

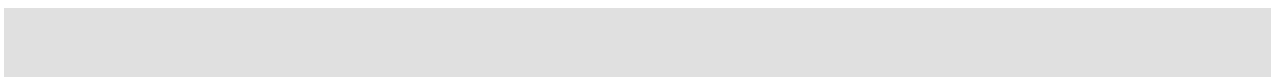
Jahresbericht 2006



Mit freundlichen Grüßen überreicht von

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Prof. Dr.-Ing. Rainer Bitsch



Kontakt:

*Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik
Walther-Pauer-Straße 5
D - 03046 Cottbus*

*Tel.: +49 (0355) 69 4502
Fax.: +49 (0355) 69 4039
Email: harald.schwarz@tu-cottbus.de*

Inhaltsverzeichnis

1.	CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg	6
1.1.	Struktur	6
1.2.	Entwicklung eines internationalen Studienprogramms Energietechnik	7
1.3.	Inhaltliche Ausrichtung der Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik bzw. Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik	9
2.	Personelle Besetzung	12
3.	Lehre	13
3.1.	Einbindung in das Studium	13
3.2.	Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare.....	14
3.2.1.	Wintersemester	14
3.2.2.	Sommersemester	18
3.3.	Studien- und Diplomarbeiten; Bachelor- und Masterarbeiten; Dissertationen.....	21
3.4.	Mitarbeiterschulung am CELT in Cardiff	22
3.5.	Netzwerk BTU Cottbus / Max Steenbeck Gymnasium	23
3.6.	EEEIC Exkursion.....	24
4.	Forschung	26
4.1.	Schwerpunkte am Lehrstuhl	26
4.2.	Universitäre Projekte	27
4.2.1.	Virtuelle Kraftwerke mit besonderer Berücksichtigung von erneuerbaren Energiequellen	27
4.2.2.	Optische Messung von Blitzstoßspannung.....	28
4.3.	Industrieprojekte.....	29
4.3.1.	Optimierung von Monitoringsystemen	29
4.3.2.	EMV in Kraftwerken	29
4.3.3.	Kleiner Feldversuch eines optischen Spannungswandlers	30
4.3.4.	Einsatz von resistiven HTSL-Strombegrenzern im Eigenbedarf von Vattenfall-Neubaukraftwerken	31
4.3.5.	Optimierung des elektrischen Eigenbedarfes und von Kabelanlagen	32
4.3.6.	Untersuchung des Einflusses der zunehmenden dezentralen Erzeugung auf die Netzverluste eines Verteilnetzbetreibers	32
4.3.7.	Netzintegration der erneuerbaren Energien im Land Brandenburg.....	33
4.3.8.	Auswahl einer Hochspannungskabelverbindung zwischen einem Transformator und einem Klystron für den XFEL-Laser der DESY, Zeuthen	34
4.3.9.	Projekt: „Netzintegration der erneuerbaren Energien im Land Brandenburg“ Teilprojekt „Ermittlung der EEG-Einspeisung“	38
5.	Prüf- und Messeinrichtungen	40
5.1.	Räumlichkeiten.....	40
5.2.	Wechselspannungsprüftechnik	40
5.3.	Wechselspannungsmesstechnik.....	40
5.4.	Wechselstrommess- und prüftechnik.....	41
5.5.	Gleichspannungsmess- und prüftechnik.....	41

5.6.	Stoßspannungsmess- und prüftechnik.....	41
5.7.	Klimakammer.....	41
5.8.	Optik-Labor.....	42
5.9.	Elektronik-Labor	42
5.10.	EMV-Labor	42
5.11.	Schutztechnik-Labor.....	43
5.12.	Wandlermessplatz.....	44
5.13.	Netzanalyse-Labor	44
5.14.	Software	44
6.	Projektpartner und Arbeitskontakte.....	45
7.	Publikationen.....	46
7.1.	Veröffentlichungen	46
7.2.	Vorträge.....	47
7.3.	Veranstaltungen	48
7.4.	Referenzen.....	48

Vorwort

Sehr geehrte Freunde der Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik und Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

mit großer Freude erlaube ich mir, Ihnen den Jahresbericht für das Jahr 2006 zu überreichen.

Im Jahresbericht 2004/05 hatte ich Ihnen über die Gründung des CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg berichtet, in dem die energietechnischen Forschungsaktivitäten von 15 Professuren der BTU gebündelt werden. Die Erfahrungen dieser beiden Jahre zeigen äußerst positive Effekte. Der Bekanntheitsgrad der Energieforschung an der BTU in der Region, den Medien, Gremien und Ministerien ist deutlich gestiegen. Auch der innere Zusammenhalt bei gemeinsamen Forschungsprojekten hat spürbare Impulse erhalten. Spezielle Details finden Sie unter www.tu-cottbus.de/cebra/.

Zum April 2006 wurde fristgerecht der Evaluationsbericht des CEBra für die erste 2 Jahresperiode eingereicht. Hierbei wurde für die Folgeperiode vorgeschlagen, den Schwerpunkt der Aktivitäten auf die weitere Internationalisierung der energietechnischen Lehre zu legen, um somit auch über das Land Brandenburg hinaus den Bekanntheitsgrad der BTU und des CEBra zu steigern. Durch die quasi seit Januar 2006 anhaltende Vakanz bei der Wiederbesetzung des Präsidentenamtes an der BTU ist die Entscheidungsfindung zu diesem Thema derzeit zwar schwierig, dennoch werden die Vorbereitungen für einen Joint-MSc in Power Plant Technology, einem rein BTU-gestützten MSc Sustainable Energy Supply sowie ein PhD Programm in Power Engineering weiter vorangetrieben. Mit dem bereits laufenden Joint-MSc Electrical Power Engineering wird dann das gesamte Spektrum energietechnischer Lehre auch in englischer Sprache angeboten.

Ich hoffe, dass dieser Jahresbericht Ihnen einen kleinen Eindruck der Aktivitäten des Lehrstuhles Energieverteilung und Hochspannungstechnik und des Lehrstuhls Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik, den ich derzeit kommissarisch leite, im Rahmen des Centrum für Energietechnologie Brandenburg vermittelt.

Mit den besten Wünschen für die restlichen Monate des Jahres 2007, auch im Namen meiner Mitarbeiter, möchte ich deshalb schließen und verbleibe

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

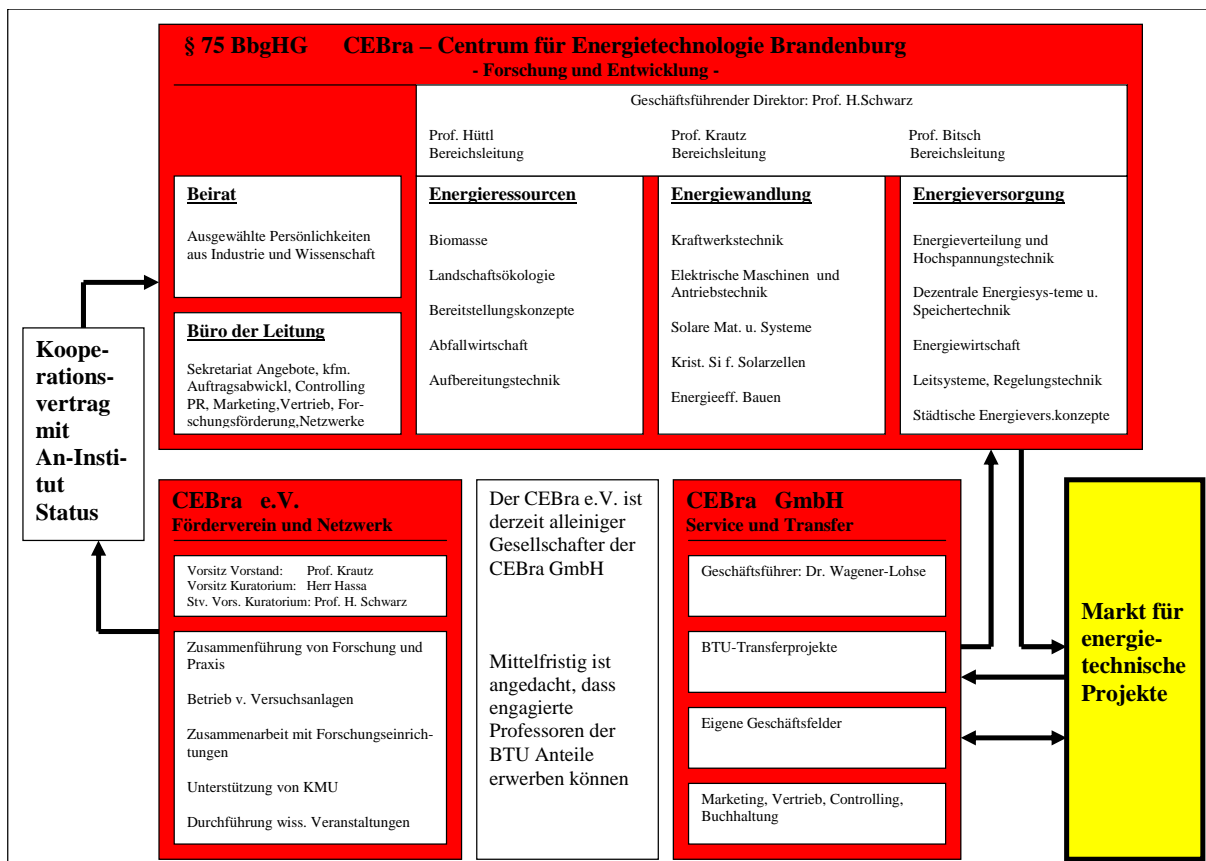
1. CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg

1.1. Struktur

Seit der Gründung hatten sich an der BTU in allen Fakultäten unterschiedlich stark ausgebildete Aktivitäten im Bereich der Energietechnik herausgebildet. Der Schwerpunkt lag hierbei im Institut für Energietechnik der Fakultät 3, wobei auch nennenswerte Aktivitäten in der Physik (Solarthermie, Photovoltaik), dem Bauingenieurwesen und der Umwelt- und Verfahrenstechnik zu verzeichnen waren.

Da der Bereich der Energieforschung einer der erklärten Forschungs- und Lehr-Schwerpunkte an der BTU sind, sollten alle Aktivitäten in diesem Bereich in einer zentralen wissenschaftlichen Einrichtung gebündelt werden, die dem BTU-Präsidenten direkt untersteht. Auch die Aktivitäten im bisherigen Energieressourcen-Institut ERI e.V. (heute CEBra e.V.) als An-Institut der BTU sollten besser integriert werden. Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Zentrum für Energieversorgung entstand so das CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg.

Die Gesamtstruktur von CEBra ist im nachfolgenden Bild dargestellt. Außer den Verknüpfungen zwischen CEBra als zentrale wissenschaftlicher Einrichtung mit CEBra e.V. und CEBra GmbH ist auch die innere Struktur des BTU-Teils erkennbar.



1.2. Entwicklung eines internationalen Studienprogramms Energietechnik

An der BTU werden energietechnische Studienprogramme in deutscher Sprache in folgenden Ausrichtungen angeboten:

- Elektrotechnik Diplom - Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Netzleittechnik
- Elektrotechnik Bachelor - Elektrische Energietechnik
- Elektrotechnik Master - Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Netzleittechnik
- Maschinenbau Master - Energietechnik
- Wirtschaftsingenieur Dipl. - Energieversorgung
- Kraftwerkstechnik

Zeit / Sprache	deutsch	deutsch	deutsch	englisch	englisch	englisch	deutsch	deutsch
1. Semester	Diplomstudengang	Bachelor of Science					BSc	Diplomstudengang
2. Semester	<u>Wirtschaftsingenieurwesen</u>	<u>Elektrotechnik</u>					<u>Maschinenbau</u>	<u>Wirtschaftsingenieurwesen</u>
3. Semester		Studienrichtung (1 von 2)						
4. Semester	Studienrichtung (1 von 6)	Elektrische Energietechnik		BTU interner Übergang möglich aus BSc-Elektrotechnik BSc-Maschinenbau BSc-Environmental and Resource Man. Dipl-Wi-Ing.-Wesen (Einzelentscheid) sowie Studenten europäischer und internationaler Universitäten			keine energietechnische Studienrichtung	Studienrichtung (1 von 6)
5. Semester	Energieversorgung							Kraftwerkstechnik
6. Semester				MSc Power Engineering				
7. Semester		Master of Science <u>Elektrotechnik</u>		electr. pow. engineering	gener. pow. engineering	power plant engineering	MSc <u>Maschinenbau</u>	
8. Semester		Studienrichtung (1 von 4)	Studienrichtung (1 von 4)	nicht an BTU		nicht an BTU	Studienrichtung (1 von 4)	
9. Semester		Netzleittechnik	Energiesysteme und dez. Energieversorgung	nicht an BTU		nicht an BTU	Energie-technik	
10. Semester								
Promotionsphase	Promotion in Technik oder Wirtschaft	Dr.-Ing. Elektrotechnik		PhD in Power Engineering			Dr.-Ing. Maschinenbau	Promotion in Technik oder Wirtschaft

In dieses deutschsprachige Vorlesungsangebot hinein soll in den kommenden Jahren ein zusätzliches englischsprachiges Vorlesungsangebot hineinentwickelt werden. Planungs-idee ist dabei, zwei technisch sehr in die Tiefe gehende Angebote in Bereich Electrical Power Engineering bzw. Power Plant Technology zu erstellen und diese auch als Joint Master zusammen mit anderen Universitäten durchzuführen. Ferner ist geplant, einen ausschließlich an der BTU durchzuführenden breiter angelegten Master anzubieten, der nach letzten Absprachen möglicherweise Sustainable Energy Supply heißen könnte.

