

Jahresbericht 2002



Mit freundlichen Grüßen überreicht von

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Prof. Dr. habil. Bernd Schieferdecker

Prof. Dr.-Ing. Rainer Bitsch

Kontakt:

*Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Zentrum für Energieversorgung
Karl Jannack Straße 2
D - 03046 Cottbus*

Tel.: +49 (0355) 69 4502

Fax.: +49 (0355) 69 4039

Email: zev@tu-cottbus.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Zentrum für Energieversorgung	7
1.1.	Struktur	7
1.2.	Professur für Energieverteilung und Hochspannungstechnik	9
1.3.	Professur für Energiewirtschaft.....	10
1.4.	Gastprofessur für Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik	10
1.5.	Juniorprofessur für Elektrizitätswirtschaft.....	11
1.6.	Honorarprofessur für Mittel- und Niederspannungstechnik	12
2.	Personelle Besetzung	13
3.	Lehre	15
3.1.	Einbindung des ZEV in das Studium.....	15
3.2.	Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare	15
3.2.1.	Wintersemester	15
3.2.2.	Sommersemester	19
3.3.	Studien- und Diplomarbeiten	22
3.4.	Exkursion	24
4.	Forschung	26
4.1.	Schwerpunkte am ZEV	26
4.2.	Universitäre Projekte.....	27
4.2.1.	Impulsbasierte Störfestigkeitsprüfung für komplette Schienenfahrzeuge	27
4.2.2.	Untersuchung der Möglichkeit der Umstellung von kompensiertem Netzbetrieb auf niederohmige Sterpunkterdung (NOSPE) in einem Energieversorgungsnetz	28
4.2.3.	Dielektrische Prüfung von Strom- und Kombiwandlern	30
4.2.4.	Innere Überspannungen in Energieversorgungsnetzen	33
4.2.5.	Integration energiewirtschaftlicher Aspekte in Systeme der Produktionsplanung und –steuerung.....	34
4.2.6.	Fuzzy-Clusteranalyse als Methode zur verbesserten Modellierung und Klassifizierung von Lastganglinien zu Lastprofilen in der Energiewirtschaft	35
4.2.7.	Der industrielle Energiekunde als aktiver Partner am Energiemarkt	35
4.2.8.	Lastgängerfassung und –analyse im Haushaltbereich.....	36
4.2.9.	Lastprofile für die leitungsgebundene Energieversorgung im Land Brandenburg.....	36
4.3.	Industrieprojekte	36
4.3.1.	Entwicklung und Test einer Merging Unit (Elektronik).....	36
4.3.2.	Entwicklung eines optischen Stromwandlers mit Eisenkern	37
4.3.3.	EMV-Nachweismessungen in Kraftwerken	39
4.3.4.	Berechnung impulsförmiger hochfrequenter elektromagnetischer Felder.....	40
4.3.5.	Einsatz von strombegrenzenden Halbleiterschaltern im Kraftwerkseigenbedarf	43

4.3.6.	Schaltanlagenprüfungen	44
4.3.7.	Isolationskoordination im Energieversorgungsnetz eines Tagebauvorschnitts.....	48
4.3.8.	Transiente Ausgleichsvorgänge infolge Querfehler in Mittelspannungsnetzen des Bergbaus	49
4.3.9.	Gleichspannungsprüfungen an GiS - Schottisolatoren.....	50
4.3.10.	Fehleranalyse an der Heizung einer zirkulierenden Druckwirbelschichtfeuerung	51
4.3.11.	Der Fahrplan 3.3	52
4.3.12.	LpuVe 1.0.....	52
4.3.13.	Energetische Betriebsanalyse in der Samsung Corning Deutschland GmbH (SCD)	52
4.3.14.	Energieverbrauchsorientierte Produktionsplanung und –steuerung in der KAHELIT GmbH.....	53
4.3.15.	Bestimmung von Lastprofilen für unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen (ERI e.V.).....	53
4.3.16.	Lastgangmessung Fernwärme (ERI e.V.)	54
4.3.17.	Aufschlussberatungen bei Klein- und Mittelständischen Unternehmen.....	54
4.4.	Dissertationen.....	54
5.	Prüf- und Messeinrichtungen	55
5.1.	Räumlichkeiten	55
5.2.	Wechselspannungsprüftechnik.....	55
5.3.	Wechselspannungsmesstechnik.....	55
5.4.	Wechselstrommess- und prüftechnik	56
5.5.	Gleichspannungsmess- und prüftechnik.....	56
5.6.	Stoßspannungsmess- und prüftechnik	56
5.7.	Klimakammer	57
5.8.	Optiklabor.....	57
5.9.	Elektroniklabor.....	57
5.10.	EMV-Labor.....	57
5.11.	Wandlermessplatz	58
5.12.	Netzanalyselabor	58
5.13.	Schutztechniklabor.....	58
5.14.	Software.....	60
5.15.	Messtechnik für Energieanalysen.....	60
6.	Projektpartner und Arbeitskontakte	61
7.	Publikationen	63
7.1.	Veröffentlichungen	63
7.2.	Vorträge.....	65
7.3.	Veranstaltungen.....	66
7.4.	Referenzen	66

Vorwort

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

mit großer Freude erlauben wir uns in diesem Jahr einen erstmalig gemeinsamen Jahresbericht zu überreichen, der die Aktivitäten unserer Professuren zusammenfasst.

