufteilung an Modellanordnungen zweier koaxialer Rohrleiter

In der Strombahn von Leistungsschaltern (Bild 1) werden abhängig von der Konstruktion und vom Verhältnis der Widerstände des Nennstrom- und Schaltkontaktsystems unterschiedlich hohe Verlustleistungen erzeugt. Zur Bestimmung der thermischen Grenzen der Schalter ist es wichtig, diese Verlustleistungen und deren Transport an die Umgebung berechenbar zu machen.

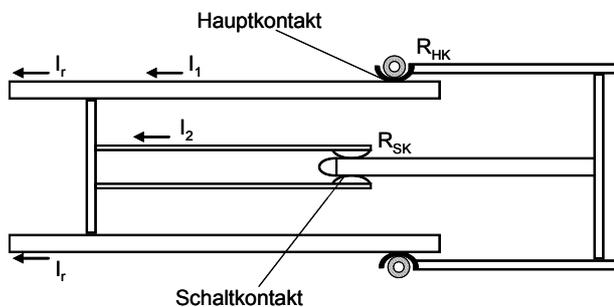


Bild 1: vereinfachtes Schnittbild der Schaltkammer

In Modellversuchen wurde an zwei koaxial angeordneten Rohrleitern mit unterschiedlichen Abmessungen, die ähnlich dem Kontaktsystem in einem Leistungsschalter aufgebaut waren, die Stromaufteilung zwischen beiden Leitern untersucht.

Die zwei Leiter wurden über zwei Vollklemmen und Schienen miteinander verbunden (Bild 2). Die Anordnungen wurden mit $I_0 \approx 1000$ A belastet und die Ströme in beiden Leitern und in den Einspeisungen mit LEM-Wandlern gemessen. Die Auswertung erfolgte oszillografisch.

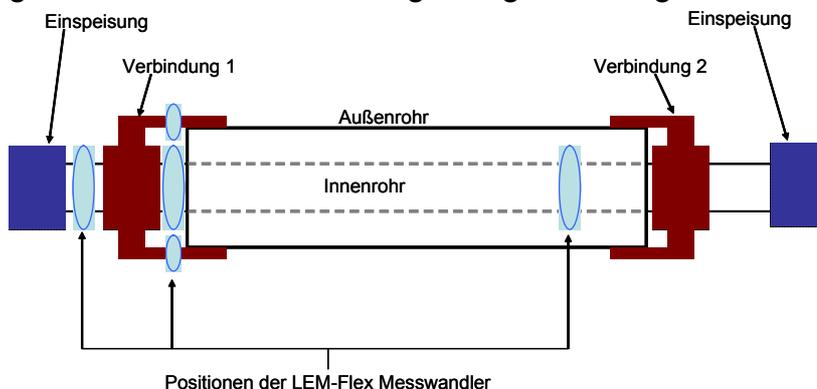


Bild 2: schematischer Versuchsaufbau

Durch den Einsatz verschiedener Außenrohre wurde das R/X-Verhältnis der Anordnung und damit auch die Stromaufteilung zwischen dem inneren und dem äußeren Leiter verändert. Folgende Rohre wurden eingesetzt:

Außenrohr: Rohr 1 – $d_i = 150 \text{ mm}$ $d_a = 160 \text{ mm}$
 Rohr 2 – $d_i = 190 \text{ mm}$ $d_a = 200 \text{ mm}$
 Innenrohr: $d_i = 68 \text{ mm}$ $d_a = 80 \text{ mm}$

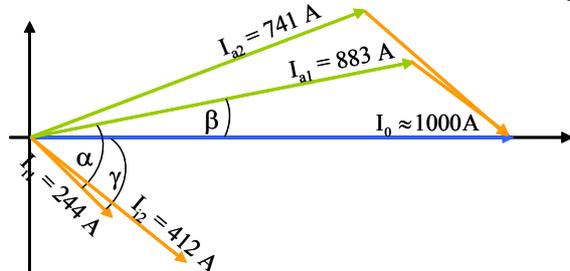


Bild 3: gemessene Ströme an den Modellanordnungen bei $I_0 \approx 1000 \text{ A}$

Die Ergebnisse zeigen, dass in den beiden parallelen, coaxialen Rohren Ströme fließen, die sich sowohl in der Phasenlage als auch in ihrem Betrag deutlich unterscheiden (Bild 3). Die Beträge der Ströme I_{a1} und I_{a2} im Außenrohr unterscheiden sich um $\Delta I_a = 142 \text{ A}$, die Ströme im Innenrohr I_{i1} und I_{i2} um $\Delta I_i = 168 \text{ A}$. Die geometrische Summe der Teilströme ergibt den eingespeisten Strom. Ursache für die Phasenverschiebungen zwischen den Strömen (α , β , γ) ist die Induktion, verursacht durch den Strom im Innenleiter. Als Ergebnis der Induktion erhält man zwei Teilströme, deren arithmetische Summe immer größer als der eingespeiste Strom ist.

Für die thermische Auslegung der Geräte muss deshalb nicht nur der Betriebsstrom, sondern es müssen auch die Teilströme in den parallelen Strombahnen beachtet werden.