<i>Master Programmes in Power Engineering</i>			
	Electrical Power Engineering (Joint)	Sustainable Energy Supply (at BTU)	Power Plant Technology (Joint)
1. Semester	<u>BTU (Germany)</u>	<u>BTU (Germany)</u>	<u>BTU (Germany)</u>
2. Semester	<u>TU Poznan (Poland)</u>	<u>BTU (Germany)</u>	<u>Uni oder Forschungszentrum in Deutschland</u>
3. Semester	<u>TU Graz (Austria)</u>	<u>BTU (Germany)</u>	<u>Uni in Europa oder Uni in China oder Uni in Indien oder Uni in Brasilien</u>
4. Semester	<u>BTU (Germany) oder TU Wroclaw (Polen) oder TU Ostrava (Tschechische Rep)</u>	<u>BTU (Germany)</u>	<u>BTU (Germany) oder Uni in Europa oder Uni in China, Indien, Brasilien</u>
PhD Power Engineering			
	Special lectures and PhD Thesis in Electrical Power Engineering		Special lectures and PhD Thesis in Power Plant Engineering

Der Joint MSc Electrical Power Engineering wurde bereits gestartet und im ersten Durchgang wurden die bei solchen Projekten anfangs immer anfallenden Schnittstellenoptimierungen durchgeführt. Die Mittel für den Aufbau des PhD Programmes wurden Ende 2006 vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg freigegeben, so dass mit einem Start des Programms zum WS 2007/08 zu rechnen ist.

Der Joint Master in Power Plant Technology sowie der MSc Sustainable Energy Supply sind in der Konzeptplanungsphase und werden vermutlich erst zu WS 2008/09 starten.

1.3 Inhaltliche Ausrichtung der Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik bzw. Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

Lehrstuhl für Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Der Lehrstuhl für „Energieverteilung und Hochspannungstechnik“ erhielt den Status einer Eckprofessur in der Fakultät und deckt weiterhin die gesamte Breite der hochspannungstechnischen Geräte, Anlagen und Netze sowie den Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit in der Energietechnik und in einigen Anwendungen in der Verkehrstechnik ab.

Die Aktivitäten im Gebiet der Hochspannungsgeräte waren weiter geprägt durch die konsequente Fortentwicklung der Arbeiten im Bereich der optischen Sensorik. In einem bis Mitte 2007 laufenden Projekt ist die Fertigstellung der laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, der Bau von Versuchsmustern und die Erprobung dieser Versuchsmuster im 110 kV Netz eines polnischen (ENEA) und deutschen (ENVI-M) Regionalversorgers vorgesehen.

Im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit wurde die in 2001 in Betrieb genommene EMV-Störfestigkeitsprüfanlage aufgrund der bei den Störfestigkeitstests mehrerer Lokomotiven gewonnenen Erkenntnisse umfassend weiterentwickelt. Die neuen Konzepte ermöglichen Pulsanstiegszeiten von unter 1 ns bei Pulsbreiten von 2-3 ns. Auch das Reflexionsverhalten der Antenne wurde deutlich verbessert. Eine entsprechende Promotion wurde 2006 erfolgreich abgeschlossen.

Im Bereich der Netzplanung wird das in 2002 gestartete Mehrjahresprojekt zu Einfluss von strombegrenzenden Elementen auf die Struktur des Kraftwerkseigenbedarfes bis Ende 2007 fortgesetzt.

Ferner wurde im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Brandenburg eine Studie zum neuen Netzsicherheitsmanagement durch envia-M bzw. eon-edis erstellt.

Eine mehrjährige Konzeptplanung zur Netzintegration erneuerbarer Energien in die ostdeutschen Stromnetze wird zusammen mit dem Wirtschaftsministerium Brandenburg und mehreren Netz- und Anlagenbetreibern vorbereitet und wurde Anfang 2006 gestartet.

Lehrstuhl für Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

Dieser Lehrstuhl wurde als Gastprofessur zum WS 2002/2003 eingerichtet und mit Prof. Bitsch besetzt. Aufgrund des Brandenburgischen Hochschulgesetzes ist eine Gastprofessur auf maximal 3 Jahre befristet. Obwohl weitere Finanzierungsmittel vorhanden waren, konnte Prof. Bitsch somit ab 30.9.2005 nicht mehr mit der Leitung des Lehrstuhles beauftragt werden. Die kommissarische Leitung ging somit ab 1.10.2005 auf Prof. Schwarz über. Inhaltlich wird neben dem Aufbau virtueller großer Kraftwerke im Bereich der dezentralen Energieeinspeisung vor allem die Netzintegration von Windenergie (in enger Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik) weiterhin eines der tragenden Themen sein wird.

Im Bereich der Lehre ist eine der Hauptaufgaben dieses Lehrstuhles die wesentliche inhaltliche Ausgestaltung eines umfassenden, englischsprachigen Lehrangebotes für den internationalen Masterstudiengang „Electrical Power Engineering“.

Für die Forschung auf dem Gebiet der Systemintegration dezentraler Energiesysteme wurden mit der Installation und Vernetzung sowie einer neuen Version der drei vorhandenen DEMS-Systeme die Voraussetzungen für die Modellierung, Simulation und Optimierung dezentraler Versorgungssysteme geschaffen.

Die Aktualität dieser Thematik zeigt sich an der im Zusammenhang mit Novellierung des Energie-Einspeise-Gesetzes und jüngsten großräumigen Störfällen in Europa und Übersee verstärkten Energiediskussion in Deutschland.

Honorarprofessur für Mittel- und Niederspannungstechnik

Die Honorarprofessur ist organisatorisch dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik zugeordnet.

Das Fachgebiet umfasst Netze der industriellen und öffentlichen Elektroenergieversorgung sowie die zugehörigen Betriebsmittel und Schaltanlagen. Die Studierenden sollen befähigt werden, Netze und Schaltanlagen für hohe Versorgungszuverlässigkeit bei minimalen Kosten zu planen und zu betreiben. Dazu werden Grundsätze und Einflussgrößen der Grundsatzplanung, der Projektierung und des Netz- und Anlagenbetriebes vermittelt. Folgende Themenkomplexe werden vertreten:

Auslegungsberechnungen

- Ermittlung der Beanspruchungsparameter (Maximale Kurzschlussströme, Störlichtbogenbeanspruchung, thermisch wirksamer Kurzschluss)
- Bemessungsgrößen von Betriebsmitteln und Schaltanlagen (Transformatoren, Leistungsschalter, Wandler, Kabel, Sicherungen Schaltanlagen)
- Sternpunktbehandlung
- Schutzkonzeption (Minimale Kurzschlussströme, Selektivitätsarten, Auslöserauswahl)
- Sinnvolle Anwendung der vorhandenen Netzberechnungs- und Planungssoftware; Entwicklung neuer Software

Kabelauswahl

Durch zusätzliche Einbeziehung von

- Abnehmercharakteristiken
- Schaltgeräten
- Selektivitätsforderungen

Gestaltung von Mittel- und Niederspannungsschaltanlagen

- Auswahl der Betriebsmittel
- Konstruktive Gestaltung
- Personen- und Anlagenschutz

Einsatz von neuen Strombegrenzungseinrichtungen

- Auswirkungen auf Dimensionierung der Betriebsmittel und Schaltanlagen sowie auf Selektivschutz und Netzbetrieb
- Konzeptionen angepasster Versorgungsstrukturen
- Gestaltungsmöglichkeiten neuer Schaltanlagengenerationen
- Neue Schutz- und Steuerungskonzepte

Honorarprofessur für Schutz- und Leittechnik

Die Honorarprofessur ist organisatorisch dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik zugeordnet.

Im Rahmen der Vorlesungen "Power Automation" wird Studenten der elektrischen Energietechnik, aber auch anderer Studienschwerpunkte die Gelegenheit gegeben, ihre Kenntnisse auf dem Gebiet des Schutzes elektrischer Übertragungs- und Verteilungsnetze zu vertiefen. Die Blockvorlesung im Wintersemester umfasst die folgenden Themengebiete:

- Basisanforderungen: Selektivität, Redundanz, Genauigkeit, Geschwindigkeit
- Schutzprinzipien: Überstromschutz, Distanzschutz, Differentialschutz sowie weitere Prinzipien
- Einfluss der Netzstrukturen auf die Schutzkonzepte
- Algorithmen zur digitalen Erfassung von Strom- und Spannungsamplituden sowie von Impedanzen
- Schutzkonzepte für Leitungen, Transformatoren, Sammelschienen und Maschinen einschließlich der technischen Realisierung
- Einfluss der Netzsternpunktbehandlung auf die Schutzkonzepte
- Prinzipien zur selektiven Einstellung von Schutzgeräten
- Hardwareanforderungen
- Kommunikation in Schaltanlagen

Diese Themen spannen einen Bogen von der traditionellen Energietechnik, die beispielsweise Kurzschlussvorgänge mit symmetrischen Komponenten berechnet, über Algorithmen digitaler Messtechnik inklusive hardwaremäßiger Realisierung bis hin zu Kommunikationslösungen zur Anwendung im Bereich von Schaltanlagen. Die Schutztechnik elektrischer Netze wird damit sowohl aus Herstellersicht (Algorithmen, Messtechnik) wie auch aus Anwendersicht (Schutzkonzepte, Einstellung von Schutzgeräten) beleuchtet.

Im Sommersemester werden diese Themen in Workshopform vertieft. Hier steht die Anwendersicht im Vordergrund. Es werden Schutzkonzepte für spezielle Netzsituationen betrachtet und es wird intensiv auf die Berechnung der Schutzeinstellungen („Staffelplanerstellung“) eingegangen. Obwohl sich die Grundprinzipien der Schutztechnik in den vergangenen Jahrzehnten nicht wesentlich verändert haben, wird eine netzweite optimale Einstellung der Schutzgeräte zunehmend schwieriger, aber auch wichtiger: Einspeisungen regenerativer Energien sowie intensiver Energiehandel führen dazu, dass die Netze nicht immer unter den Bedingungen betrieben werden, für die sie geplant wurden, und dass sie näher am Limit betrieben werden. Dies erfordert innovative Lösungen bei der Schutztechnik.

Beide Veranstaltungen gehören zum Studienangebot für den englischsprachigen Masterstudiengang und finden deshalb in englischer Sprache statt.

Verantwortlich für dieses Gebiet ist Herr Prof. Dr.-Ing. Siegfried Lemmer, Siemens AG Nürnberg. Herr Prof. Lemmer hat als Leiter des Produktmanagements Schutztechnik der Siemens AG und als Mitglied nationaler und internationaler Gremien langjährige Erfahrung in seinem Gebiet. Er ist damit in der Lage, dieses Fachgebiet theoretisch fundiert und praxisnah zu vermitteln.

2. Personelle Besetzung

Leitung:

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Leitung der Lehrstühle
Energieverteilung und Hochspannungstechnik
sowie kommissarisch
Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

Prof. Dr. Rainer Bitsch

Stv. Lehrstuhlleitung

Honorarprofessoren

Prof. Dr.-Ing. Günter Pfeiffer
Prof. Dr.-Ing. Siegfried Lemmer

Lehrbeauftragte

DI Johann Pohany; Siemens Wien

Sekretariat:

Marika Scholz

Wissenschaftliche Mitarbeiter Hochspannungsgeräte:

Dipl.-Ing. Dirk Lehmann
Dipl.-Ing. Henryk Stürmer

Wissenschaftliche Mitarbeiter Optische Sensorik:

Dr.-Ing. Holger Borowiak
Dipl.-Ing. Maik Honscha
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Feige

Wissenschaftliche Mitarbeiter EMV:

Dr.-Ing. Gunnar Löhning

Wissenschaftliche Mitarbeiter Netzanalyse:

Dr.-Ing. Klaus Pfeiffer
Dipl.-Ing. Stefan Fenske

Wissenschaftliche Mitarbeiter Dezentrale Energiesysteme

Dr.-Ing. Georg Gjardy
Dipl.-Ing. Lars Roskoden

Technische Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. (FH) Holger Häusler
Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kleinod
Karl-Heinz Kleinschmidt

Laboringenieur
Techniker
Elektriker

Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte

Marc Blaha
Ronny Fritz
Marco Groschke
Sebastian Harms
André Lehmann
Martin Ruge

Sebastian Schneider
Marcel Schneider
Mirko Häusler
Daria Agnieszka Pawlaczek
Vivian Schwedt
Artur Napierala

3. Lehre

3.1. Einbindung in das Studium

Die Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik, Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik sowie die Honorarprofessur Mittel- und Niederspannungstechnik sind in folgende deutschsprachige Studiengänge eingebunden:

- Wirtschaftsingenieurwesen (Diplom) / SR Energieversorgung
- Elektrotechnik (Diplom) / SR Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Elektrotechnik (Diplom) / SR Netzleittechnik mit Vertiefung in Energienetzen
- Elektrotechnik (Diplom) / SR Automatisierungstechnik und Antriebssysteme
- Elektrotechnik (BSc) / SR Elektrische Energietechnik
- Elektrotechnik (MSc) / SR Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Elektrotechnik (MSc) / SR Netzleittechnik mit Vertiefung in Energienetzen
- Elektrotechnik (MSc) / SR Automatisierungstechnik und Antriebssysteme

Die Bachelor- und Masterstudiengänge der Elektrotechnik wurden im April 2006 erfolgreich von der ASIIN akkreditiert. Beide neuen Studienangebote wurden mit dem Diplomstudiengang in Elektrotechnik so stark harmonisiert, dass diese praktisch deckungsgleich sind und damit ohne Mehrbelastung solange parallel betrieben werden können, bis andere Entscheidungen getroffen werden.

Parallel zum Aufbau der energietechnischen Lehrinhalte im neuen Bachelor und Master sowie der Anpassung der Diplomstudiengänge wurde ein englischsprachiger internationaler Master-Studiengang in „Electrical Power Engineering“ vorbereitet und zum Wintersemester 2005/06 erstmals gestartet. Der Master bietet einen Joint-Degree und wird in enger Kooperation der BTU Cottbus mit den Universitäten in Poznan, Graz, Wroclaw und Cardiff durchgeführt, die jeweils mindestens ein Semester in diesem Studiengang anbieten. Ferner wurden engere Beziehungen zu anderen Universitäten geknüpft. In 2006 standen dabei Kontaktaufnahmen in China (Peking, Wuhan, Shanghai), Taiwan (Taipeh) und Brasilien (Sao Paulo) im Mittelpunkt. Vorhandene anfängliche Schwierigkeiten meist in den organisatorischen Abläufen wurden inzwischen überwunden und flächendeckender Werbemaßnahmen wurden Ende 2006 gestartet.