Getragen von der langjährig guten fachlichen Kooperation der Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik sowie Energiewirtschaft in den zurückliegenden Jahren wurden seit Herbst 2001 Möglichkeiten diskutiert, wie durch Bündelung von Kräften in gemeinsamen Strukturen der Bereich der Energieversorgung an der BTU noch effektiver zu gestalten wäre. Ergebnis dieser Diskussionen war die Gründung des

Zentrum für Energieversorgung

als wissenschaftliche Einrichtung an der BTU nach § 75 Brandenburger Hochschulgesetz. Genauere Informationen entnehmen Sie bitte dem nachfolgenden Kapitel.

Als ersten wichtigen Schritt zur Umsetzung der neuen Strukturen galt es, die im Zentrum verankerte Professur „Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik“ zu aktivieren. Hilfreich hierfür war die auf 5 Jahre befristete Vorfinanzierung dieser Stelle durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg. Hiermit war es möglich, Herrn Dr. Bitsch, bisher im Bereich der Siemens AG für das Gebiet dezentraler Energiesysteme verantwortlich für den Standort Cottbus zu interessieren und ab dem 01.10.02 als Gastprofessur in der BTU zu begrüßen und ihn mit dem Aufbau des vorgenannten Lehrstuhles zu betreuen. Ferner wurde eine zusätzliche Juniorprofessur „Elektrizitätswirtschaft“ auf den Weg gebracht, in der Hoffnung, auch dieses Verfahren mit der Ernennung zum Jahreswechsel noch abschließen zu können. Im Bereich der drittmittelfinanzierten Forschung ist es gelungen, mehrere größere und vor allem lang laufende Projekte einzuwerben und somit einen Personalstamm am Zentrum für Energieversorgung von ca. 20 – 25 Personen zu sichern.

Auch die Kooperationsbeziehungen zur Energietechnik an der „Wroclaw University of Technology“ in Polen entwickelte sich weiter positiv. Außer diversen Tagungs- und Workshopeteiligungen wurde die 1. gemeinsame deutsch-polnische Energietechnik-Exkursion mit 50 Teilnehmern aus beiden Ländern in diesem Jahr in Polen durchgeführt.

Wir hoffen, dass dieser Jahresbericht Ihnen einen kleinen Eindruck der Aktivitäten des neu gegründeten Zentrums für Energieversorgung vermittelt.
Mit den besten Wünschen für das kommende Jahr, auch im Namen unserer Kollegen und Mitarbeiter, möchte wir deshalb schließen und verbleiben

Mit freundlichen Grüßen



Harald Schwarz

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Olaf'.