Im FEM-Modell, das mit dem Programm ANSYS berechnet wurde, werden beide Strompfade in ihrer Geometrie mit den zugehörigen Verbindungen berücksichtigt. Bei den Berechnungen werden die Real- und Imaginärteile der Stromdichtevektoren bestimmt, um die Phasenverschiebung und den Betrag der Ströme daraus ermitteln zu können. Der Vergleich zwischen den gemessenen und den berechneten Strömen zeigt für die Anordnung 1 eine gute Übereinstimmung (Tabelle 1). Die Abweichungen in den Beträgen der Ströme betragen weniger als zwei Prozent. Der Strom in der Anordnung 2 wird im Außenleiter um 5,5 % zu hoch berechnet. Bei der Phasenverschiebung gibt es noch größere Abweichungen zwischen den berechneten und den gemessenen Winkeln, die aus der Unsicherheit bei der oszillografischen Messung resultieren.

Tabelle 1: Vergleich zwischen berechneten und gemessenen Strömen

Anordnung 1				Anordnung 2			
	Messung	Rechnung	Differenz		Messung	Rechnung	Differenz
I_2 [A]	244	255,7	1,2%	I_2 [A]	412	419,1	0,7%
I_1 [A]	883	870	-1,3%	I_1 [A]	741	796,3	5,5%
α [°]	59,9	66,7	6,8	α [°]	61,4	73,7	12,3
β [°]	11,3	13,5	2,2	β [°]	21,6	23,7	2,1
γ [°]	-48,6	-53,2	-4,6	γ [°]	39,6	50	10,4



Tomasz Magier, Dipl.-Ing.

Untersuchungen zur Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion an unterschiedlich zur Strömungsrichtung ausgerichteten Kühlkörpern

Zur Kühlung thermisch hoch belasteter Geräte der Elektroenergie-technik 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 Höhe der über den Kühlkörper abführbaren Wärmeleistung hängt dabei nicht nur vom Kühlkörpertyp und von seinen Abmessungen, sondern auch von der Ausrichtung des Kühlkörpers zur Strömungsrichtung ab. Abhängig vom Winkel des Kühlkörpers zur Strömungsrichtung (Bild 1) wird sich der Wärmeübergangskoeffizient α_{Ko} mit der Strömungsgeschwindigkeit ändern. Die genaue Kenntnis dieses Wärmeübergangskoeffizienten ist eine wesentliche Voraussetzung, um die Temperaturen der Geräte bei forcierter Kühlung mit der Wärmenetzmethode berechnen zu können.

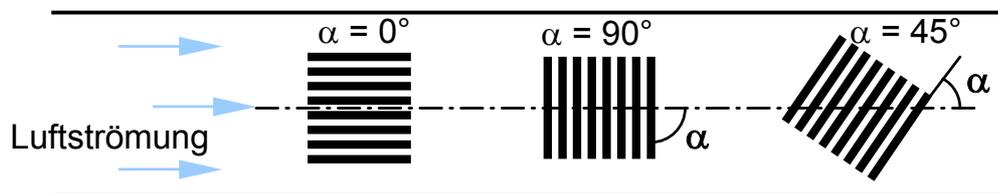


Bild 1: Ausrichtung des Rippenkühlkörpers zur Luftströmung im Windkanal

Die Untersuchungen zum konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten $\alpha_{Ko}(v)$ abhängig vom Anströmwinkel und der Strömungsgeschwindigkeit wurden in einem 6 m langen Strömungskanal (Bild 2) mit einer freien Strömungsfläche von $A = 707 \text{ cm}^2$ an einem Rippenkühlkörper durchgeführt. Dazu wurden zwei gleiche Kühlkörper über eine Heizplatte miteinander verbunden (s. Bild 2). Die Leistung der Heizplatte konnte zwischen (0...600) W gestellt werden. Die Versuchsanordnung befand sich mittig im Kanal, in dem die Luftgeschwindigkeit im Bereich (0...6) m/s variiert werden konnte. Der dazu eingesetzte Lüfter arbeitete im Saugbetrieb, um Turbulenzen, die die Untersuchungen beeinflusst hätten, zu vermeiden. Die Temperatur der Kühlkörper und der Luft wurde mit Thermoelementen gemessen.

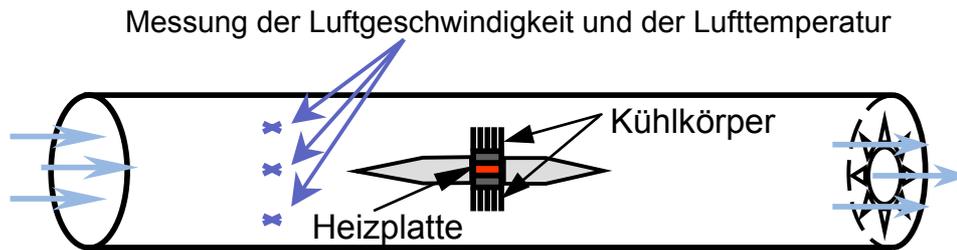


Bild 2: Schematischer Aufbau eines Windkanals zur Untersuchung des konvektiven Wärmeübergangs an Kühlkörpern