Darüber hinaus sind die Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik sowie Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik auch in den Wahlpflichtbereich des internationalen Studiengang Environmental and Resource Management integriert.

3.2. Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare

3.2.1. Wintersemester

LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Grundzüge der elektrischen Energie- und Antriebstechnik 1

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
3. Semester – VL/UE 3 SWS

Die Studenten beherrschen nach dem Teil 1 die Grundkenntnisse zu Primärressourcen, Wandlung, Transport und Anwendung elektrischer Energie mit speziellem Blick auf Primärenergieverbrauch, Struktur und Technik des Kraftwerkparks, Lastgänge, Speicherbarkeit, regenerative Einspeisungen, Übertragungs- und Verteilnetze, Endenergieverbrauch, elektrotechnisches Rechnen in dreiphasigen Netzen, Grundlagen energietechnischer Geräte und Anlagen

Schwarz, Lehmann

Hochspannungstechnik und Isolierstoffe

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
5. Semester - VL/UE 4 SWS

Die Studenten verfügen über vertiefte Kenntnisse in der Hochspannungstechnik sowie den Hochspannungsisolierstoffe und haben ein breites Verständnis für elektrische Felder und Durchschlagsvorgänge in technischen Isolierstoffen entwickelt mit speziellem Blick auf Elektrische Feldstärke, Raumladungen, Grenzflächen, Schichtdielektrika, Gasentladung, Durchschlagmechanismen in Gasen, Feststoffen und Flüssigkeiten, Herstellung und Materialparameter technischer Isoliergase, flüssige und feste Isolierstoffe

Schwarz, Lehmann

Planung von Energieübertragungsnetzen

Studiengang Elektrotechnik, 5. oder 7. Semester, Wirtschaftsingenieurwesen Energieversorgung - VL/UE
4SWS

Die Studenten verstehen die betriebstechnischen und planerischen Zusammenhänge in Energieübertragungsnetzen und können die entsprechenden Rechentechniken anwenden mit speziellem Blick auf Verbundnetz, Lastfluss, Längs- und Querregelung, Blindleistungsbereitstellung, FACTS, Oberschwingungen, Flicker, symmetrischer und asymmetrischer Kurzschluss, Sternpunktbehandlung, Erdung, Stabilität, Hochspannungs-Gleichstromübertragung, Bahnstromversorgung

Schwarz, Lehmann

Mittel- und Niederspannungstechnik I

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
Hauptstudium - VL 2SWS

Die Studenten beherrschen die Berechnungs- Planungs- und Betriebsgrundlagen von Mittel- und Niederspannungsnetzen, -anlagen und –geräten mit speziellem Blick auf Beanspruchungen von Betriebsmitteln und Schaltanlagen in der öffentlichen und industriellen Energieversorgung, Auslegungsberechnungen, Konzepte für den Selektivschutz, Personen- und Anlagensicherheit, Planungsgrundsätze, Projektbeispiele

G. Pfeiffer, Schwarz

Introduction in Electrical Power Systems

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL 1 SWS

Students will get a basic understanding in electrical power engineering with special reflection on the situation during normal or fault operation with special reflection on basics in single phase and three phase systems, conventional power plants, generators, transformers, operation under normal and fault conditions, overvoltages

Die Veranstaltung ist als Einstiegsveranstaltung in diesem englischsprachigen Studiengang für die Studenten gedacht, die ihre energietechnischen Grundkenntnisse aus vorangegangenen Bachelorstudiengängen auffrischen wollen.

Schwarz

EMC in Electrical Power Systems

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/PR 1/2 SWS

Students will get a deeper understanding of possible interferences in power systems and will be able to design a EMC compatible layout in large scale power installations and systems with special respect to electromagnetic environment (high frequency impulse fields, lightning impulse overvoltages, switching impulses, low and medium frequency interferences), EMC design criteria (protection against direct lightning stroke, potential grounding, screening, overvoltage protection, filters), EMC system planning (zone concept, interface definition) EMC measuring and testing technique

Schwarz, Löhning

Basics in Power Automation

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering
Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
Hauptstudium - VL 2SWS

Students will get a basic understanding of protection systems in electrical power networks with special respect to electronic basics of protection engineering, requirements, algorithms, hard ware concepts, new technologies of protection devices

Lemmer, Schwarz

EU-East Expansion and Intercultural Competence Teil1

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering
Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
Hauptstudium – SE/EX 2SWS

Die Studenten entwickeln in interkulturelles Verständnis für Osteuropa und erhalten durch die energietechnische Exkursion in Deutschland oder Polen einen breiten Einblick in die Arbeitswelt in beiden Ländern

Die Veranstaltungsreihe beginnt mit einem Seminar in englischer Sprache zu interkultureller Kompetenz (2 SWS) im Wintersemester. Zu Beginn des Sommersemesters findet ein Grundkurs (ca. 30 h) in polnischer Sprache statt. Im Sommersemester findet dann eine deutsch-polnische Studentenexkursion (Dauer 7 Tage) mit der Besichtigung technischer und kultureller Highlights in Polen oder Deutschland statt (Exkursionssprache ist englisch, deutsch, polnisch). Die Veranstaltung ist im Rahmen des fachübergreifenden Studiums anerkannt.

Schwarz, Borowiak

LS Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

Technology for Decentralized Generation and Storage 1 (Generation and Storage)

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/UE 2/1 SWS

Students will get an overall understanding of technical solutions for decentralized power generation as well as energy storage with special respect to hydro power plants, wind power plants, photovoltaic, solar thermal power plants, fuel cells, pumped hydropower, compressed air energy storage, battery storage

K. Pfeiffer, Schwarz

Technology for Decentralized Generation and Storage 2 (Grid Assets)

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/UE 2/1 SWS

Students will get a deeper understanding of the relevant solution for the integration of decentralized power generation systems into the electrical power grid with special respect to transformers, low-voltage- and medium-voltage cables, overhead lines, substations, low-voltage- and medium-voltage switchgears, circuit breakers

K. Pfeiffer, Schwarz

Environment for Decentralized Power Generation

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/UE 2/1 SWS

Students will get a first overview of the energy economic frame for the implementation of decentralized energy systems; barriers, drivers and concepts with special respect to energy economic aspects, consumption, resources, new energy scenarios and concepts; decentralized energy supply in developing, emerging and industrialized countries; liberalization in industrialized countries

Bitsch, Schwarz

Aspects of Grid Integration of Decentralized Power Generation 1 (Energy Mix, Optimisation)

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/UE 2/1 SWS

Students will get a basic understanding of the different aspects, concepts and solutions for energy system integration of relevant decentralized power generation in energy mix, operational optimization of decentralized energy systems

Relevant elements of decentralized energy systems, important operational characteristics, structures, integration concepts, requirements for necessary communication and distributed intelligence, introduction to decentralized energy management systems, modelling and simulation

Bitsch, Schwarz

Basics in Energy Information Systems

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL 2 SWS

Students will get a first basic understanding of the structure- und process optimized information systems in the energy sector with special respect to structures and processes in the energy supply, information requirements, basic data and data exchange, data models, company wide integration, communication, automation, office integration, standard architecture, CIM-data model etc., functional moduls, architecture und workflow

Pohany, Schwarz

3.2.2. Sommersemester

LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Hochspannungsgeräte und Schaltanlagen

Studiengang Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung - VL/UE 4 SWS

Die Studenten verfügen über vertiefte Kenntnisse zu elektrischen Betriebsmittel und Schaltanlagen in Hochspannungsübertragungs- und –verteilnetzen mit speziellem Blick auf Transformatoren, Kabel, Freileitungen, Leistungs- und Trennschalter, Strom- und Spannungswandler, Ableiter, Schaltanlagenkonzepte für GIS und AIS, Blitzschutz, Erdung

Schwarz, Lehmann

Schutz von Energieübertragungsnetzen

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung - VL/UE 4 SWS

Die Studenten verfügen über ein vertieftes Verständnis zum analogen und digitalen Schutz von Hochspannungsnetzen mit speziellem Blick auf Wandler, Überstromzeitschutz, Distanzschutz, Differentialschutz, Trafoschutz, Sammelschienen- und Anlagenschutz, Erdchlusschutz, digitale Schutzrelais, Schutzprüfung

Schwarz, Borowiak

Mittel- und Niederspannungstechnik II

Fortsetzung der VL Mittel- und Niederspannungstechnik I aus dem WS mit Inhalten zur Auswahl von Schaltgeräten, Mittel- und Niederspannungsschaltanlagen, Schutzmaßnahmen, Selektivschutz, Bemessung von Kabeln.

G. Pfeiffer, Schwarz

EU East Expansion and Intercultural Competence Teil 2

Fortsetzung der gleichnamigen Veranstaltung aus dem Wintersemester mit Durchführung der einwöchigen deutsch-polnischen Studentenexkursion entweder in Polen oder Deutschland

Schwarz, Borowiak

Einführung in das Hochspannungslabor

Interessierten Studenten und Schülern wird eine 1-2 stündige Einführung mit kleineren Experimenten in die Hochspannungslabore der BTU gegeben. Weitere Informationen, Termine und Anmeldungen am LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik, LG 3A.

Schwarz, Lehmann

Einführung in die elektrische Energieversorgung

Interessierten Studenten, die nicht Elektrotechnik oder WI-Ing-Energieversorgung studieren sowie Schülern wird eine ca. 3-4 stündige Einführung in die wesentlichen Zusammenhänge der elektrischen Energieversorgung gegeben. Das Seminar ist als Rechnerübung mit Vortragsteil aufgebaut. Weitere Informationen, Termine und Anmeldungen am LS EVH, LG 3A.

Schwarz, Lehmann

HV Measuring and Testing Technique

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/PR 2/2 SWS

Students will get a detailed knowledge in measuring and testing circuits and equipment with special respect to high voltage applications and will practise their knowledge in several high voltage lab experiments with special respect to AC, DC and impulse generators with Marx-generator or transformers, oscillating impulse generation, EMP- and cable generators, high current sources, resistive or capacitive dividers, response time, band width, earth capacitance, measuring cables, digital and analog oszilloscopes, rogowski-coils, hall-sensors, shunts, optical voltage and current sensors, dielectric measurements, partial discharge detection

Schwarz, Lehmann

Advanced Power Automation

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL 2 SWS

Students will get a deeper understanding of power network protection systems and will be able to design own basic layouts with special respect to protection concepts, device engineering, settings, communication, requirements, algorithms, hard ware concepts, new technologies

Lemmer, Schwarz

LS Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

Grid Operation with Decentralized Power Generation 1 (Network Planning)

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/UE 2/2 SWS

Students will get a deeper understanding of network operation and network calculation with special reflection on the integration of dispersed generation, especially to medium- and low-voltage grids with special respect to procedures of short-circuit calculation and power flow calculation, equivalent circuit diagrams, asymmetrical short-circuit currents, stresses to electrical equipment

K. Pfeiffer, Schwarz

Grid Operation with Decentralized Power Generation 2 (Network Protection)

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL/UE 2/2 SWS

Students will get a deeper understanding of the interaction between analogue or digital protection systems, designed for a classical feeding situation and now faced with a large amount of dispersed generation, especially to the medium- and low-voltage grid with special respect to discriminating protective systems, determining of settings, selectivity characteristic, tripping characteristic, different kinds of tripping devices

K. Pfeiffer, Schwarz

Advanced Energy Information Systems

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - VL 2 SWS

Students will get a more deeper knowledge in the structure- und process optimized information systems in the energy sector (Continuation of Lecture Basics in Information Systems) with special respect to Structures and processes in the energy supply, information requirements, basic data and data exchange, data models, company wide integration, communication, automation, office integration, standard architecture, CIM-data model etc., functional moduls, architecture und workflow (Continuation of Lecture Basics in Information Systems)

Pohany, Schwarz

Integrated Project in Grid Operation of Large Scale Virtual Power Plants

Joint Master Studiengang Electrical Power Engineering - SE 6 SWS

Students will get a complex understanding of the integration and operation of Large Scale Virtual RES/DG Power Plants with special respect to structures and characteristics of LSVPP, requirements of grid connection, necessary power automation / communication / information systems, operational aspects and opportunities with respect to energy market approach

Bitsch, K. Pfeiffer, Lemmer, Pohany, Bachmann

3.3. Studien- und Diplomarbeiten; Bachelor- und Masterarbeiten; Dissertationen

Studienarbeiten

- Gilbert Vogler *„Aufbau und Funktionsweise verfügbarer dezentraler Energiemanagementsysteme“*
betreut am Lehrstuhl Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik durch Herrn Prof. Bitsch und Herrn Dipl.-Ing. Gjardy

Diplomarbeiten

- Marcus Gischke *„Analyse und Bewertung von Stromeinspeiseanlagen am Netz der envia Verteilnetz GmbH“*
betreut bei envia Verteilnetz GmbH durch Herrn Dr. H. Roman und am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dr. Pfeiffer

Dissertationen

- Thomas Lange *„Optimierung einer EMV-Prüfanlage für räumlich große Systeme“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz
- Holger Borowiak *„Ein Beitrag zur technischen Realisierung eines optischen Stoßspannungsmesssystems“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz
- Georg Gjardy *„Beitrag zur zukünftigen, marktorientierten Betriebsführung und Systemintegration großflächig verteilter, dezentraler Erzeugungen mit besonderer Berücksichtigung der Windenergie“*
betreut am Lehrstuhl Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik durch Herrn Prof. Bitsch

3.4. Mitarbeiterschulung am CELT in Cardiff

Holger Borowiak

Im Zeitraum von Mai bis Oktober nahmen nacheinander fünf Mitarbeiter des Lehrstuhls an einem vertiefenden Unterricht im Sektor „Academic English“ am für IELTS (International English Language Testing System) akkreditierten Institut in der Hauptstadt von Wales teil. Der Unterricht begann mit einem Einstufungstest, nach welchem jeder Mitarbeiter einer Studiengruppe seines persönlichen Leistungslevels zugeordnet wurde. Der Unterricht selbst erfolgte für jeden Einzelnen über mehrere Wochen hinweg. Die Übungen an den Vormittagen wurden durch Nachmittagsstunden ergänzt, in denen ganz gezielt der internationale IELTS-Abschluss vorbereitet wurde.