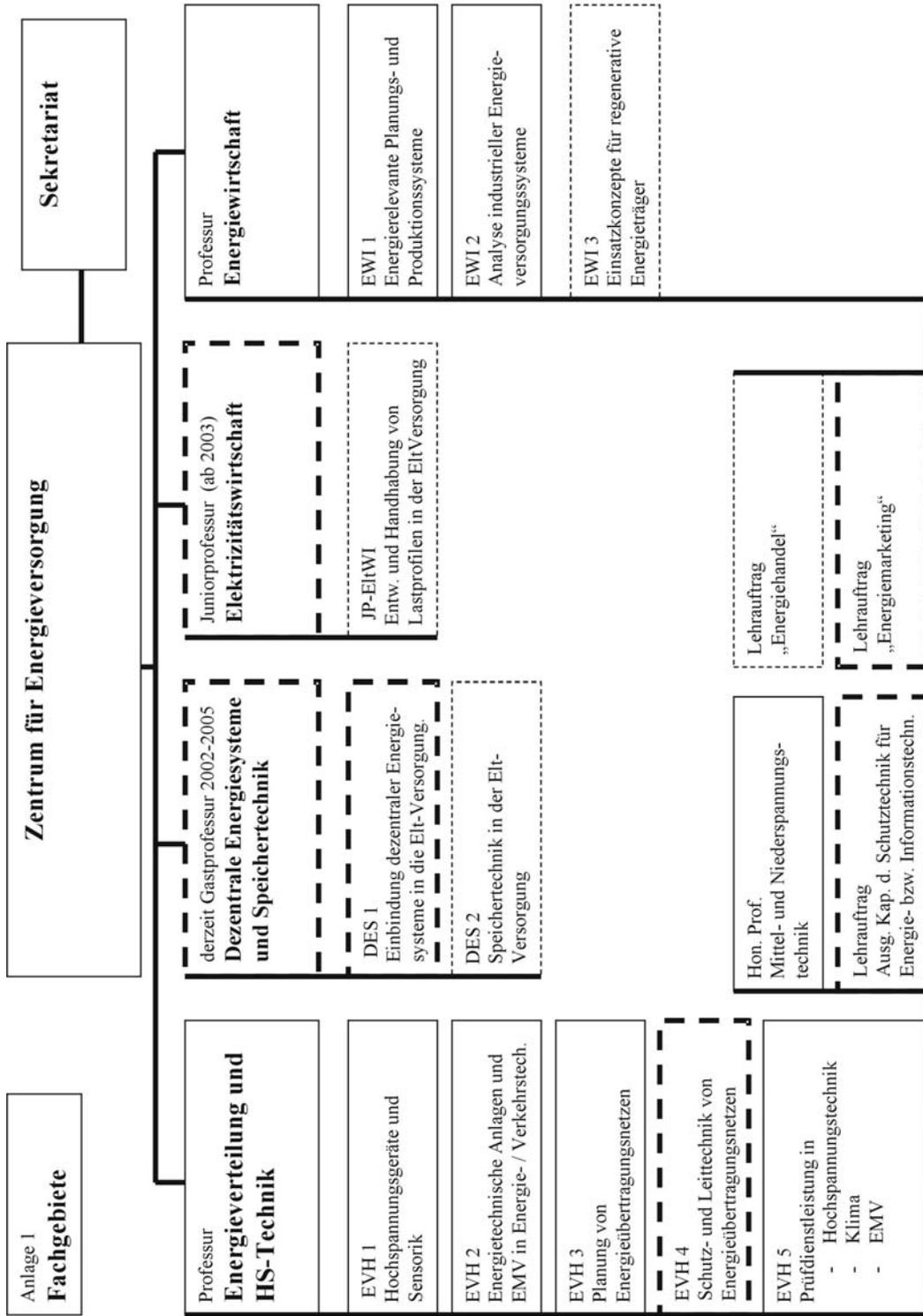
Birkel

1. Zentrum für Energieversorgung

1.1. Struktur

Das Zentrum für Energieversorgung wurde im April 2002 gegründet durch den Zusammenschluss der Professuren für "Energiewirtschaft" bzw. „Energieverteilung und Hochspannungstechnik“. Ergänzt wird das Zentrum um eine bislang nicht besetzte Professur für „Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik“ sowie eine Juniorprofessur „Elektrizitätswirtschaft“, die derzeit noch in der Besetzung ist. Ferner ist im Gründungsbeschluss des Zentrums die Möglichkeit vorgesehen, über vorgeschaltete Lehraufträge bis zu vier Honorarprofessuren aufzubauen, von denen derzeit die erste für „Mittel- und Niederspannungstechnik“ bereits realisiert ist.

Tragender Gedanke für den Zusammenschluss zum Zentrum für Energieversorgung war, alle Lehr- und Forschungsgebiete, die sich mit dem Energieversorgungsnetz als verbindende Größe befassen, in einer Struktureinheit zu bündeln. Um der absehbaren Veränderung des Netzes vom reinen Transportmedium hin zum virtuellen Kraftwerk mit stark verteilten Einspeisungen Rechnung zu tragen, wurde dabei die zu einem späteren Berufszeitpunkt geplante Professur für „Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik“ vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg für 5 Jahre vorfinanziert und kurzfristig über die Gastprofessur besetzt.



im Aufbau
in Planung

1.2. Professur für Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Die Professur für „Energieverteilung und Hochspannungstechnik“ deckt 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. Ergänzend zur bisher bereits vertretenen Planung von Energieübertragungsnetzen wurde im Berichtsjahr 2002 auch der Aspekt des Schutzes von Energieübertragungsnetzen in das Lehr- und Forschungsprogramm aufgenommen. Die neuangebotene Grundlagenvorlesung zu diesem Thema wird ergänzt durch ein in 2002 in Betrieb genommenes Schutztechniklabor, welches in erheblichem Umfang von Siemens und dem VDE-Bezirksverein Lausitz gefördert wurde. Inhaltlich abgerundet wird das neue Lehrangebot durch einen Lehrauftrag an Herrn Dr. Lemmer, Siemens, der ergänzende Vertiefungen im Bereich der Schutz- und Leittechnik sowohl für Energietechniker als auch für Mikroelektroniker und Informationstechniker anbietet.

Im Bereich der Netzplanung ist es in Kooperation mit Vattenfall Europe Generation und Siemens gelungen, im Zuge der Planung möglicher neuer Kraftwerksblöcke ein Mehrjahresprojekt zu starten, um den Einfluss strombegrenzender Elemente auf die Struktur des Kraftwerkseigenbedarfes zu untersuchen.

Die Aktivitäten im Gebiet der Hochspannungsgeräte waren in 2002 geprägt durch die konsequente Fortentwicklung der Arbeiten im Bereich der optischen Sensorik. Hier ist es gelungen, das Ende 2001 ausgelaufene Projekt durch ein neues 3 Jahres-Projekt für 2-3 Mitarbeiter fortzuschreiben. In diesem Zeitraum ist die Fertigstellung der laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, der Bau von Versuchsmustern und die Erprobung dieser Versuchsmuster im 110 kV Netz eines polnischen (ZZE) und deutschen (ENVIA-M) Regionalversorgers vorgesehen.

Im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit wurde die in 2001 in Betrieb genommene EMV-Störfestigkeitsprüfanlage in Zusammenarbeit mit der Wehrwissenschaftlichen Erprobungsstelle der Bundeswehr genauer vermessen, um so präzisere Daten für eine im 2. Halbjahr 2002 gestartete detaillierte 3 dimensionale Modellierung der pulsförmigen Felder zu haben. Ferner wurde erneut eine modernisierte Lokomotive der LAUBAG (jetzt Vattenfall Europe Mining) einem Störfestigkeitstest bis 10 kV/m bei Pulsparametern 2/5 ns und etwa 500 – 1000 Hz Pulsfolgefrequenz getestet.