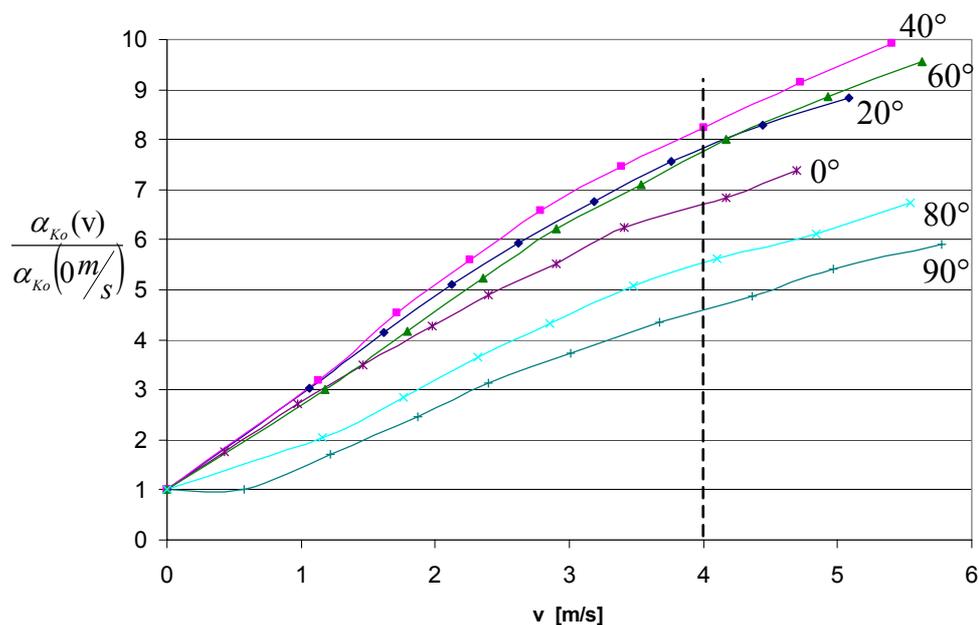


Bild 3: Konvektiver Wärmeübergangskoeffizienten gemessen an Rippenkühlkörpern abhängig von der Luftgeschwindigkeit und der Anströmwindeln

Die Ergebnisse der Untersuchungen haben ergeben, dass der konvektive Wärmeübergangskoeffizient stark vom Anströmwinkel der Kühlluft bei erzwungener Konvektion abhängig ist (Bild 3). Die größten Wärmeübergangskoeffizienten α_{Ko} werden bei Anströmwindeln zwischen 20° und 60° erreicht. Bei z. B. einer mittleren Luftgeschwindigkeit im Bereich des Kühlkörpers von 4 m/s erhöht sich α_{Ko} gegenüber 0 m/s bei einem Winkel von 40° gegenüber 0° von 6,6 auf 8,2, d. h. auf ca. 124 %. Beträgt der Anströmwinkel dagegen 90° , so verringert sich der Faktor auf 4,6, d. h. auf ca. 70 %.

Diplomarbeiten

Fröb, Wolfgang

Überprüfung der Strombelastbarkeit ausgewählter Betriebsmittel im elektrischen Elektroenergieversorgungsnetz abhängig von den Umgebungsbedingungen

DA 08/2005 (Betreuer: Dipl.-Ing. I. Berg)

Fuchs, Steffen

Untersuchungen zur Auslegung von Impulsstromversorgungen für technologische Prozesse

DA 10/2005 (Betreuer: Dr.-Ing. J. Speck)

Kreher, Stefan

Berechnung der Strombelastbarkeit eines SF₆-isolierten Stromwandlers abhängig von den Umgebungsbedingungen mit Hilfe der Wärmenetzmethode

DA 03/2006 (Betreuer: Dipl.-Ing. I. Berg)

Studienarbeiten

Schütze, Volker

Berechnung des Überdruckes in Schaltfeldern und Schaltanlagen bei Fehlern mit Störlichtbogen

(Betreuer: Prof. Dr.-Ing. S. Großmann/Dipl.-Ing. Dietrich – THETA)

Adam, Robert

Thermische Untersuchungen an einem Niederspannungs-Leistungsschalter (Betreuer: PD Dr.-Ing. habil. H. Löbl)

Schlegel, Stephan

Untersuchung des Verbindungswiderstandes an Steckverbindungen mit versilberten Schraubenfedern

(Betreuer: Dipl.-Ing. F. Blumenroth)

Vorträge

Berg, Ina
Strombelastbarkeit freiluftverlegter Geräte der Elektroenergieübertragung
abhängig von den Umgebungsbedingungen
14. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Darmstadt,
22.-24.06.2006

Blumenroth, Falk
Ermittlung der Kontaktkräfte und der Widerstände an Steckverbindungen
mit Schraubenfedern
14. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Darmstadt,
22.-24.06.2006

Schneider, Ronny
Thermische Dimensionierung einer Mittelspannungs-Schaltzelle
14. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Darmstadt,
22.-24.06.2006

Speck, Joachim
Verhalten des Endenglimmschutzes von Hochspannungsmaschinen bei
Umrichterbetrieb
14. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik, Darmstadt,
22.-24.06.2006

Veröffentlichungen

C. Gramsch; A. Blaszczyk; H. Löbl; S. Großmann
Application of the thermal network method for prediction of temperature rise
in components of electric power systems
CMD 2006, International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis,
Korea, 02.-05.04.2006

F. Kielmann; J. Speck
Behaviour of the stress grading system in converter operated H.V. Machines
10th Insucon International Electrical Insulation conference, INSUCON 2006,
Birmingham, 24.-26.05.2006

T. Magier; H. Löbl; S. Großmann; M. Lakner; Th. Schoenemann
Convective heat transfer investigations at parts of generator circuit breaker
Head Transfer 2006, New Hampshire/UK, 05.-07.07.2006