Centre for English Language Teaching in Cardiff

Die abschließende Prüfung in “Academic English” erfolgte entweder an der Universität in Cardiff oder im British Council in Berlin.

Die Schulung der schriftlichen und mündlichen Fertigkeiten in dieser Form ist ein Pilotprojekt und dient der Absicherung der an der BTU Cottbus neu entstandenen englischsprachigen Studiengänge.

3.5. Netzwerk BTU Cottbus / Max Steenbeck Gymnasium

Holger Borowiak

Die Betreuung von Schülern des mathematisch-technisch orientierten Max-Steenbeck-Gymnasiums in Cottbus im Rahmen eines Universitätspraktikums wurde in diesem Jahr weitergeführt und ausgebaut. Gruppen von Schülern absolvierten ein vierzehntägiges Praktikum und anschließend einmal pro Monat einen Projekttag an verschiedenen Lehrstühlen der BTU Cottbus. Am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik steht neben einem Themenkomplex zur Solartechnik in diesem Jahr ein zusätzliches, neuartiges Projekt an. Unter Betreuung machen sich die Schüler mit der Vorlesung „Grundzüge der Energietechnik“ vertraut. Aus den Inhalten dieser Vorlesung wird dabei schrittweise ein „Fernlernkurs Energietechnik“ für Schüler der Gymnasien Brandenburgs aufgebaut. So werden ausgewählte Kapitel der Vorlesung mit den Schülern besprochen und in deren eigener Regie mit Erklärungen untersetzt und mit Beispielen angereichert. So entsteht eine CD in Bild und Ton, die überdies zum Abschluss jedes Kapitels einen Multiple-Choice Test zur Überprüfung der eigenen Leistung anbietet. Nach der Fertigstellung dieses Lehrmediums sollen die Schüler nach selbstständigem Durcharbeiten des Fernlernkurses in der Lage sein, Kenntnisse für ein späteres Studium an der BTU zu sammeln und bereits im Vorfeld anrechenbare Leistungen an der BTU zu erbringen.



Projekttag mit Schülern des M.-Steenbeck-Gymnasiums

In Form von Kurzvorträgen und Projektarbeiten tragen die Schüler halbjährlich eine Zusammenfassung ihrer Arbeiten vor, die als Leistung bewertet wird.

3.6. EEEIC Exkursion

Holger Borowiak

Auch in diesem Jahr fand wieder die Exkursion zum Fach „EU East Expansion and Intercultural Competence“ (kurz EEEIC) statt. Sie gründet sich auf eine langjährige Kooperation zwischen dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik der BTU-Cottbus und dem Dept. of Electrical Engineering der Wroclaw University of Technology (WUT). In diesem Jahr führte die Exkursion durch Polen und wurde durch Mitarbeiter und Studenten der polnischen Universität vorbereitet.

Für die Studenten aus Cottbus stellte diese Fahrt die praktische Komponente des Faches EEEIC dar, in welchem zuvor die fachliche Vorbereitung stattfand.



Kleines Kraftwerk Porabka o mocy mit 12,6 MW

Im Laufe der einwöchigen Rundreise wurden beispielsweise das Roboterlabor der WUT, Alstom in Wroclaw und das Pumpspeicherkraftwerk in Porabka Zar besichtigt. Der Besuch kultureller Sehenswürdigkeiten in Krakau und Czestochowa sowie eine Wildwasserfahrt nahe der slowakischen Grenze bereicherten ebenfalls das Programm. Eine finanzielle Unterstützung durch den VDE und das Akademische Auslandsamt der BTU-Cottbus ermöglichte die Verringerung der Teilnahmekosten für die Studenten.



Gruppenfoto im Salzbergwerk Wieliczka

Der Besuch in Polen war sehr interessant, gut organisiert und gelungen, so dass derzeit die Teilnehmerliste für 2007 bereits „ausgebucht“ ist und die folgende Exkursion (diesmal durch Deutschland) vorbereitet werden kann.

4. Forschung

4.1. Schwerpunkte am Lehrstuhl

Die Forschung im Bereich der Energieverteilung und Hochspannungstechnik konzentriert sich in den letzten Jahren auf

1. den Schwerpunkt „Optische Sensorik“, in dem neue Verfahren zur optischen Messung von hohen Spannungen bzw. hohen Strömen auf hohem Potential in der elektrischen Energietechnik erforscht, entwickelt und im Feldversuch an entsprechenden Versuchsmustern erprobt werden.
2. den Schwerpunkt „Elektromagnetische Verträglichkeit“, in dem ein Verfahren zur EMV-Störfestigkeit von Schienenfahrzeugen und großen Straßenfahrzeugen erforscht und in einer ersten Pilotanlage realisiert wurde, mit der bereits zwei Lokomotiven erfolgreich getestet wurden.
3. den Schwerpunkt „Kraftwerkseigenbedarfsnetze“, in dem zahlreiche Analysen und Konzeptstudien zur zukünftigen Ausgestaltung dieses Bereiches bei Kraftwerksneubauten durchgeführt werden.
4. Zusammen mit den Professuren Dezentrale Energiesysteme + Speichertechnik sowie Energiewirtschaft werden verstärkt Projekte in den Verteil- und Übertragungsnetzen unter dem speziellen Gesichtspunkt der Einspeisung regenerativer Energie durchgeführt.

4.2. Universitäre Projekte

4.2.1. Virtuelle Kraftwerke mit besonderer Berücksichtigung von erneuerbaren Energiequellen

Georg Gjardy

Die bereits existierenden Elektroenergieversorgungssysteme werden aufgrund von Liberalisierung/Deregulierung, Umwelt- und Ressourcenschonung, dem Streben nach Effizienzsteigerung sowie neuer verfügbarer Technologien zunehmend durch erneuerbare Energiequellen und dezentrale Erzeugungen ergänzt. Neben dem Zubau von weiteren Windenergieanlagen wird zukünftig auch mit einer Vielzahl verteilter kleiner Kraft-Wärme-Kopplungen, Biomasse-Kraftwerke und PV-Anlagen in den Verteilnetzebenen zu rechnen sein.

In kleinerer Anzahl und mit vergleichsweise geringen Leistungen können derartige dezentrale Einspeisungen im Allgemeinen auch ohne größere Probleme in die jeweiligen Netzebenen eingebunden werden. In großer Anzahl und mit immer größeren Einspeiseleistungen sowie zum Teil weit entfernt von den Last- bzw. Verbrauchsschwerpunkten, führen der verstärkte Zubau und eine unkoordinierte Einspeisung, insbesondere der stark fluktuierenden Windenergie, zu einem steigenden Regelleistungsbedarf, zu Netzengpässen und zu weiteren technischen Problemen, die das Netz und seinen sicheren Betrieb gefährden können.

Ein Ziel ist es deshalb, unter Berücksichtigung neuer verfügbarer Technologien, existierender und erweiterter Netzstrukturen, einem angemessenen Einsatz von Kommunikation und verteilter Intelligenz, die Einspeisung aus dezentralen Erzeugungsanlagen, insbesondere von Windenergieanlagen, mit den jeweiligen Charakteristiken trotz Prognoseunsicherheiten planbar und systemgerecht zu gestalten. Im Umfeld der liberalisierten Energiemärkte wird somit aus einer gegenwärtig unkoordinierten Einspeisung eine planbare, fahrplanbasierte Erzeugung, wodurch der Strom aus solchen Erzeugungsanlagen marktfähig wird und der energiewirtschaftliche Nutzen steigt. Dadurch ergeben sich für Anlagenbetreiber Möglichkeiten, über derzeitige Vergütungsmechanismen hinaus, vermarktbare Stromprodukte anzubieten. Dazu wird ein entsprechendes Energiemanagement bzw. der Einsatz von virtuellen Kraftwerken erforderlich. Unterschiedliche Betriebsführungsstrategien bzw. Optimierungsziele können auf diese Weise umgesetzt werden. Durch die Nutzung entsprechender Energiemanagementsysteme können als Ergebnis einer kurzfristigen Einsatzplanung nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten Austauschfahrpläne erstellt werden, die schließlich die Basis für eine marktorientierte Betriebsführung darstellen. Zur optimalen Umsetzung wird zudem eine Koordination von dezentraler Erzeugung mit dem entsprechenden Netzbetreiber notwendig. Dabei sind nicht nur Fahrpläne abzustimmen, sondern zusätzlich Systemdienstleistungen, die auch von dezentralen Erzeugungsanlagen bereitgestellt werden können zu berücksichtigen.

Um trotz Dargebotsabhängigkeit und Prognoseunsicherheiten möglichst viel Strom aus regenerativen Energiequellen gesichert am Strommarkt anbieten zu können, ist ein ausgewogener Energiemix mit möglichst vielen Regelungsmöglichkeiten auf der Erzeuger- und Lastseite sowie der Einsatz von Speichern anzustreben. Auf der Erzeugerseite können hierbei auch Biomasse- bzw. Biogas verwertende KWK-Anlagen bei entsprechend verfügbaren Regelbereichen herangezogen werden.

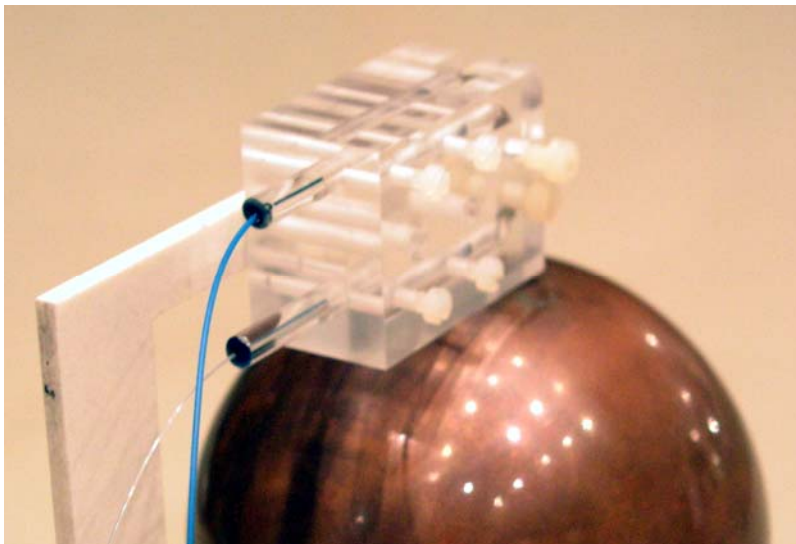
Um auch die Energie aus regenerativen Energiequellen zu nutzen, die nicht gesichert am Strommarkt angeboten oder aufgrund von Leitungsengpässen nicht vollständig einge-

speist werden kann, sind zuschaltbare Lasten vor Ort, wie z. B. Elektrolyse mit nachgelagerter Wasserstoffwirtschaft denkbar. Ein langfristiges Ziel könnte es sein, vorwiegend nur eine gesicherte fahrplanbasierte Einspeisung ins Stromnetz vorzunehmen und den verbleibenden Rest anderen Sekundärenergiemärkten zuzuführen. Letztlich wird es aber von den zukünftigen Rahmenbedingungen abhängig sein, wie virtuelle Kraftwerke betrieben werden, d.h. von welchen Akteuren und mit welchen Optimierungszielen.

4.2.2. Optische Messung von Blitzstoßspannung

Holger Borowiak

Anfang des Jahres fand eine Untersuchung zu den Möglichkeiten der optischen Messung von Stoßspannungen, welche Vorteile bezüglich der galvanischen Entkopplung von Hochspannung und Messspannung sowie Vorteile hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit verspricht, ihren Abschluss. Prinzipbedingt durch einen nichtelektrischen optischen Sensoraufbau können starke elektromagnetische Felder, wie sie bei der Stoßspannungsprüfung von Betriebsmitteln auftreten, nicht das Ergebnis der Messung stören und möglicherweise verfälschen. Zur Messung wird ein Kristallmaterial verwendet, welches den Pockels-Effekt zeigt. Durch eine besondere Geometrie und einen speziellen Aufbau werden Resonanzerscheinungen in diesen Sensorkristallen weitestgehend unterbunden. Das Ergebnis dieser Entwicklung sind spezielle Stacks aus Bismutgermanat (kurz BGO). Im Rahmen der Untersuchung wurden verschiedene Testanordnungen und Laborvarianten von optischen Stoßspannungssensoren auf Basis dieser Stacks entwickelt. Die optische Sensortechnik konnte dabei im Spannungsbereich von -700kV bis 650kV ohne die Hinzunahme eines Spannungsteilers über eine Bandbreite von 10MHz getestet werden. Die Genauigkeit der optischen Messung wurde anschließend durch Vergleiche mit den Messergebnissen eines akkreditierten Stoßspannungsmesssystems ermittelt und bewertet.



Sensormodul aus Acryl, platziert über einer Kugelelektrode

Bei dem optischen Sensor wird auf kompakten Aufbau großen Wert gelegt, so dass sich das entwickelte Sensormodul in verschiedene bereits existierende oder künftige Messumgebungen einfügen ließe.

4.3. Industrieprojekte

4.3.1. Optimierung von Monitoringsystemen

Gunnar Löhning

Das Zustandsmonitoring elektrotechnischer Betriebsmittel hat in den letzten Jahren aus technischen und wirtschaftlichen Gründen eine zunehmende Bedeutung erlangt. Unter Monitoring versteht man dabei eine kontinuierliche Überwachung wichtiger funktions- und lebensdauerbestimmender Parameter der Betriebsmittel, die unabhängig von den vorhandenen Schutzeinrichtungen erfolgt.

Die folgenden typischen Probleme sind beim Einsatz von Monitoringsystemen zu bewältigen:

- Auswahl aussagekräftiger Parameter für die Zustandsbewertung des jeweiligen Betriebsmittels auf der Grundlage von Fehlerstatistiken und Praxiserfahrung,
- Auswahl geeigneter Sensoren und Messstellen,
- gezielte Anwendung von Signalanalyse und Mustererkennung (geeignete Zustandsmodelle und Analysealgorithmen; sinnvolle Grenz- bzw. Sollwerte),
- Verwaltung, Auswertung und Speicherung der enormen Datenflut.