1.3. Professur für Energiewirtschaft

Die Professur Energiewirtschaft wurde an der Fakultät Maschinenbau, Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen der BTU Cottbus erstmalig im November 1993 besetzt. Sie vertritt in der Lehre (Vgl. 3.2 und 3.3) die gesamte Breite von grundsätzlichen energiewirtschaftlichen Zusammenhängen über den notwendigen Ordnungsrahmen in der Energiewirtschaft, besonders in der Elt-Wirtschaft, bis zu Schwerpunkten der betrieblichen Energieversorgung und –anwendung wie z.B. Wärmewirtschaft, betriebliches Energiemanagement, aber auch Fernwärmesysteme und Technik und Nutzung regenerativer Energien. Die Forschung kann aus Kapazitätsgründen nicht in dieser Breite angegangen werden. Hier erfolgte eine Konzentration auf Themen der betrieblichen Energieversorgung und –anwendung und im Bereich der Entwicklung und Anwendung von Lastprofilen mit unterschiedlichen Ansätzen in der öffentlichen Energieversorgung.

Mit der Etablierung der Energiewirtschaft im Zentrum für Energieversorgung ergeben sich weitere Möglichkeiten, besonders über den Schwerpunkt Dezentrale Energieversorgung, den bisher erreichten Stand in weitere Aufgabenstellungen einzubringen.

1.4. Gastprofessur für Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

Mit Beginn des Wintersemesters 2002/03 wurde die neue Gastprofessur für „Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik“ eingerichtet, finanziert aus Mitteln des Überlastprogramms des Landes Brandenburg.

Hierfür konnte Prof. Dr. Rainer Bitsch (59) gewonnen werden, der während seiner 30-jährigen Berufstätigkeit bei der Siemens AG im Bereich Power Transmission & Distribution zuletzt für die Geschäftseinheiten Dezentrale Energieversorgungssysteme bzw. Energy Concepts & Innovations verantwortlich war. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen auf der Systemintegration dezentraler Energiesysteme, dem dezentralen Energiemanagement, der verbrauchsnahe Energieeinsatzoptimierung sowie virtuellen großen Kraftwerken.

Entsprechend erfolgt auch der Aufbau der Lehre, der folgende Gebiete abdecken wird:

- Einführung in die dezentrale Energieversorgung
- Komponenten dezentraler Energiesysteme
- Systemintegration und Optimierung dezentraler Energieversorgungssysteme
- Technik und Netzeinbindung von Energiespeichern

Die Vorlesungen werden in deutscher und englischer Sprache angeboten.

Der Forschungsschwerpunkt wird auf den nachfolgenden Gebieten der Systemintegration dezentraler Energiesysteme liegen:

- Modellierung, Simulation und Optimierung dezentraler Versorgungssysteme zur Steigerung des energiewirtschaftlichen Nutzens regenerativer Energien bzw. Dezentraler Energieerzeugung im Energiemix mit Querverbund sowie vertragsbasiertem Energieaustausch in öffentlicher Versorgung und Industrie.
- Dezentrales Energiemanagement mit Prognosen, Einsatzplanung, Online-Optimierung von Erzeugung, Speicherung und Last unter Berücksichtigung von Power Quality-Anforderungen und Reserve-Risiko-Strategien im Einzelsystem sowie in großräumiger Vernetzung.
- Optimale Ausnutzung vorhandener Betriebsmittel durch Abbildung technischer Restriktionen als vertragliche Randbedingungen im Energiemanagementsystem. Einsatz neuer Speichertechnologien und Spezifizierung erforderlicher Betriebscharakteristika.
- Bildung von virtuellen Großanlagen zur energiewirtschaftlichen Optimierung und profilbasierten Beteiligung am Energiemarkt.
- Grundsatzuntersuchungen
- Projektspezifische Systemanalysen
- Energiewirtschaftliche Fallstudien
- Beratung / Dienstleistungen

Basis für die Arbeiten sind drei vernetzbare Systeme des Dezentralen Energiemanagementsystems DEMS der Siemens AG, die freundlicherweise leihweise überlassen wurden.

1.5. Juniorprofessur für Elektrizitätswirtschaft

Im Dezember 2001 wurde das Berufungsverfahren im Projekt Juniorprofessur des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) an der BTU begonnen. Die ausgeschriebene Juniorprofessur soll ihren Forschungsschwerpunkt im Bereich der Entwicklung und Anwendung von Lastprofilen für den leitungsgebundenen Energiebedarf von Tarif- wie auch Sonderkunden haben und diesbezüglich

den aktuellen Wandel der Elektrizitätswirtschaft aktiv begleiten. In der Lehre soll insbesondere der Bereich der Elektrizitätswirtschaft aber auch die Technik und Nutzung regenerativer Energiequellen vertreten werden. Die Juniorprofessur Elektrizitätswirtschaft wurde inhaltlich aus der Arbeit des Bereiches Energiewirtschaft entwickelt und wird eine wichtige Ergänzung des Zentrums für Energieversorgung darstellen.