Forschung

F. Blumenroth; H. Löbl; S. Großmann; M Kudoke
Long Time Behaviour of Static High Current Plug-In Connectors with Cu-Co₂Be Helical Spring
ICEC 2006, Sendai/Japan, 06.-09.06.2006

M Jochim; H. Löbl; S. Großmann; J.-C. Mauroux; Th. Schoenemann
Long-Term Behaviour of Contraction Connections
ICEC 2006, Sendai/Japan, 06.-05.09.2006

J. Speck
Behaviour of the stress grading system in converter operated H.V. Machines
13th Workshop on High Voltage Engineering, Kleinwalsertal, 11.-15.09.2006

F. Kielmann; J. Speck
Endenglimmschutz in Hochspannungsmaschinen
5. Techn. Tage der VEM-Gruppe, Wernigerode, 12.-13.09.2006

C. Gramsch; A. Blaszczyk; H. Löbl; S. Großmann
Thermal Network Method in the Design of Electric Power Equipment
SCEE 2006

I. Berg; R. Luxenburger; S. Großmann; P. Schegner
Einfluss der verbraucherfernen, dargebotsabhängigen Stromerzeugung auf das Elektroenergieversorgungssystem
Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 24.-25.10.2006

F. Blumenroth; H. Löbl; S. Großmann; M. Kudoke
Zum Langzeitverhalten von Kontaktelementen aus CuCo₂Be in Anlagen der Elektroenergietechnik
Kupfersymposium, Dresden, November 2006 + „METALL“ Internationale Fachzeitschrift 11/2006, S. 377-381 (718-722)

Veranstaltungen

Projekttag Bautzen am 29.03.2006

Der diesjährige Projekttag führte 32 Mitarbeiter des Instituts nach Bautzen. Zuerst besichtigten wir das technische Museum „Alte Wasserkunst“. Dieses Bauwerk versorgte die Stadt seit dem fünfzehnten Jahrhundert bis ins zwanzigste Jahrhundert mit Wasser von der Spree. Als Kunst wird dabei die spezielle Anlage zum Hochpumpen des Wassers bezeichnet.

Das historische Pumpwerk war aufgrund des hohen Wasserstandes der Spree außer Betrieb aber trotzdem erweckte der damalige Einfallsreichtum großes Interesse. Vom Dach der Wasserkunst bot sich auch ein schöner Ausblick über die alte und liebevoll restaurierte Stadt, welche wir dann bei einem Rundgang – 1000 Schritte durch 1000 Jahre – besichtigten.



Nach dem Mittagessen in einem Brauhaus widmeten wir uns der neueren Geschichte mit einem Besuch der Gedenkstätte Bautzen. In dem alten „Stasi-Knast“ sind das Unrecht und die politische Verfolgung während der Sowjetischen Besatzungszeit und der DDR-Diktatur dokumentiert. Die Führung gab Einblicke in Leben und Isolation von Häftlingen, psychologische Folter, Ungerechtigkeit, Willkür und total Kontrolle. Die vorgestellten Einzelschicksale zeigten die Brutalität des Systems, welche kaum in Worte gefasst werden können und vor der Bevölkerung der DDR verschwiegen wurden.

Die vielen Eindrücke während Stadtführung und Besuch der Gedenkstätte gaben Einblicke in die Geschichte und förderten Nachdenken, aber auch Diskussionen über die Vergangenheit.

VDE-Arbeitskreis „Hochspannungsgeräte und -anlagen“ 25.04.2006 an der TU Dresden

Die Mitarbeit in verschiedenen Fachgremien des VDE gehört zu den ständigen Aufgaben, die Mitarbeiter des Instituts wahrnehmen. Es ist eine Möglichkeit engen Kontakt zu Fachleuten aus der Industrie, der Energiewirtschaft und aus anderen Institutionen zu halten und gleichzeitig Einfluss auf Positionen des VDE zu nehmen.

Im Rahmen der 30. Tagung des VDE Arbeitskreises "Hochspannungsgeräte und -anlagen" konnten sich die Mitglieder dieses Gremiums einen Eindruck über das Institut und seine Laboratorien verschaffen. Fachvorträge gaben eine Übersicht zu Fragen zur Erwärmung elektrischer Betriebsmittel (PD Dr. H. Löbl, Dipl.-Ing. T. Magier, Dipl.-Ing. Th. Kafurke, Dipl.-Ing. M. Jochim) sowie zu Wirkung von Störlichtbögen in Mittelspannungs-Schaltanlagen (Prof. R.-D. Rogler HTW Dresden).

VDE



Dipl.-Ing. Tomasz Magier erläutert Mitgliedern des Arbeitskreises während des Laborrundganges Versuchsstände für Lehre und Forschung

„Power“-Grill am 17.05.2006

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



Studenten, Hochschullehrer und Mitarbeiter im Gespräch am Grill

14. Kolloquium Hochspannungs- und Anlagentechnik 22.-24.06.2006 in Darmstadt

Dieses Jahr fand das nun schon traditionelle Kolloquium in Darmstadt statt. Neben unserer Universität waren auch wissenschaftliche Assistenten und Hochschullehrer der TU Ilmenau, der TU München, der HS Zittau/Görlitz und natürlich der TU Darmstadt beteiligt.