Im Rahmen eines Drittmittelprojektes wurden Kriterien zur Optimierung von Monitoringsystemen für elektrische Komponenten des Kraftwerkseigenbedarfs und für Maschinentransformatoren erarbeitet. Zielstellung war die effektive Nutzung von Monitoringsystemen für die Betriebsführung und die Instandhaltung.

In einem ersten Schritt wurde eine Übersicht der am Markt erhältlichen Monitoringsysteme für Öltransformatoren sowie für Mittel- und Niederspannungsschaltanlagen mit den jeweils angebotenen Funktionalitäten erarbeitet. Darauf aufbauend wurden die für den Kraftwerksbetrieb relevanten Messungen und Meldungen festgelegt und ein Konzept für Übertragung, Speicherung und Bewertung der überwachten Größen erstellt. Diese zweite Projektphase war geprägt durch eine intensive Zusammenarbeit mit der Instandhaltung und den Betriebsingenieuren von Großkraftwerken.

4.3.2. EMV in Kraftwerken

Gunnar Löhning

Die Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) in Kraftwerken ist durch die Vielzahl der auftretenden Störphänomene und die räumliche Ausdehnung und Komplexität der Anlagen besonders kompliziert. So ist es in der Regel kaum möglich, Koppelpfade eindeutig zu identifizieren oder zu beschreiben. Große Kabellängen bieten außerdem Angriffsmöglichkeiten für die Störgrößeneinkopplung.

In einem früheren Projekt wurde eine Technische Richtlinie „EMV in Kraftwerken“ erstellt, welche den gesamten Kraftwerksbereich in EMV-Schutzzonen (Bereiche mit gleichen elektromagnetischen Umgebungsbedingungen) gliedert und Grenzwerte für die Störfestigkeit bzw. Störaussendung der Betriebsmittel in den einzelnen Zonen vorgibt. Diese Richtlinie wurde nun aktualisiert und in ein EMV-Konzept für Kraftwerke überführt. Dabei wurden die folgenden Arbeitsetappen durchlaufen:

- Recherche zum aktuellen Stand der EMV-Normung (DIN),

- Recherche zu aktuellen Empfehlungen und technischen Richtlinien zur EMV in Kraftwerken (VGB PowerTech e.V. und VDEW),
- Einarbeiten erforderlicher Änderungen und Ergänzungen,
- Überführung der Richtlinie in ein EMV-Konzept unter Berücksichtigung weiterer EMV-Grundmaßnahmen (Massung/Erdung, Potentialausgleich, Filterung, EVM-gerechte Verkabelung und Leitungsführung, Schirmung).

4.3.3. Kleiner Feldversuch eines optischen Spannungswandlers

Maik Honscha, Alexander Feige

Bei den optischen Spannungswandlern handelt es sich um neuartige elektrische Betriebsmittel, die zukünftig in den Hochspannungsnetzen zur Messung hoher Spannungen eingesetzt werden sollen. Gegenüber den konventionellen Spannungswandlern besitzen sie den entscheidenden Vorteil, dass sich zwischen der Hochspannung und der Sekundärtechnik nur Lichtwellenleiter befinden.

Um praktische Ergebnisse im Vorfeld des öffentlichen Feldversuches zu erzielen, wurde an der Hochspannungshalle in Cottbus ein kleiner Feldversuch gestartet. Die hierbei gesammelten Erfahrungen sollten dem großen Feldversuch im Umspannwerk Guben (enviaM) und dem Umspannwerk in Nova Sol (Enea) auf der 110 kV Ebene dienen.

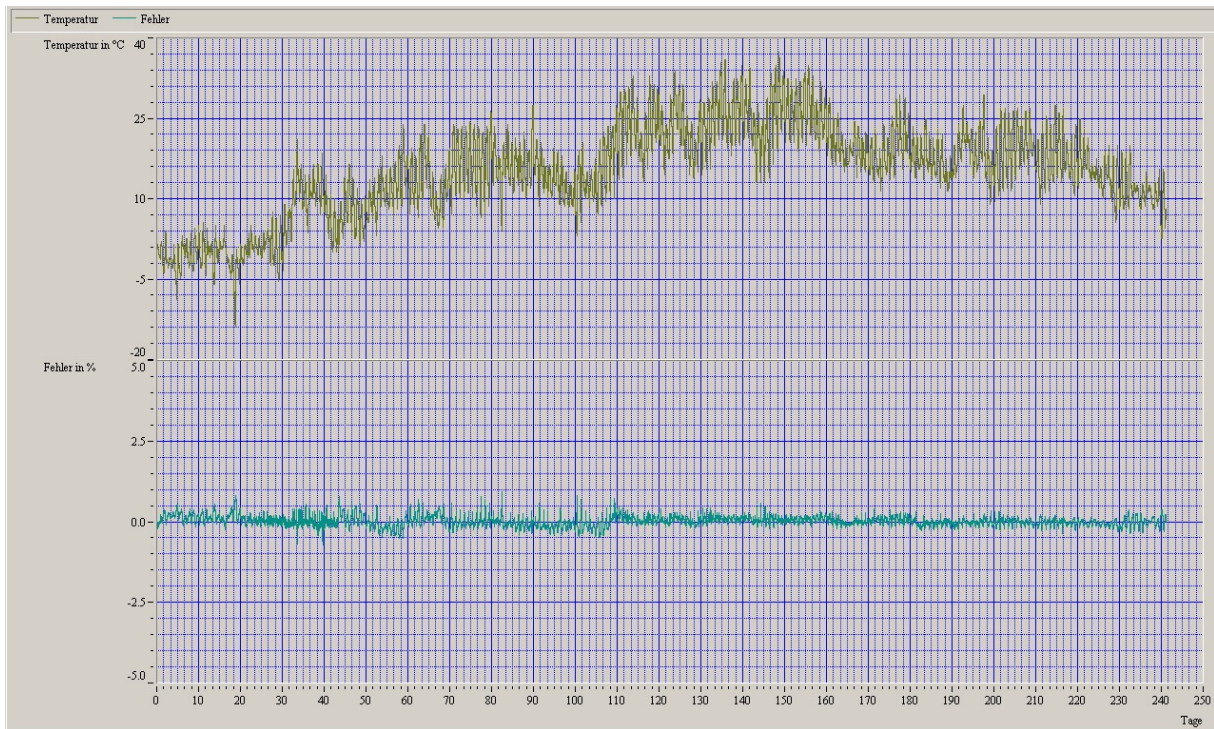
Der kleine Feldversuch an der Hochspannungshalle wurde am 22 Februar 2006 gestartet. Dafür wurde ein abgezauntes Hochspannungsfeld im Freien aufgebaut. Es wurde ein rückwärts eingekoppelter Spannungswandler für die Erzeugung der Hochspannung eingesetzt. Die dort gewonnene Hochspannung ist mit dem optischen Spannungswandler und dem Referenzwandler verbunden (s. Abbildung 1).



Aufbau des Feldversuches

Die Hochspannung für den optischen Spannungswandler wurde auf das 1,2 fache der Nennspannung ($U_{LL} = 130 \text{ kV}$) erhöht um die Isolationsfestigkeit über den Versuchszeitraum nachzuweisen.

Die im Feldversuch gewonnenen Messdaten, wie Effektivwerte, Phasenfehler, Temperatur und Drucküberwachung wurden durch einen Messrechner erfasst und abgespeichert. Die Auswertung der Messdaten erfolgt am Lehrstuhl EVH.



Temperaturverhalten

In der Abbildung 2 ist das Temperaturverhalten des optischen Spannungswandler dargestellt. Der Versuchszeitraum beträgt mittlerweile über 245 Tage. Dabei war ein Temperaturbereich von $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ und ein Fehler von $\pm 0,5\text{ }%$ aufgetreten.

Somit sind die Voraussetzungen für den Feldtest der optischen Wandler in den Energieversorgungsnetzen, in Bezug auf Hochspannungsfestigkeit, Temperaturstabilität und Druckfestigkeit erfüllt.

4.3.4. Einsatz von resistiven HTSL-Strombegrenzern im Eigenbedarf von Vattenfall-Neubaukraftwerken

Klaus Pfeiffer

Nach Abschluss der Grundlagenuntersuchungen über den Einsatz von resistiven HTSL-Strombegrenzern (siehe Jahresbericht 2004 – 2005, Abschnitt 4.3.2) wurden die Arbeiten mit dem Ziel, einen Prototypen in einem Vattenfall-Kraftwerk in einem Feldversuch zu erproben, fortgesetzt.

Unter federführender Leitung von Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG wird der Einsatz vom potentiellen Hersteller, von Vattenfall PowerConsult sowie vom Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik vorbereitet.

Es wurde vereinbart, die Erprobung in der Einspeisung einer 10-kV-Unterverteilung des Eigenbedarfsnetzes eines bestehenden 800-MW-Kraftwerksblockes durchzuführen.

Die technische Konzeption wurde vom Lehrstuhl ausgearbeitet. Sie enthält u.a. folgende Punkte:

- Einordnung in den Kraftwerkseigenbedarf
- Maximale unbegrenzte Kurzschlussströme
- Anforderungen an HTSL-Strombegrenzer
- Parameter für HTSL-Strombegrenzer
- Aufstellungsort und Anschluss
- Schutzstaffelplan für Feldversuch

4.3.5. Optimierung des elektrischen Eigenbedarfes und von Kabelanlagen

Stefan Fenske, Klaus Pfeiffer

Die im Jahresbericht 2004 – 2005 Abschnitt 4.3.4 genannten Auslegungsberechnungen wurden im Auftrag von Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG für ein Vattenfall-Neubaukraftwerk fortgesetzt.

Nach Abschluss und Bestätigung der Betriebsmittellisten, die gemeinsam mit Vattenfall PowerConsult erarbeitet wurden, konnten die Kurzschlussströme in den Spannungsebenen 10 kV, 690 V und 400 V berechnet werden. Dazu stand die Software PowerFactory von DigSILENT zur Verfügung.

Die Betriebsmittellisten enthalten ebenfalls die Kabelimpedanzen. Für Kabelsysteme, bestehend aus mehreren Drehstromsystemen und mehreren PEN-Leitern wurden die symmetrischen Impedanzen mit einer speziellen Software ermittelt.

Die Ermittlung der maximalen und minimalen Kurzschlussströme erfolgte für mehrere Schaltzustände. So wurden die maximalen Kurzschlussströme auch mit Kupplung von 10-kV-Hauptverteilungen zu einem Nachbarblock berechnet.

Bei der Ermittlung der minimalen Kurzschlussströme wurde die Speisung aus dem Übertragungsnetz, der Inselbetrieb sowie die Speisung aus einem 110-kV-Netz berücksichtigt.

In die Optimierung der Niederspannungskabel wurden zusätzlich zu den in Normen enthaltenen Auswahlkriterien die Abnehmercharakteristiken, Schaltgerätearten und Selektivitätsanforderungen einbezogen. Als Vorstufe werden die Kabelgrenzlängen für die Kriterien Abschaltbedingung, Spannungsfall im Normalbetrieb und bei Motoranlauf ermittelt.

Die Optimierung kann erst im Planungsstadium abgeschlossen werden.

4.3.6. Untersuchung des Einflusses der zunehmenden dezentralen Erzeugung auf die Netzverluste eines Verteilnetzbetreibers

Milthon Serna-Silva, Klaus Pfeiffer

Die zunehmende dezentrale Einspeisung wirkt sich entscheidend auf die Lastflüsse in allen Netzebenen aus. Insbesondere im 110-kV-Hochspannungsnetz, aber auch im Mittelspannungsnetz kann es inzwischen bei bestimmten Last- und Einspeiseverhältnissen (hohe Einspeisung aus Windenergieanlagen bei gleichzeitiger geringer Last im Netz) zur Lastflussumkehr kommen, was eine Rückspeisung in das vorgelagerte Netz bedeutet.

Des Weiteren sind durch die dezentrale Windenergieeinspeisung Auswirkungen hinsichtlich einer Erhöhung der Netzverluste zu erwarten.

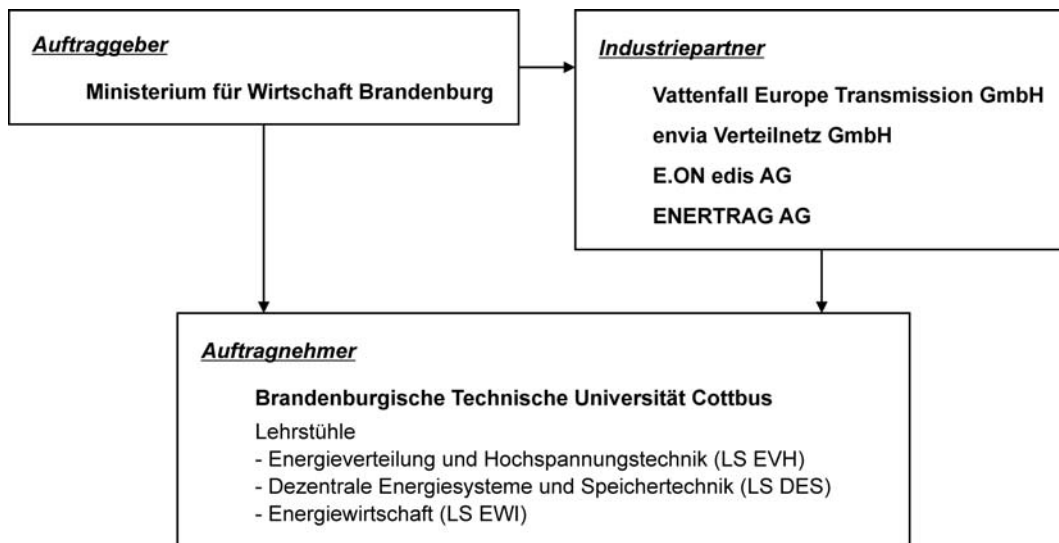
Für die diesbezüglich notwendigen Untersuchungen werden typische Netzkonfigurationen mit einem hohen Anteil an Windparkeinspeisungen großer Bemessungsleistung betrachtet, um daraus allgemeingültige Ersatznetze abzuleiten. Damit reale Einspeise- / Lastsituationen simuliert werden können, ist die Einbeziehung von tatsächlich gemessenen Einspeise- bzw. Lastgängen beabsichtigt. Die Untersuchungen sollen für mehrere zurückliegende Zeiträume, für die eine Datenbasis von Einspeise- und Lastgängen verfügbar ist, durchgeführt werden, um den Einfluss der Zunahme von dezentraler Windenergieeinspeisung auf die Netzverluste aufzeigen zu können. Anhand von Prognosen für die Last- und Einspeiseentwicklung soll ein Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Netzverluste gegeben werden.