Das Berufungsverfahren war während der Erarbeitung des Jahresberichts noch nicht abgeschlossen.

1.6. Honorarprofessur für Mittel- und Niederspannungstechnik

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.

Themenkomplexe

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

Kabelausswahl

- Durch zusätzliche Einbeziehung von
- Abnehmercharakteristiken
- Schaltgeräten
- Selektivitätsforderungen

wird die Kabelausswahl optimiert.

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

2. Personelle Besetzung

Direktorium:

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz	(geschäftsführender Direktor)
Prof. Dr. habil. Bernd Schieferdecker	(stellv. Direktor)
Prof. Dr. Rainer Bitsch	(Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik)
NN	(Elektrizitätswirtschaft)

Sekretariate:

Marika Scholz
Kirsten Pietsch

Honorarprofessor Lehrbeauftragte

Prof. Dr.-Ing. Günter Pfeiffer
Dr.-Ing. Lemmer; Siemens Erlangen
Dr. Lehmann; ENVIA-M

Wissenschaftliche Mitarbeiter Optische Sensorik:

Dipl.-Ing. Henryk Stürmer
Dipl.-Ing. (FH) Maik Honscha
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Feige

Wissenschaftliche Mitarbeiter EMV:

Dipl.-Ing. Thomas Lange
Dipl.-Ing. Gunnar Löhning

Wissenschaftliche Mitarbeiter Netzanalyse:

Dipl.-Ing. Dirk Lehmann
Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kleinod
Dipl.-Ing. Holger Borowiak
Dipl.-Ing. Klaus Pfeiffer

Wissenschaftliche Mitarbeiter Lastprofile

Dr.-Ing. Christian Fünfgeld
Dipl.-Ing. Remo Tiedemann
Dipl.-Ing. (FH) Carsten Fiebig

Wissenschaftliche Mitarbeiter Betriebliche Energiewirtschaft

Dr.-Ing. Alexis Bonneschky
Dipl.-Ing. (FH) Martin Rennfranz

Wissenschaftliche Mitarbeiter Projekt Brandenburgische Energietechnologie Initiative (ETI)

Dipl.-Ing. (FH) Martin Rennfranz

Wissenschaftliche Mitarbeiter Dezentrale Energiesysteme

Dipl.-Ing. Georg Gjardy

Technische Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. (FH) Holger Häusler	Laboringenieur
Dipl.-Ing. (FH) Maik Koch	Techniker
Karl-Heinz Kleinschmidt	Elektriker

Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte

Sven Arndt	Christoph Nolden
Matthias Müller	Claudia Rössiger
Daniel Steiger	Katrin Scheibe
Kathleen Stornowski	Lars Schönberg
Thomas Leistner	Stephan Schulz
Ingo Kamenz	Thomas Woldt
Normen Lochthofen	Susanne Wuttge
Lars Neumann	Wolfgang Langer

3. Lehre

3.1. Einbindung des ZEV in das Studium

Durch die Zusammenfassung der Professuren Energieverteilung und Hochspannungstechnik, Energiewirtschaft und die Angliederung der Gastprofessur Dezentrale Energieversorgung und Speichertechnik sowie der Juniorprofessur Elektrizitätswirtschaft ist das Zentrum für Energieversorgung maßgeblich verantwortlich für alle Lehrverpflichtungen zur Elt-Versorgung an der Universität sowie für die energiewirtschaftlichen Lehrverpflichtungen in den Studienrichtungen

- Wirtschaftsingenieure / SR Energieversorgung
- Elektrotechnik / SR Elektrische Energietechnik
- Maschinenbau / SR Thermischer Maschinenbau

Darüber hinaus sind alle Professoren des ZEV in den Wahlpflicht- bzw. Wahlbereich des internationalen Studiengang Environmental an Resource Management involviert.

3.2. Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare

3.2.1. Wintersemester

Grundlagen der elektrischen Energietechnik

Technisches Wahlfach für alle Fakultäten - *VL 2 SWS*

Energieumwandlung für die Strom- und Wärmeerzeugung (fossil, regenerativ), Energie- und Informationsnetze der Energieversorgung, Hochspannungsanlagen, elektromechanische Energieumwandlung, Komponenten elektrischer Antriebe und ihre Rückwirkungen.

Klinger, Krautz, Schwarz

Hochspannungstechnik

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen Energieversorgung

5. Semester - *VL/UE 4 SWS*

Grundlagen Hochspannungstechnik: Feldstärke, Raumladungen, Grenzflächen, Schichtdielektrikum, Gasentladung, Durchschlagsmechanismen, Isolierstoffe, Prüftechnik, Messtechnik. Die Veranstaltung wird durch Experimentalvorlesungen in der Hochspannungshalle begleitet.

Schwarz, Löhning, Lange

Angewandte Hochspannungstechnik – VL/UE 2 SWS

Anhand ausgewählter Beispiele wird die praktische Umsetzung hochspannungstechnischer Verfahren vertiefend behandelt.

Löhning, Lange

Planung von Energieübertragungsnetzen

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

Energieverteilungsnetze: Verbundnetz, Lastfluss, Kurzschluss, Sternpunktbehandlung, Erdung, Stabilität, Hochspannungs- Gleichstrom- Übertragung.