An zwei Tagen hatten die Mitarbeiter der einzelnen Hochschulen Gelegenheit über ihre Forschungsarbeiten zu berichten und diese zu diskutieren. Für die Assistenten ist es eine gute Gelegenheit Vorträge und Diskussionen in wissenschaftlichen Veranstaltungen zu „üben“.



Vorstellung eines Versuchstandes am Fachgebiet Hochspannungstechnik

Nach den interessanten Beiträgen war eine Exkursion zur ESA (European Space Agency) geplant und danach durften wir uns einen Überblick über die Laborräume am Fachgebiet Hochspannungstechnik der TU Darmstadt verschaffen. Als Abschluss wurde eine Führung über die Mathildenhöhen geboten mit einer Reihe architektonisch bedeutender Jugendstil-Künstlerhäuser.

Das Kolloquium ist äußerst wichtig für den Gedankenaustausch der einzelnen Mitarbeiter und es stärkt die Beziehungen zwischen den beteiligten Hochschulen.

Assistentenausflug der Professur Hochspannungs- und Hochstromtechnik vom 21.-23.07.2006 in die Lausitz

Das jährlich stattfindende gemeinsame Wochenende aller Mitarbeiter des Lehrstuhls für Hochspannungs- und Hochstromtechnik und ihrer Angehörigen führt traditionsgemäß in die Heimat eines wissenschaftlichen Assistenten der Professur. In diesem Jahr führten Thomas Throniker und Thomas Jordan die Ausflügler nach Weißwasser (Oberlausitz) und nach Großräschen in die Niederlausitz.

Direkt nach der Ankunft in Weißwasser erfuhr man auf einem Stadtrundgang durch Weißwasser viele interessante Aspekte und Anekdoten aus der Geschichte der Stadt, die einerseits von der Glasindustrie und andererseits vom Braunkohlenbergbau stark geprägt wurde. Das Abendessen im Hotel Prenzel barg ebenfalls viele interessante Details aus dem Leben eines Glasmachers. Das aufgetischte Glasmachermenü verband die Wirtin mit aufschlussreichen Informationen über die Arbeit in einer Glashütte.

Bei hochsommerlichem Wetter wurde am Sonnabend der Findlingspark in Nochten und die Kristall-Glashütte in Döbern besucht. Weitere Hinweise zur Bergbaugeschichte in der Lausitz erfuhren die Mitarbeiter am Sonntag beim Besuch der Internationalen Bauausstellung (IBA-Terrassen) in Großräschen. Das Wochenende fand seinen Abschluss mit einem gemeinsamen Mittagessen und einer Führung in der Holländer-Windmühle zu Dörrwalde.



EEUG-Meeting 2006

25.-27. September 2006 an der TU Dresden

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



European EMTP-ATP Users Group e.V.

European EMTP-ATP-Meeting

Das EEUG-Meeting 2006 wurde vom IEEH an der TU Dresden ausgerichtet. Die vorrangig aus Europa, aber auch aus Japan oder Kanada, angereisten Teilnehmer waren insbesondere vom „Dresdener Ambiente“, der Größe und wissenschaftlichen Breite der TU Dresden beeindruckt. Die Organisation sowie die wissenschaftliche Tagungsleitung lagen in den Händen unseres Institutes. Dresden war den meisten als Kulturstadt ein Begriff, die technisch wissenschaftliche Seite war ihnen vordergründig nicht bekannt. Einen Überblick über die historisch technischen Leistungen erhielten die Teilnehmer zur „welcome reception“ im technischen Museum „Kraftwerk“ der DREWAG. Einige kleine Präsentationen in unserer Hochspannungshalle demonstrierte unsere aktuelle Leistungsfähigkeit auf den verschiedensten Gebieten der elektrischen Energieversorgung und Hochspannungs-/Hochstromtechnik.

An zwei Tagen wurden Beiträge rund um die Anwendung, Nutzung, Verbesserung und Entwicklung vorhandener Tools innerhalb des Simulationswerkzeuges ATP/EMTP zur Berechnung dynamischer Netzvorgänge vorgestellt und diskutiert.

Am dritten Tag wurde an 29 Rechnern von Prof. Nagaoka von der Doshisha University aus Japan den Teilnehmern die „Modellierung und Simulation von Leistungselektronischen Betriebsmitteln mit Hilfe von ATP/EMTP“ vermittelt.

Auch an dieser Stelle möchten wir den Sponsoren des EEUG-Meetings 2006 - der DREWAG und der KEMA-IEV GmbH - recht herzlich danken.



VDE-Kongress und e-studentday vom 22.-25.10.2006 in Aachen

Bereits am Sonntag begannen für den Ingenieur Nachwuchs der Technischen Universität Dresden die Veranstaltungen rund um Studium und Karriere. Ein Treffen in der Aula der RWTH Aachen mit Begrüßung durch den Rektor, der vor allem den Gedankenaustausch in den Vordergrund stellte, standen auf dem Programm. Am Montag konnten sich alle Teilnehmer aus einem breit gefächerten Programm Vorträge und Podiumsdiskussionen ihrer Wahl anhören. Themen waren unter anderem „Trends in der Mobilkommunikation“ und „Visionen in der Medizintechnik“, aber auch Fragestellungen wie: „Ist unsere Energieversorgung noch sicher?“.