Die erforderlichen Netzberechnungen werden mit dem Programm ELEKTRA durchgeführt, welches für die Einbeziehung von Einspeise- und Lastganglinien geeignet ist.

Der Abschluss des Projektes ist für März 2007 vorgesehen.

4.3.7. Netzintegration der erneuerbaren Energien im Land Brandenburg *Projektgruppe BTU Cottbus*

Die Liberalisierung der Energiemärkte, die sich weiter entwickelnden Regulierungsmaßnahmen und die Förderung Erneuerbarer Energien stellen die Elektroenergieversorgung künftig vor große Herausforderungen, die auch strukturelle Veränderungen nach sich ziehen können. Im Land Brandenburg ist die installierte Leistung von Windenergieanlagen bereits so groß, dass Situationen der Netzinstabilität zu erwarten sind. Das Ministerium für Wirtschaft Brandenburg hat deshalb an die BTU Cottbus eine Studie zur Netzintegration Erneuerbarer Energien im Land Brandenburg vergeben. Auftraggeber und Industriepartner sind aus nachfolgendem Bild ersichtlich.

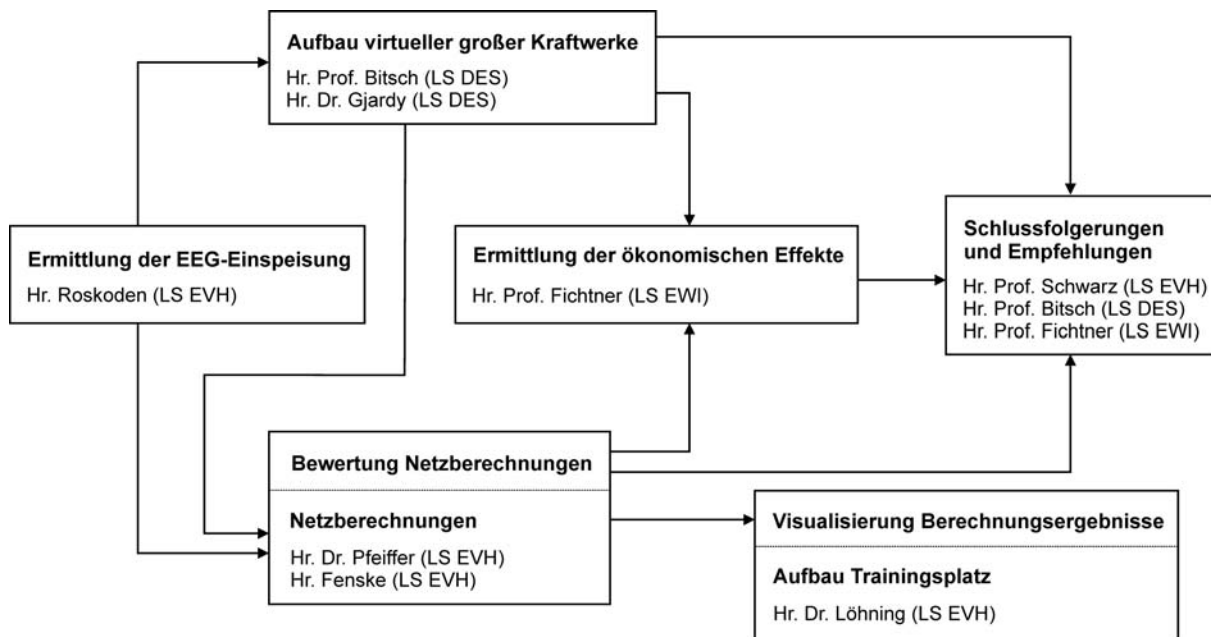


Projektstruktur

Es sind die technisch-ökonomisch günstigsten Lösungen der Netzintegration bei Gewährleistung eines zuverlässigen und stabilen Netzbetriebes auszuarbeiten. Dabei ist der weitere Zuwachs der Windenergieeinspeisung zu berücksichtigen. Die Arbeiten konzentrieren sich zu Beginn der Studie auf die Ermittlung der EEG-Einspeisungen (Leistungen, Einspeiseorte). Es soll dann der Zusammenschluss mehrerer EEG-Erzeugungsanlagen zu virtuellen Kraftwerken untersucht werden. Die Zielstellungen hierbei sind zum Einen ein Erzeugungsmanagement zur Netzsicherheit bzw. Ausbauoptimierung aus der Sicht der Netzbetreiber, zum Anderen eine marktorientierte, eigenverantwortliche Einspeisung aus der Sicht von IPP.

Konkrete Lastflussberechnungen in den Übertragungs- und Verteilnetzen sind unabdingbare Voraussetzungen für sichere Aussagen. Eine Visualisierung der Lastflussberechnungen soll die Tragweite kritischer Situationen für den Netzbetrieb anschaulich verdeutlichen. Hierfür wird ein von der Firma PSI AG zur Verfügung gestelltes Simulationssystem, welches den Belastungszustand von Leitungen farblich widerspiegelt, an die im Projekt untersuchten Netze entsprechend angepasst.

Weitere Schwerpunktaufgaben und die zuständigen Mitarbeiter sind im folgenden Bild angegeben.



BTU-Projektgruppe

4.3.8. Auswahl einer Hochspannungskabelverbindung zwischen einem Transformator und einem Klystron für den XFEL-Laser der DESY, Zeuthen

Lothar Kleinod, Dirk Lehmann

Zur Vermeidung langer Reparaturpausen an den Elektronenbeschleunigern für den geplanten XFEL-Laser wird von der DESY Zeuthen entgegen der bisherigen Kompaktbauweise die Trennung der Transformator-Klystron-Einheiten angestrebt. Die vorgesehenen 40 Transformatoren und Klystron sollen dabei jeweils in, mit Isolieröl gefüllte, Kessel eingebaut werden. Um die gepulste Gleichspannung $\hat{U}=130\text{kV}$, $\hat{I} = 150\text{A}$ zwischen Transformator und Klystron zu übertragen sind Hochspannungskabelverbindungen für den dauerhaften Einsatz zu untersuchen. Neben den elektrischen Anforderungen sollen die Kabelverbindungen schnell trennbar und einfach zu handhaben sein.

Untersuchung einer Hochspannungssteckverbindung für medizinische Geräte (2005)

In praktischen Versuchen wurden im Jahr 2005 an einer Kabelverbindung Stromerwärmungsversuche und Dauerbelastungstests mit gepulster Gleichspannung durchgeführt.

In der BTU Cottbus wurden dazu Prüfkessel zur Nachbildung von Klystron- und Transformator-kessel hergestellt. Die Kabelverbindung bestand aus fabrikfertigen Serienprodukten zur Hochspannungsversorgung medizinischer Geräte. Die gepulste Gleichspannung wurde mit einem Hochspannungsprüftransformator mit nach geschaltetem Einweggleichrichter gewonnen (siehe nachfolgende Abbildung).



Prüfaufbau gepulste Gleichspannung

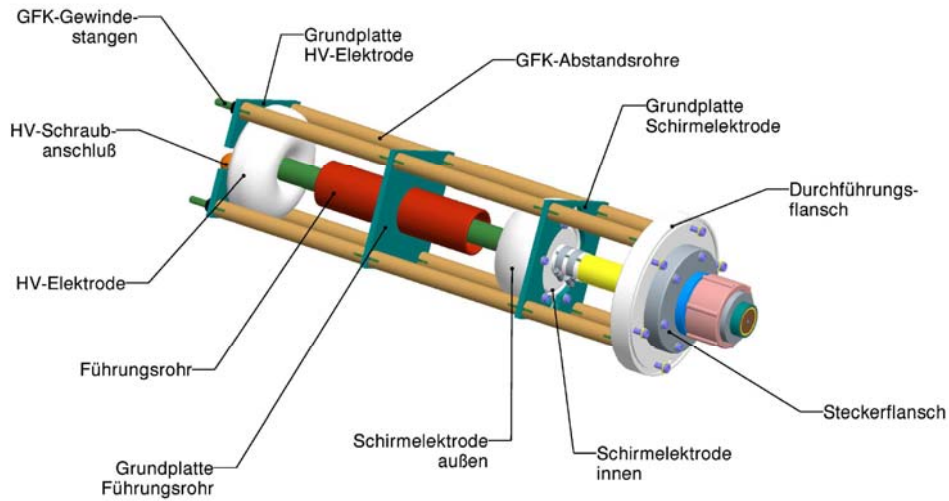
Die getestete Kabelverbindung erwies sich aufgrund teilentladungskritischer Zonen des Kontaktsystems, der unzureichenden Strombelastbarkeit und einer undefinierten Einstellung des Verriegelungssystems als nicht geeignet.

Eigenbaulösung eines amerikanischen Kernforschungszentrums (2006)

Auf der Suche nach geeigneteren Verbindungssystemen wurden die Untersuchungen auf Eigenbaulösungen eines amerikanischen Kernforschungszentrums, zu dem der Auftraggeber langjähriger Kontakte pflegt, ausgeweitet (siehe nachfolgende Abbildung). Dazu wurde zwischen der DESY Zeuthen und der BTU Cottbus ein Kooperationsvertrag mit folgenden Arbeitsschwerpunkten abgestimmt:

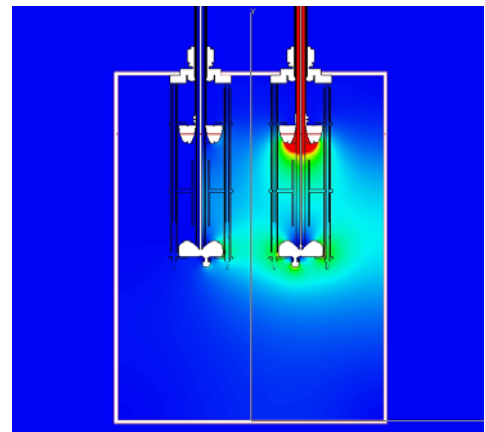
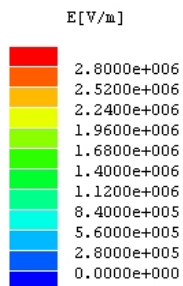
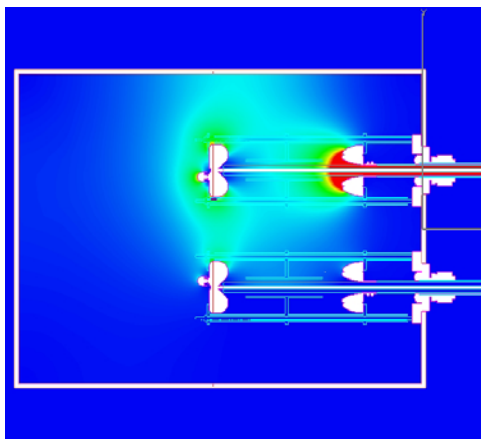
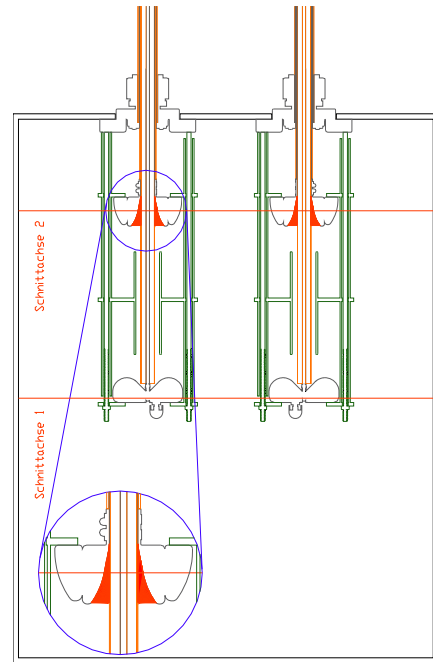
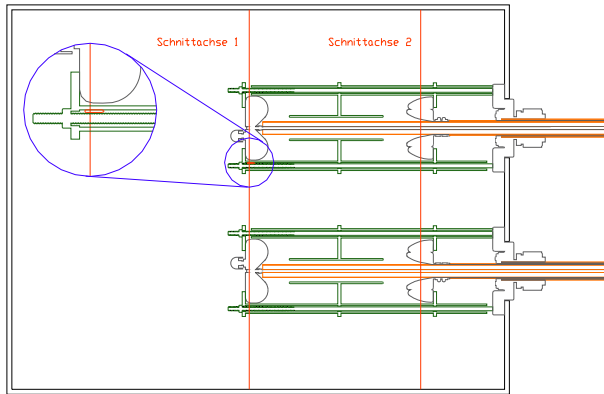
- Erstellung geometrischer Modelle
- Berechnung der elektrischen Feldverteilungen und Lokalisierung kritischer Feldstärken
- Bewertung und Begutachtung der elektrischen Feldverteilungen
- Ableitung von Einbauvorschriften für eine etwaige Nutzung

Anhand von elektrischen Feldberechnungen wurde die Kabelverbindung auf den Einsatzfall bei der DESY, Zeuthen untersucht. Die Kabelverbindung bestand aus einem offenen Kontaktsystem mit Steuerelektroden zum Einbau in ölfüllte Kessel.