Schwarz, Lehmann

Angewandte Netzplanung - VL/UE 2SWS

Anhand ausgewählter Beispiele wird die praktische Umsetzung von Netzplanungsverfahren vertiefend behandelt.

Lehmann

Seminar Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Studiengang Elektrotechnik, 7. und 9. Semester - SE 1SWS

Aktuelle Vorträge aus laufenden Forschungs-, Diplom- und Studienarbeiten sowie externe Vorträge aus der regionalen Wirtschaft.

Löhning, Lange

Mittel- und Niederspannungstechnik I - VL 2SWS

Beanspruchungen von Betriebsmitteln und Schaltanlagen in der öffentlichen und industriellen Energieversorgung, Auslegungsberechnungen, Konzepte für den Selektivschutz, Personen- und Anlagensicherheit, Planungsgrundsätze, Projektbeispiele

Pfeiffer

Elektromagnetische Verträglichkeit II, Teil C

Studiengang Elektrotechnik, technisches Wahlfach

9. Semester, 1. Semesterhälfte - *VL/PR 4 SWS*

Transiente Störquellen, mittel- und niederfrequente Störquellen, EMV-Prüftechnik, Blitzüberspannungen, Schaltüberspannungen, Oberschwingungen, Flicker, netzfrequente Überspannungen.

Schwarz

Elektromagnetische Verträglichkeit II

Laborübungen zu EMV Teil A,B,C

Löhning, Jänicke, Karbowiak

Allgemeine Energiewirtschaft (EW I)

Studiengang Energie- und Antriebstechnik, Wi-Ing Energieversorgung und fachübergreifend - *VL/SE*

Energiewirtschaftliche Grundzusammenhänge, Begriffe, Wirtschaften mit Energie; Energieressourcen und Verbrauch; Besonderheiten der Energiewirtschaft; Energiebereitstellung in Deutschland, Versorgungsstrukturen, Bereitstellungskosten; Energiepreise und –tarife.

Schieferdecker, Bonneschky, Tiedemann

Elektrizitätswirtschaft (EW III)

Studiengang Antriebs- und Energietechnik, Maschinenbau, Wi-Ing Energieversorgung und fachübergreifend - *VL/SE*

Struktur und Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft; Erzeugung, Verteilung und Anwendung von Elektrizität; Kosten der Elektrizitätserzeugung, Preise der Elektrizitätsnutzung; Liberalisierung der (inter)nationalen Märkte, Stromhandel.

Fünfgeld, Tiedemann

Fernwärmeversorgung

Studiengang Wi-Ing Diplom und fachübergreifend - *VL/SE*

Diese Lehrveranstaltung ersetzt gemeinsam mit der Lehrveranstaltung „Kraft-Wärme-Kopplung“ des Lehrstuhls Kraftwerkstechnik das technische Fach I „Fernwärmeversorgung“ Zum Inhalt: Fernwärme im System der Energieversorgung; Fernwärmenetze, Netzgestaltung und Betriebsführung; Übergabestationen;

Kosten der Fernwärmeversorgung, Kostenwälzung, Preissysteme. Vorbereitungen zum Entwurf von Fernwärmesysteme.

Krautz, Schieferdecker, Fünfgeld

Energie und Umwelt

Studiengang Wi-Ing Diplom - *VL*

Begriffe und grundsätzliche Zusammenhänge, Umweltwirkungen ausgewählter Energietechniken, Umweltbelastungen bei der Umwandlung von Energie, Auswirkungen der Luftschadstoffe, Umweltrecht – energierelevante Zusammenhänge, Umweltbewertung aus energetischer Sicht.

Schieferdecker

Hauptseminar Energieversorgung

Studiengang Wi-Ing Diplom, Integrationsfach und fachübergreifend - *VL/SE*

ehemals: Ordnungsrahmen der Energiewirtschaft. Aktuelle, an den dynamischen Entwicklungen der Praxis orientierte Lehrveranstaltung. Zur Prüfung relevante Vorträge der Studierenden. Zum Inhalt: Der strukturierte und rechtliche Ordnungsrahmen, nationale und internationale Marktstrukturen, Energierecht; Kostenrahmen und rechtliche Ordnungsrahmen, nationale und internationale Marktstrukturen, Energierecht; Kostenrahmen und Kostenwälzung; Marketing in der Energieversorgung. Exkursion zur Europ. Strombörse (EEX) in Leipzig. >>Empfehlungen<< Teilnahme ab dem 7. FS, erfolgreiche Teilnahme an zumindest einer der folgenden Veranstaltung: Marketing I, Unternehmensrechnung I, Investition/Finanzierung, Elektrizitätswirtschaft.

Fünfgeld, Lehmann (Lehrbeauftragter)

Einführung in die dezentrale Energieversorgung

Studiengang Elektrotechnik, Wi-Ing., Energieversorgung, Umwelt- und Verfahrenstechnik (5./7. Semester) - *VL 2 SWS*

Energiewirtschaftlicher Rahmen, Ressourcen- und Umweltproblematik, zukünftige Energieszenarien und –konzepte. Dezentrale Energieversorgung in Entwicklungs-/Schwellenländern und Industrieländern

Bitsch

Komponenten dezentraler Energiesysteme und Aspekte der Netzeinbindung

Studiengang Elektrotechnik, Wi-Ing., Energieversorgung, Umwelt- und Verfahrenstechnik (6./8. Semester) - *VL 2 SWS*

Neue Technologien der Energieumwandlung aus regenerativen und fossilen Quellen, Systeme der Kraft/Wärme Kopplung, Hybrid-Systeme, Speicher und Lastklassen mit unterschiedlichen Versorgungsanforderungen, spez. leistungselektronische Elemente und Systeme, Anforderungen der Netzeinbindung, Betriebsführungscharakteristika, Grundzüge des Energiemanagements.