Am gleichen Abend begann der zweitägige VDE-Kongress unter dem Leitgedanken „Innovations for Europe“, an dem rund 1500 Experten nicht nur aus Deutschland teilnahmen. Dabei war das IEEH durch die Hochschullehrer und eine Gruppe von Studenten vertreten, die die Möglichkeit nutzten, an Vorträgen und Diskussionen der verschiedenen Fachgesellschaften des VDE teilzunehmen. Für die Energietechnik wurde lebhaft diskutiert, wie die zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie zu akzeptablen Preisen bei gleichzeitig schonendem Umgang mit den natürlichen Ressourcen sichergestellt werden kann. Viele Experten sehen gerade darin den Schlüssel für die zukünftige Prosperität Deutschlands.



Studenten und Hochschullehrer beim VDE-Kongress 2006 in Aachen

Schnupperstudium für einen Tag am 12.01.2006

Uni-Tag am 29.04.2006

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 30.06.2006

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

Sommeruniversität

Veranstaltet von der Zentralen Studienberatung der TU Dresden haben Schüler die Möglichkeiten während einer Projektwoche universitäre Forschung kennen zu lernen. Einer der Stationen war dabei ein Experimentalvortrag „Elektroenergieversorgung mit Hochspannung – Fakten-Effekte-Lösungen“ am 01.08.2006. Die jungen Leute zeigten sich zu dieser Problematik außerordentlich interessiert.

Veranstaltungen

Exkursionen

Exkursion zur Hagenuk KMT Messtechnik GmbH in Radeburg am 17.05.06

Auf Einladung zum 1. Studententag der Radeburger Hagenuk KMT Messtechnik GmbH besuchten Dresdner Studenten der Energietechnik zusammen mit Mitarbeitern des Instituts den Produktionsstandort nördlich von Dresden. In fachlich sehr interessanten Beiträgen wurde den Studenten und Mitarbeitern von weiteren fünf Hochschulen das Produktspektrum der Firma, technische Anforderungen und Lösungen und die damit verbundenen Aufgabengebiete für Ingenieure gezeigt. Weitere interessante Einblicke in die Produktion von Handgeräten bis zu hochkomplexen Kabelmess- und -prüfsystemen gab eine Betriebsbesichtigung, die vielen Anwesenden auch Aufschluss über Produktionsabläufe gab.

VDE-Exkursion vom 06.06. - 10.06.2006

Auch in diesem Jahr hatten Studenten der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden gemeinsam mit Studenten aus Zittau während einer einwöchigen Exkursion die Gelegenheit Industrieunternehmen der Elektroenergietechnik und Energieversorger kennen zu lernen: Wind-KW-Produktion ENERCON Magdeburg; Kernkraftwerk Unterweser; Meyerwerft Papenburg; Transrapidversuchsstrecke Lathen; EADS SPACE Transportation Bremen; VW-Autostadt und Experimentierlandschaft phæno Wolfsburg



Vortrag bei der Hagenuk KMT Messtechnik GmbH in Radeburg



Besuch des Kernkraftwerkes Unterweser

- VDE-Exkursion zum Kraftwerk „Schwarze Pumpe“ und zur Steuerstelle der Grubenbahnen von Vattenfall Mining and Generation am 28.01.2006
- Transformatorenwerk Siemens AG in Dresden am 02.02.2006
- VDE-Exkursion zur CeBit nach Hannover am 12.03.2006
- VDE-Exkursion zur Industriemesse nach Hannover am 25.04.2006
- Exkursion in das UW Dresden-Süd an mehreren Terminen im Juni 2006
- Stahl- und Walzwerk Riesa am 11.07.2006
- VDE-Exkursion zur Total Raffinerie GmbH nach Leuna und zum Regionalzentrum Südwest von Vattenfall Europe Transmission GmbH und zum 380-/220-/110-kV-UW Lauchstädt am 22.11.2006
- Exkursion zur DREWAG ins Gasturbinen-Heizkraftwerk Nossener Brücke mit Studenten der Fakultäten Maschinenwesen und Wirtschaftsingenieurwesen (3. Semester) am 15.12.2006