Eigenbaulösung eines amerikanischen Kernforschungszentrums

Bedingt durch die Bauform des Kontaktsystems sind bei unterschiedlichen Einbaulagen Lufteinschlüsse nicht auszuschließen (siehe nachfolgende Abbildung). Bei der Untersuchung zeigte sich, dass an den Grenzschichten zum Isolieröl durch die Lufteinschlüsse Feldstärkeerhöhungen auftreten, die zu Teilentladungen im Öl führen würden.

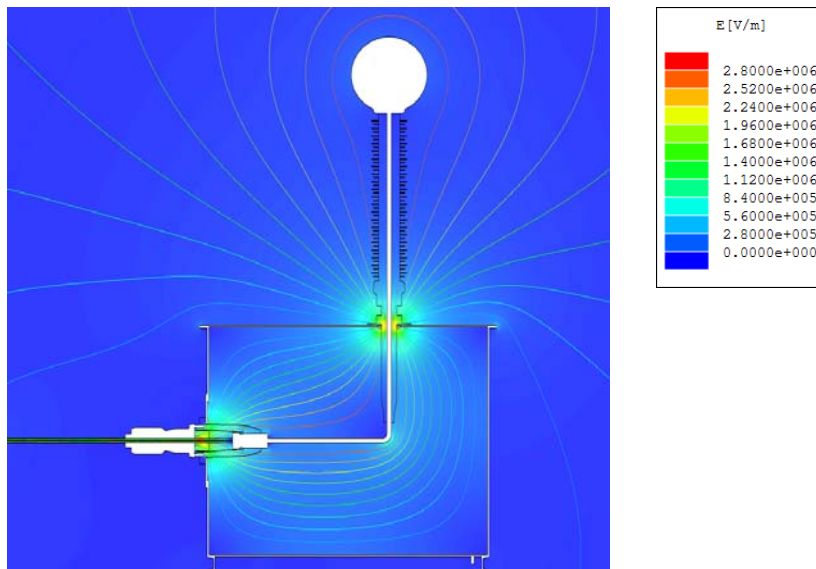


Untersuchte Einbautagen der Eigenbaulösung eines amerikanischen Kernforschungszentrums mit Feldbildern

Mechanisch erwies sich das Kontaktsystem ebenfalls als ungeeignet, da zum Wechseln des Kabels das Isolieröl abgelassen werden muss und durch die fehlende Kontaktführung ein sicheres Positionieren des Steckkontaktes nicht möglich ist.

Hochspannungssteckersystem der Energieübertragungstechnik (2006)

Gegenwärtig werden zwei industriell hergestellte Steckverbindungen aus der Energieübertragungstechnik unterschiedlicher Konstruktion und Baugröße für den Einsatz bei der DESY, Zeuthen untersucht. Die Feldberechnungen (siehe nachfolgende Abbildung) für diese Steckverbindungen zeigten, dass bei beiden Baugrößen ebenfalls durch Luft einschüsse verursachte Feldstärkeüberhöhungen auftreten, die in den angrenzenden Feststoffisolationen Teilentladungen hervorrufen können.



Elektrische Feldstärkeverteilung an der vertikalen Schnittebene durch den gesamten Kessel

Durch den Einbau von Steuerelektroden könnte die elektrische Feldstärke reduziert werden. Hierzu sind Absprachen mit dem Hersteller der Verbindung erforderlich. Beide Steckverbindungen sollen in der BTU-Cottbus Dauertests mit gepulster Gleichspannung unterzogen werden. In bestimmten Zeitabständen sind Messungen der Teilentladungspegel vorgesehen.

4.3.9. Projekt: „Netzintegration der erneuerbaren Energien im Land Brandenburg“ Teilprojekt „Ermittlung der EEG-Einspeisung“

Lars Roskoden (CEBra) – Projektgruppe BTU Cottbus

Die Ermittlung der elektrischen Einspeisungen regenerativer Erzeugungsanlagen auf Grundlage des „Erneuerbare Energien Gesetz – EEG“ teilt sich zunächst in eine Analyse des IST-Standes für das Jahr 2005 (2006) und die Erstellung von Prognosen dieser Einspeisearten für die Jahre 2010, 2015 sowie 2020 auf.

Hinsichtlich der Erstellung des IST-Standes ist eine Unterscheidung von „elektrischer“ und „räumlicher“ Erfassung notwendig. Der „elektrische“ IST-Stand beinhaltet vor allem die Zuordnung von Art (Windenergie, Biomasse, Photovoltaik und Wasserkraft) und Größe (elektrische Leistung) der regenerativen Anlagen zu den einzelnen Einspeisepunkten (Umspannwerke) der jeweiligen Netze. Das ist Voraussetzung für die Lastflussberechnungen in den Übertragungs- und Verteilnetzen.

Der „räumliche“ IST-Stand hingegen wird einerseits für das Teilprojekt „Aufbau virtueller großer Kraftwerke“ benötigt. Andererseits braucht man für die Prognosen des zukünftigen Ausbaus eine genaue Analyse der Standorte heutiger Anlagen, um Aussagen über die im Land Brandenburg potentiell vorhandenen Gebiete (Flächen) für den weiteren

Ausbau treffen zu können. Vor allem im Bereich der Windkraft ist dies von Belang, da hier bisher die mit Abstand größten installierten Leistungen zu verzeichnen sind (siehe Tabelle unten).

Für die Prognose der zukünftigen Einspeiseleistungen werden ausgehend vom IST-Stand verschiedene Szenarien betrachtet, um später an Hand der sich dann abzeichnenden Rahmenbedingungen entsprechend netztechnisch reagieren zu können.

Zahlen in MW	WKA	BM	PV	WAKA
envia	538,9	26,6	3,6	2,5
edis	1.813,1	158,4	9,2	1,1
WEMAG	79,5	2,5	0,9	0
VE-T	456,1	-	-	-
Summe	2.887,6	187,5	13,7	3,6

Installierte Leistungen regenerativer Anlagen im Land Brandenburg aufgeteilt nach Art und Netzbetreiber

5. Prüf- und Messeinrichtungen

5.1. Räumlichkeiten

Die große Hochspannungshalle besitzt Achsmaße von 30 x 24 x 15 m (LxBxH). Die Zufahrt erfolgt über ein Tor 4,0 x 4,2 m (BxH), wobei die Torschwelle für eine Achslast von 15 t ausgelegt ist. In der Halle beträgt die zulässige Flächenpressung 10 t/m². Lasten bis 8 t können über den Hallenkran bewegt werden, darüber steht bis 20 t eine Luftkissenanlage zur Verfügung. Die Halle weist eine Vollschringung mit einer Dämpfung von ca. 100 dB im Bereich 10 kHz bis 1 GHz auf.

Als Nebenräume existieren:

kleine Hochspannungshalle mit 4 Versuchsständen;

Optik-Labor;

Elektronik-Labor;

EMV-Labor;

Klimakammer;

Wandler-Labor;

Netzanalyse-Labor

5.2. Wechselspannungsprüftechnik

1 phasig

3 Plätze 350 kV, 175 kVA bzw.

1 Platz 350/700/1000 kV; 400/400/250 kVA

alternative Speisung über Maschinenumrichter 10 - 100 Hz

1 Platz 100 kV, 20 kVA

2 Plätze 100 kV, 5 kVA

3 phasig

1 Platz 600 kV, 525 kVA

5.3. Wechselspannungsmesstechnik

3 Messteiler, kapazitiv a 350 kV, kaskadierbar mit 1000 kV Kopfelektrode

3 Messteiler, kapazitiv a 100 kV

9 Messteiler, ohmsch-kapazitiv a 50 kV, kaskadierbar und freilufttauglich für Vor-Ort-Messungen

2 Kugelfunkenstrecken 500 mm bzw. 250 mm

1 TE-Messplatz mit Sperrdrossel bis 700 kV

1 TE-Messplatz mit Sperrdrossel bis 100 kV

1 Druckgaskondensator, 400 kV, 100 pF

1 Druckgaskondensator, 100 kV, 100 pF

diverse C, tan δ - Messbrücken 1 induktiver Normalspannungswandler 110/60 kV, 200 ppm

diverse Scheitelwert- bzw. True-RMS Messgeräte

5.4. Wechselstrommess- und prüftechnik

1 Hochstromanlage 10 kA DB, 40 V
1 Hochstromanlage 1 kA DB, 5 V
1 Messstromwandler 10 kA CL 0,5
1 Normalstromwandler 6 kA, 50 ppm
diverse Stromzangenwandler bzw. Shunts

5.5. Gleichspannungsmess- und prüftechnik

1 Gleichspannungsanlage 1600 kV, 10 mA mit 1000 Hz Erregermaschine
1 Gleichspannungsanlage 400 kV, 20 mA
1 Gleichspannungsanlage 140 kV, 15 mA
4 Messteiler ohmsch a 500 kV kaskadierbar mit 2000 kV Kopfelektrode
1 Messteiler ohmsch a 400 kV
2 Messteiler ohmsch a 140 kV

5.6. Stoßspannungsmess- und prüftechnik

Stoßanlage 1800 kV-BIL bzw. 1400 kV-SIL, 90 kJ
aufrüstbar auf 2400 kV, 120 kJ

Stoßanlage 200 kV, 2,5 kJ
aufrüstbar auf 1000 kV, 25 kJ

3 Stoßteiler ohmsch-kapazitiv a 600 kV, kaskadierbar mit Kopfelektrode 1800 kV-BIL, 1400 kV-SIL
2 Stoßteiler ohmsch-kapazitiv a 200 kV
1 Stoßteiler ohmsch 1200 kV
diverse Scheitelspannungsmessgeräte
1 Platz mit digitalem Stoßspannungsauswertesystem
9 Stoßspannungsteiler für Vor-Ort-Messungen, 200 kV-BIL, 50 KV-AC
Die Stoßspannungsanlage kann zur Stoßstromanlage umgerüstet werden und erzeugt dann 25 kA (8/20 (µs) bzw. 50 kA (4/10 (µs)).

5.7. Klimakammer

Innenabmessungen 7x5x7,95 m (LxBxH)
Tor 2x7 m (BxH)
Personenschleuse
Temperaturbereich -50 ... +80°C
Feuchte 10 ... 95 %
Belastbarkeit 5 t statisch plus 50 kN dynamisch
Durchführungen 350 kV AC, 1050 kV-BIL, 10 kA AC
Sprühwasser-Vereisungsanlage

5.8. Optik-Labor

2 optische Tische mit Schwingungs-Dämpfungssystem
diverse Justage- und Montageeinrichtungen
Lichtquellen, Empfänger, optisches Multimeter, Spektrometer, Mikroskop, 30 L-
Temperaturtruhe (-40° ... +180°C)
Polarisationsmessgeräte sowie diverse Polarisatoren

5.9. Elektronik-Labor

Leiterplattenentwurfssystem;
Funktionsgeneratoren;
6,5 bzw. 7,5 stellige Digitalmultimeter;
Speicheroszilloskope bis 8 GS/s und 8 Mbyte;
Entwicklungsplattform für S7-Steuerungen

5.10. EMV-Labor

1 Absorberkammer 7x4x4 m (3 m - Messstrecke) für Prüflinge bis 1x1x2 m (LxBxH);
Streifenleiter-Prüfanlage 24x6x6 m für Lokomotiven, Züge, Busse, Lkw;
Streifenleiter-Prüfanlage 10x7x8 m für Pkw, etc.;
1 GTEM-Zelle
2 Antennen 9 kHz ... 30 MHz;
2 Antennen 30 MHz ... 3 GHz;
Leistungsverstärker bis 100 W;
Feldmesssonden DC, 16 2/3, 50 Hz und bis 1 GHz;
Burstgenerator;
Surgegenerator;
ESD-Generator;
Netzunterbruchsimulator
diverse Einkoppelzangen
1 optische Übertragungsstrecke, 1 kHz – 1 GHz (50 m LWL)

5.11. Schutztechnik-Labor

Für das Fach „Schutz von Energieübertragungsnetzen“ wurde bereits 2002 ein Labor aufgebaut, das zur Vertiefung der Kenntnisse der Studenten in diesem Fach dient. Der Erwerb der verschiedenen Schutzrelais wurde u.a. über eine Förderung durch den VDE-Bezirksverein Lausitz e.V. möglich. Die Versuche an den Schutzrelais werden mit Seminaren zur Untersetzung des Vorlesungsinhaltes und mit Rechenübungen vorbereitet.



Schutztechniklabor

Folgende Inhalte werden behandelt:

Verschiedene Schutzprinzipien mit Beispielen

Anwendung von ATP (alternativ transient program)

Arbeit mit dem Omicron-System

Überstromzeitschutz	PM481	ALSTOM
Trafodifferentialschutz	PQ 721	ALSTOM
Leitungsdifferentialschutz	7SD610	SIEMENS
Trafodifferentialschutz	7UT612	SIEMENS
Distanzschutz	7SA610	SIEMENS
Multifunktionsschutz	7SJ631	SIEMENS,
Einbindung der Schutzrelais in ein Netzmodell		
Fernbedienung der Schutzrelais		

5.12. Wandlermessplatz

1 kap. Normalspannungswandler 400 kV, 200 ppm;
1 ind. Normalspannungswandler 110/60 kV, 200 ppm;
1 Normalstromwandler 6 kA, 50 ppm;
1 Wandlermessbrücke auch mit Schnittstellen für nichtkonventionelle Wandler nach IEC-Entwürfen;
1 Spannungsbürde, elektronisch;
1 Strombürde, mechanisch

5.13. Netzanalyse-Labor

Oszilloskope und Transientenrekorder bis 8 GS/s bzw. 8 MByte;
2 Analysesysteme 16 Kanal für Netzgrößen, Oberschwingungen, Flicker, Transiente mit optischer Übertragung zur Synchrontriggerung;
1 Relais-Prüfsystem zum Test aller gängigen Schutzrelais incl. Vektorsprungrelais sowie der Generierung von Echtzeitsignalen aus EMTP-Berechnungen;
diverse Tastköpfe und Shunts;
9 gedämpft-kapazitiver Hochspannungsteiler (freilufttauglich und kaskadierbar) mit 50 kV AC / 200 kV BIL

5.14. Software

ABB-Calpos – Lastfluss, Kurzschluss; Oberschwingungen, dyn. Simulation, Distanzschutz und Selektivität, Kabeldimensionierung, Erdung

Sincal – Lastflussberechnung, Kurzschlussberechnung

ATP-EMTP - transiente Ausgleichsvorgänge

Feldberechnung **Opera 2 D, 3 D, Quickfield, CST Microwave Studio**

Microsim / Orcad Pspice Simulation elektronischer Schaltungen, Leiterplattenlayout

diverse Software Pakete (z.B. **AutoCAD, MathLab, Maple** etc.)