Bitsch

Systemintegration und Optimierung dezentraler Energiesysteme

Studiengang Elektrotechnik, Wi-Ing., Energieversorgung, Umwelt- und Verfahrenstechnik (6./8. Semester) - *VL/UE 2 SWS*

Dezentrales Energiemanagement mit Prognosen, Einsatzplanung, Online-Optimierung von Erzeugung Speicherung und Last. Modellierung und Simulation dezentraler Versorgungssysteme zur Steigerung des energiewirtschaftlichen Nutzens regenerativer Energien bzw. dezentraler Energieerzeugung in öffentlicher Versorgung und Industrie.

Bitsch, Gjardy

3.2.2. Sommersemester

Hochspannungsmess- und Prüftechnik

Studiengang Elektrotechnik, 7. oder 9. Semester - *VL/PR 4 SWS*

Es werden die modernen Techniken zur Prüfung energietechnischer Geräte sowie die dafür erforderliche Messtechnik vorgestellt. Die Veranstaltung wird durch ein Praktikum im Hochspannungslabor begleitet.

Schwarz, Löhning

Starkstromanlagen

Studiengang Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen - *VL/UE 4 SWS*

Aufbauend auf Teil 1 der Vorlesung werden die Betriebsmittel und Anlagen der Energieverteilung wie Transformatoren, Freileitung, Kabel, Leistungs- und Trennschalter, Strom- und Spannungswandler, Ableiter, Schaltanlagenkonzepte für GIS und AIS, Blitzschutz, Erdung behandelt.

Schutz- und Leittechnik von Energieübertragungsnetzen

Studiengang Elektrotechnik - *VL/UE 4 SWS*

Aufbau von Schutzsystemen, Fehlerarten und -erfassungskriterien, Wandler für Schutzzwecke, Analoge Schutzgeräte, Netz- und Anlagenschutz, Maschinenschutz, Digitale Signalaufbereitung, Messalgorithmen für den Digitalschutz

Schwarz, Borowiak

Elektromagnetische Verträglichkeit I

Studiengang Elektrotechnik - *VL 4 SWS*

Teil A - 1.Semesterhälfte

Störfestigkeit von Steuerungs- und Regelungssystemen, EMV in der Informationstechnik, EMV in der Geräteebene, Inter- und Intrasystemmaßnahmen, EMV-Gesichtspunkte bei der Schaltungsentwicklung.

Falter (LS Mikroelektronik)

Teil B - 2.Semesterhälfte

Elektrische und magnetische Felder der Störquellen, Berechnung der Felder und ihrer Abschirmung mit der Methode der Finiten Elemente und der Kopplungsmethode, Reduzierung und Abschirmung der störenden Felder, Optimierung von Abschirmungen.

Kost (LS Allgemeine ET)

Die Veranstaltung wird im WS fortgesetzt als EMV II

Seminar Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Studiengang Elektrotechnik, 7. und 9. Semester - *SE 1 SWS*

Aktuelle Vorträge aus laufenden Forschungs-, Diplom- und Studienarbeiten sowie externe Vorträge aus der regionalen Wirtschaft.

Lange, Löhning

Exkursion Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Lehmann

Mittel- und Niederspannungstechnik II - VL 2 SWS

Fortsetzung der Veranstaltung aus dem Wintersemester mit Inhalten zur Auswahl von Schaltgeräten und Kabeln, Gestaltung und Prüfung von Mittel- und Nieder-

spannungsschaltanlagen, Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme, Ausführung des Selektivschutzes, Anwendungsbeispiele

Pfeiffer

Technik und Nutzung regenerativer Energiequellen - VL 2 SWS

Wahlfach für technische Fachrichtungen und Wirtschaftsingenieurwesen

Überblick, Nutzungsmöglichkeiten, Solarenergienutzung, aktive und passive Solarthermie, Photovoltaik, Wasserkraft, Meeresenergie, Windkraft, Geothermie, Biomasse, Wirtschaftlichkeit der Nutzung regenerativer Energien.

Schieferdecker, Krautz, Rogaß, Schwarz, Donath, Gutschker, Fünfgeld, Thielen

Wärmewirtschaft und Energiekonzepte (EW II)

Studiengang Antriebs- und Energietechnik, Maschinenbau, Wi-Ing Energieversorgung und fachübergreifend - VL/SE

Effizienz der Erzeugung von Nutzenergie – insbesondere Wärme und Wirtschaftlichkeit. Energetisches System eines Unternehmens, Schwerpunkte der energiewirtschaftlichen Optimierung.