Öffentlichkeitsarbeit

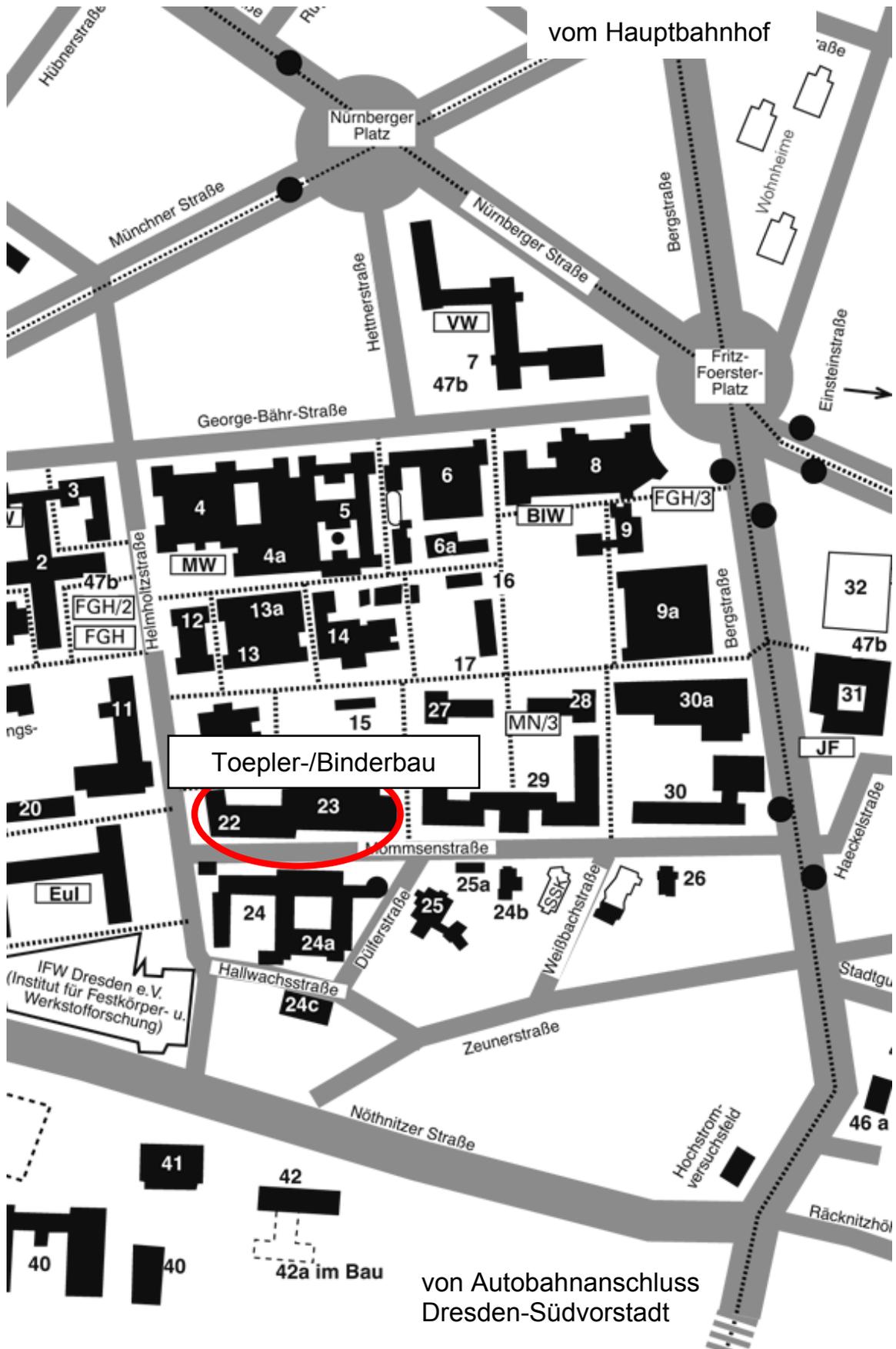
Auch in diesem Jahr wurden neben den bereits oben genannten Veranstaltungen Experimentalvorträge für Schüler von Gymnasien aus Dresden und Umgebung durchgeführt sowie Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen z. B. für das Ausbildungszentrum der ENSO Dresden, die EnBW, das Berufsbildungszentrum Bautzen oder das Deutsch-Russische Kulturinstitut Dresden e.V. Zu erwähnen ist auch die enge Zusammenarbeit mit der Kustodie der TU Dresden, Frau Maria Obenaus, die eine Reihe von Führungen durch die Hochspannungshalle der TU Dresden als einen Teil der „Stadt der Wissenschaften“ im 800-jährigen Dresden organisiert hat. Im September diente die Hochspannungshalle als Kulisse für eine der Veranstaltungen des Dresdener Symposiums „Farbe univers“.

Weiterbildung

PD Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl und Prof. Dr.-Ing. Steffen Großmann waren im März und November 2006 als Dozenten bei der Ausbildung zum akkreditierten Elektrothermografen des Verbandes der Schadensversicherer VdS tätig.

Anfahrtsskizze

Anfahrtsskizze



Sitz des Institutes:

Mommsenstraße 10-12 (Binderbau/Toeplerbau)
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 A 17**, Abfahrt Dresden-Südvorstadt, in Richtung Stadtzentrum bis zur Universität (Mommsenstraße)