6. Projektpartner und Arbeitskontakte

Die Darstellung der Projektpartner und Arbeitskontakte im Berichtszeitraum erfolgt in alphabetischer Reihenfolge und ist kein Maß für die Intensität der Kontakte.

LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

ABB	Cottbus
ALSTOM – Transformatoren	Mönchengladbach
Bombardier	Hennigsdorf
Deutsche Bahn AG	München
Deutsche Eisenbahn Consulting	Cottbus
EDIS	Fürstenwald
ENVIA-M	Halle
HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH	Dresden
Ritz Messwandler	Hamburg, Ludwigslust
Siemens PTD	Erlangen, Berlin, Frankfurt
Siemens TS	Erlangen
Stadtwerke Cottbus	Cottbus
Vattenfall Europe Generation	Berlin
Vattenfall Europe Transmission	Berlin
Wehrwissenschaftliche Erprobungsstelle der Bundeswehr	Münster

7. Publikationen

7.1. Veröffentlichungen

Löhning, G.; Schwarz, H.: *Ein Verfahren zur Messung impulsförmiger elektromagnetischer Störfelder auf Schienenfahrzeugen*. In: EMV 2006, Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit. Berlin u. Offenbach: VDE Verlag GmbH 2006, S. 421-428

Borowiak, H.: *Ein Beitrag zur technischen Realisierung eines optischen Stoßspannungsmesssystems*. Dissertation, BTU-Cottbus 2006

Borowiak, H.: *A Contribution to the Technical Realisation of Optical Impulse-Voltage Measurement Systems*. Tagungsband, 13th Workshop on High Voltage Engineering, September 11th to 15th 2006, Soellerhaus / Kleinwalsertal

Schwarz, H., Honscha, M., Feige A.: *Optical Voltage Transformers – Types and Development Trends* „WSEAS Transactions on Power Systems“ Issue 1, Volume 1, January 2006, p. 157-164, ISSN 1790-5079

Bitsch R., Gjardy G. und Woldt T.: *Aspects of large scale RES/DG integration in existing energy supply systems - considering as example the situation in Germany*, International Journal of Distributed Energy Resources, Volume 2 Number 1, ISSN 1614-7138, January - March 2006; S. 59-81

Gjardy G.: *Beitrag zur zukünftigen marktorientierten Betriebsführung und Systemintegration großflächig verteilter dezentraler Erzeugungen mit besonderer Berücksichtigung der Windenergie*, Dissertation BTU Cottbus, Shaker Verlag 2006

Schlebusch V., Wolff M., Nestle D., Gjardy G., Borchard T., Bukvic-Schäfer A.S., Erge T., Klobasa M. und Hollmann M.: *Energiemanagement in Verteilnetzen mit hohem Anteil an dezentralen Erzeugungsanlagen in Elftes Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik "Informations- und Kommunikationstechnologien für die Energieversorgungstechnik von morgen"* Tagungsband, 9.-10. November 2006

Woldt T., Gjardy G., Hildebrandt S., Grünewald H., Stock O. und Schneider B.: *Systemintegration dezentraler Energiewandlungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung regenerativer Energieträger* in Forum der Forschung 19/2006: BTU Cottbus

Pfeiffer, K.; Schwarz, H.: *Application of Resistive High Temperature Superconducting Fault Current Limiters in Power-Station Service Plant*. Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Power Systems, Lisbon, Portugal, September 22-24, 2006

Pfeiffer, K., Schwarz, H.: *Fault Current Limitation in Grids of Power Plants using Resistive HTS Current Limiter*. WSEAS Transactions on Power Systems, Issue 8, Volume 1, August 2006, p. 1588 - 1595

Schwarz, H.; Pfeiffer, K.; Roskoden, L.: *Integration of Renewable Energies to the East German Grid. Actual Problems and Possible Solutions*. Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Power Systems, Lisbon, Portugal, September 22-24, 2006

Serna-Silva, M.; Schwarz, H.; Pfeiffer, K.: *Application of the East German Grid Experience in Renewable Energies Integration into the Brazilian Energy System*. Forum der Forschung, Wissenschaftsmagazin der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, Heft 19, Dezember 2006

7.2. Vorträge

Löhning, G.: *Ein Verfahren zur Messung impulsförmiger elektromagnetischer Störfelder auf Schienenfahrzeugen*. Vortrag auf der EMV 2006, Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit.

Borowiak, H.: *Schutz und Leittechnik*. Seminarreihe für Mitglieder des VDE Bezirksvereins Lausitz e.V., April bis Juli 2006, BTU Cottbus

Borowiak, H.: *A Contribution to the Technical Realisation of Optical Impulse-Voltage Measurement Systems*. 13th Workshop on High Voltage Engineering, September 11th to 15th 2006, Soellerhaus / Kleinwalsertal

Feige A, Honscha, M.: Veröffentlichung der Arbeiten und Ergebnisse des Projektes „*Unterstützung der Markteinführung neuartiger Strom- und Spannungswandler auf dem deutschen und polnischen Markt*“

Im Einzelnen:

- Teilnahme an der Startveranstaltung zur Initiative „Sachen machen“ des Vereins deutscher Ingenieure (VDI) in Düsseldorf 02.02.2006
- Ausstellung des Prototypen eines optischen Spannungswandlers innerhalb der Veranstaltung „Europäische Wissensräume“ am 30.05.2006
- Ausstellung „Technologie optischer Wandler“ zum alljährlichen „Energietag Brandenburg“ in Cottbus am 06.09.2006
- Öffentlicher Auftritt in Schwedt zum 3. Brandenburgischen Kraftwerks-Forum am 07. 11.2006 in den Uckermärkischen Bühnen
- Unternehmertreffen des Mittelstandes der Lausitzregion in der Hochspannungshalle LSEVH in Cottbus am 23.11.2006
- Dauerausstellung im IKMZ Cottbus, Startbeginn 24.11.2006

Gjardy G. und Bitsch R.: *Marktorientierte Betriebsführung großflächig verteilter dezentraler Erzeugungen in VWEW-Fachtagung "Smart Grids - der Beitrag virtueller Kraftwerke zur nachhaltigen Energieversorgung*, 07. und 08. Juni 2006, Fulda

Pfeiffer, K.: *Einsatz von Kurzschlussstrombegrenzern in Kraftwerkseigenbedarfsschaltanlagen*. ERFA-Kreis Elektro- und Leittechnik Vattenfall Europe, 26./27. April 2006, Cottbus

Pfeiffer, K.: *Integration Erneuerbarer Energien in die Stromnetze*. Vortrag im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Neue Konzepte für mehr Beschäftigung in der Lausitz – Regenerative Energien“, Kooperationsstelle Wissenschaft und Arbeitswelt Cottbus, 07. Juni 2006

Pfeiffer, K.: *Application of Resistive High Temperature Superconducting Fault Current Limiters in Power-Station Service Plant*. 6th WSEAS International Conference on Power Systems, Lisbon, Portugal, September 22-24, 2006

Serna-Silva, M.: *Brazilian Energy System & Itaipu Hydroelectric Power Plant*. Gastvortrag im Rahmen des Master Courses EPE, 17. November 2006, Cottbus

7.3. Veranstaltungen

Innovationstag Energie, 31.05.06 – 01.06.06

Energietag Brandenburg, 06.09.06

7.4. Referenzen

- Prüfung von Hochspannungsdurchführungen

Es erfolgten Teilentladungsgleichspannungs-, TE-Umpol- sowie AC-Prüfungen verschiedener Typen von Transformator- und Wanddurchführungen. Es erfolgten Prüfungen auf verschiedenen Spannungsebenen bis 920 kV. Die Teilentladungen (TE) wurden mittels eines TE-Messsystems aufgezeichnet und im Protokoll dargestellt.

- Schutzrelaisprüfung

Es wurden mehrere Schutzgeräte vom Typ SEG MRN 1 geprüft. Es erfolgten folgende Prüfungen:

Überspannungsschutz 2-stufig
Unterspannungsschutz 2-stufig
Überfrequenzschutz 2-stufig
Unterfrequenzschutz 2-stufig

- Prüfung der Vektorsprungfunktion

Für die Prüfung wurde ein Schutzgeräteprüfsystem vom Typ OMICRON CMC 156 mit Verstärker CMS 156 verwendet.

- Ortung von Erdschlüssen

Es wurden Möglichkeiten zur Ortung von Erdschlüssen im kompensiert betriebenen Mittelspannungsnetz untersucht. Hierzu erfolgten theoretische Betrachtungen sowie Simulationen mittels der Netzberechnungsprogramme ATP und CALPOS. Zur praktischen Überprüfung der Berechnungen wurden Versuche mit künstlich eingelegten Erdschlüssen in einem 20 kV-Energieversorgungsnetz durchgeführt.

- Untersuchung der Temperaturverteilung in Großtransformatoren

Zur Untersuchung der Kerntemperatur in einem Großtransformator wurden an vier Stellen Pt100 in einen Transformator Kern eingebracht. Die Temperaturverläufe wurden über einen längeren Zeitraum aufgezeichnet. Zusätzlich wurden Messdaten wie Strom, Spannung und Stufenschalterstellung verarbeitet. Weiterhin wurden grundlegende theoretische Fragen der Temperaturverteilung im Transformator sowie eingesetzte Berechnungsmethoden betrachtet. Dazu gehören DIN VDE 0532 und IEC Loading Guide.

- EMV in Kraftwerken

Formulierung von EMV-Anforderungen an Betriebsmittel und Komponenten in Kraftwerken auf Grundlage einer EMV-Analyse des Kraftwerksbereiches. Messtechnische

Überprüfung der Vorgaben für magnetische und elektromagnetische Störfelder sowie exemplarische Messungen von Schaltstörungen.

- EMV in der Verkehrstechnik

Entwicklung und Optimierung einer impulsbasierten Störfestigkeitsprüfung für Schienen- und große Straßenfahrzeuge. Erstmals Nachweis der Störfestigkeit eines kompletten Schienenfahrzeugs gegen elektromagnetische Störfelder unter realen Betriebsbedingungen. Möglichkeit für Störfestigkeitsprüfungen an Straßenfahrzeugen.

- Blitzschutz am Cargolifter Luftschiff

Mit Hilfe von Versuchen in der Hochspannungshalle der BTU wird das Blitzschutzkonzept an einem skalierten Modell des CargoLifter vervollständigt. Die Ergebnisse ermöglichen eine Übertragung der Erfahrungen vom Modell auf das Luftschiff in seiner endgültigen Größe.

- Netzanalyse in Bergbaunetzen

Theoretische und praktische Untersuchungen mit Schwerpunkt Isolationsfestigkeit in Tagebaunetzen (regional) der Lausitz zur Überprüfung und Reduzierung der Auswirkungen direkter und indirekter atmosphärischer Entladungen sowie Erdfehlern in erdschlusskompensierten Netzen. Die Bandbreite der praktischen Untersuchungen reicht von hochauflösenden Netzanalysen in Mittelspannungsnetzen zur Erfassung definierter Schaltvorgänge bis zur örtlich ausgedehnten Langzeiterfassung atmosphärischer transients Überspannungen. Theoretische Abschätzungen zur Reproduktion aufgezeichneter Vorgänge untermauern die praktischen Erfahrungen und offerieren die Auswirkungen auf die Betriebsmittelisolation bei Fehlereintritt in den Netzen.

- Vereisung und Klimaprüfung

Umweltsimulationen an elektrischen Betriebsmitteln der Mittel- und Hochspannungstechnik wie Vereisung, Grenztemperaturprüfung, künstliche Alterung unter forcierten klimatischen Bedingungen geben Auskunft über die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Betriebsmittel. Umfangreiche Erfahrungen in der künstlichen Alterung von Schaltanlagen finden zukünftig Anwendung in normabweichenden präzisieren Verfahren zur Klassifizierung der altersabhängigen Isolationsfestigkeit und -koordination für Schaltanlagenhersteller.

- Hochspannungsprüfungen

Dielektrische Untersuchungen, Entwicklungs- und Typprüfungen an Betriebsmitteln der Mittel- und Hochspannungstechnik dienen zur Überprüfung derer normkonformen und herstellerepezifischen Ausführung. Schwerpunkt im Hochspannungsprüfbereich liegt in der dielektrischen Spannungsfestigkeitsprüfung von Betriebsmitteln bis zu einer Bemessungsspannung von 525 kV. Auf Erfahrungen zur Prüfung von Mittelspannungsleistungsschaltern, Kabelendverschlüssen, Stecksystemen der Mittelspannungstechnik sowie Kabelendverschlüssen, Durchführungen Wandlern Schaltern der Schottisolatoren etc. der Hochspannungstechnik kann zurückgegriffen werden.

Mehrfache Gutachtertätigkeit für EU-Projekte der DG Research (Energy) im Rahmen von FP6

Kurz-Gutachten für die Deutsche Energie-Agentur GmbH:

Bitsch, R.; Gjardy, G.; Woldt, T.: Bedeutung der dezentralen Stromerzeugung mit Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien und BHKW sowie des Last- und Energiemanagements in der Stromerzeugung Deutschlands bis zum Jahr 2020; Cottbus 2004

Beteiligung im BMBF-Projekt „Thematisches Netzwerk Energie und Kommunikation“

Mitgliedschaft in DKE K 261 „Systemaspekte der elektrischen Energieversorgung“

Mitgliedschaft in CIGRE WG C1 – 10 Glossary

Ausstattung des Lehrstuhls:

Drei kaskadierbare Prozesssysteme des Dezentralen Energiemanagements DEMS Version 1 sowie ein Planungssystem der Version 2 der Firma Siemens.