Einige unserer Forschungspartner

ABB

AiF

Alcan Singen GmbH

AREVA

Betonbau GmbH und Co. KG

BSD Bildungs- und Servicezentrum GmbH

Cellpack GmbH

DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH

ENSO Energie Sachsen Ost AG

E.ON edis AG

E.ON Avacon AG

E.ON Netz GmbH

enviaM

FAIVELEY HFG Germany

GPH GmbH

HEINE Resistors GmbH

High-Volt Prüftechnik Dresden GmbH

Lanz Oensingen AG

LDIC Lemke Diagnostic

MS Stäubli Group

Mokinski & Sohn KG

Partzsch Elektromotoren

PPC Insulators GmbH

RIBE Elektroarmaturen GmbH & Co KG

RIBE Subcon GmbH

Ritz Messwandler

Ruhrtal Hochspannungsgeräte GmbH

RWE

Scheidt GmbH & Co, KG

Siemens AG

Stadtwerke Oranienburg

SMT und Hybrid GmbH Dresden Weißig

Übigauer Schaltanlagen

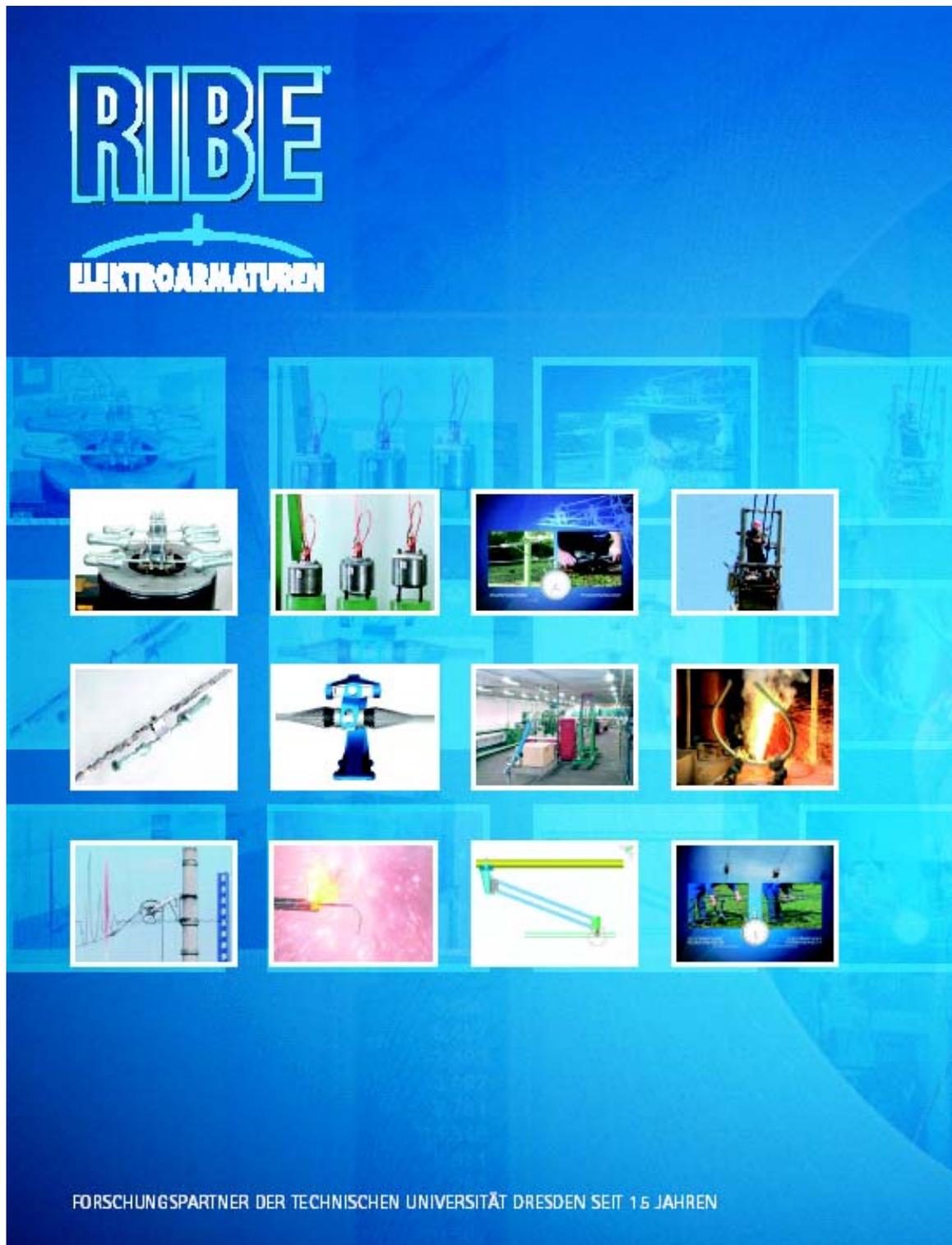
Vattenfall Europe Transmission GmbH

VEM Sachsenwerk GmbH

VEM Motors

Ziel-Abegg AG

Einer unserer Forschungspartner
stellt sich vor:



The image features the logo for RIBE ELEKTROARMATUREN at the top left. Below the logo is a grid of 12 small images illustrating various electrical and industrial processes:

- 1. A close-up of a complex electrical assembly on a workbench.
- 2. Three cylindrical components with red wires attached.
- 3. A person working on a large industrial machine.
- 4. A worker operating a forklift.
- 5. A long, thin electrical component.
- 6. A blue and white electrical component.
- 7. An industrial factory floor with machinery.
- 8. A bright, glowing electrical arc or spark.
- 9. A close-up of a wire being processed.
- 10. A close-up of a wire being processed.
- 11. A close-up of a wire being processed.
- 12. A person working on a large industrial machine.

FORSCHUNGSPARTNER DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT DRESDEN SEIT 15 JAHREN

RIBE Kunden profitieren von unserer technischen Kompetenz und jahrzehntelangen Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Die hohe Zuverlässigkeit der RIBE Armaturen setzt sorgfältige Prüfungen voraus. Nur dadurch ist die Verfügbarkeit des Übertragungssystems gewährleistet.

UNSERE LEISTUNGSBANDBREITE:

- Kombinierte Schwingungstests
Armatur & Seil
- Kontrollierte vollautomatische Zugversuche
kombiniert mit Schwingungs-, Strom- und
Umweltbelastungen
- Seileigendämpfungsmessungen
- Zustandsuntersuchungen an gealterten Seilen
- Schwingungsmessungen an Leitern
- Planungsunterstützung bei
Hochspannungsfreileitungen

Richard Bergner Elektroarmaturen GmbH & Co. KG
Bahnhofstr. 8-16 · 91126 Schwabach · Germany
E-mail elektroarmaturen@ribe.de · Internet www.ribe.de