Schieferdecker, Bonneschky, Fünfgeld, Tiedemann

Energiemanagement

Studiengang Wi-Ing Diplom, Integrationsfach und fachübergreifend - VL/SE

Grundlagen des Unternehmensmanagements, Energieprojektmanagement, Entscheidungsgrundlagen für Projekte der rationellen Energieverwendung, permanentes Energiemanagement, territoriales Energiemanagement.

Schieferdecker, Bonneschky

Technik und Nutzung regenerativer Energiequellen

Studiengang Wi-Ing Diplom und fachübergreifend - VL/SE

Überblick, Nutzungsmöglichkeiten, Solarenergienutzung, aktive und passive Solarthermie, Photovoltaik, Wasserkraft, Meeresenergie, Windkraft, Geothermie, Biomasse, Wirtschaftlichkeit der Nutzung regenerativer Energien.

Fünfgeld, Häusler, Rogaß, Gutschker, Löffler, Krautz, Thielen, Donath

Einführung in die dezentrale Energieversorgung

Studiengang Elektrotechnik, Wi-Ing., Energieversorgung, Umwelt- und Verfahrenstechnik (5./7. Semester) - VL 2 SWS

Energiewirtschaftlicher Rahmen, Ressourcen- und Umweltproblematik, zukünftige Energieszenarien und –konzepte. Dezentrale Energieversorgung in Entwicklungs-/Schwellenländern und Industrieländern

Bitsch

Komponenten dezentraler Energiesysteme und Aspekte der Netzeinbindung

Studiengang Elektrotechnik, Wi-Ing., Energieversorgung, Umwelt- und Verfahrenstechnik (6./8. Semester) - VL 2 SWS

Neue Technologien der Energieumwandlung aus regenerativen und fossilen Quellen, Systeme der Kraft/Wärmekopplung, Hybrid-Systeme, Speicher und Lastklassen mit unterschiedlichen Versorgungsanforderungen, spez. leistungselektronische Elemente und Systeme, Anforderungen der Netzeinbindung, Betriebsführungscharakteristika, Grundzüge des Energiemanagements.

Bitsch

Systemintegration und Optimierung dezentraler Energiesysteme

Studiengang Elektrotechnik, Wi-Ing., Energieversorgung, Umwelt- und Verfahrenstechnik (6./8. Semester) - VL/UE 2 SWS

Dezentrales Energiemanagement mit Prognosen, Einsatzplanung, Online-Optimierung von Erzeugung Speicherung und Last. Modellierung und Simulation dezentraler Versorgungssysteme zur Steigerung des energiewirtschaftlichen Nutzens regenerativer Energien bzw. dezentraler Energieerzeugung in öffentlicher Versorgung und Industrie.

Bitsch; Gjardy

3.3. Studien- und Diplomarbeiten

Studienarbeiten

- Georg Gjardy „Konzept zur Analyse der Auswirkungen einer extensiven Photovoltaiknutzung“ (März 2002)
Betreut am LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

- Diana Zühlsdorff „Untersuchung der Einspeisemöglichkeiten von Strom aus Windkraftanlagen in die allgemeine Stromversorgung“
Betreut am LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

- Steffen Engelmann „Impedanzbestimmung der Antennenkonstruktion des SYS.T.E.M.P.“ (November 2002)
Betreut am LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

- Katrin Blass „Ertragsprognose und –kontrolle einer netzgekoppelten Fotovoltaikanlage in der Stadt Cottbus“
Bachelor-Arbeit Internationaler Studiengang Umwelt- und Ressourcen Management
Betreut am LS Energiewirtschaft

- Stefan Fenske „Lastprofile für Elektro-Speicherheizungen“
Betreut am LS Energiewirtschaft

- Marco Krätsch „Untersuchung der Eignung der Fuzzy-Clusteranalyse zur Klassifizierung von Lastganglinien in der Energieversorgung“
Betreut am LS Energiewirtschaft

- Paul Kühn,
 Sebastian Hermann „Analyse von Windenergie-Ertragsdaten“
Bachelor-Arbeit Internationaler Studiengang Umwelt- und Ressourcen Management
Betreut am LS Energiewirtschaft

- Falk Schmidt „Kostenstellenbezogene Energiekennwerterhebung in einem Unternehmen der glasherstellenden und –verarbeitenden Industrie“
Betreut am LS Energiewirtschaft

- Stephan Schulz „Elektrizitätswirtschaftliche Untersuchung zur Evaluierung von Lastprofilen elektrischer Verbrauchergruppen“
Betreut am LS Energiewirtschaft

- Georg Gjardy „Entwurf einer Steuerung für das Gleichspannungs-Prüfsystem MICAFIL GGV 1800“ (September 2002)
Betreut am LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik
- Andreas Klumpp „Einsatz von Speichersystemen für elektrische Energie in Windparks“
Betreut am LS Energiewirtschaft

3.4. Exkursion

Die in den Jahren 2001/2002 neu aufgebaute und zunehmend intensivierete Zusammenarbeit mit der Energietechnik den TU Wroclaw (Breslau), Polen fand einen ersten Höhepunkt in der ersten gemeinsamen Studentenexkursion vom 07. – 13.10.2002. Insgesamt etwa 50 Studenten und Betreuer von der TU Wroclaw und der BTU Cottbus besuchten eine Woche Sehenswertes aus der Energietechnik.



Die von den polnischen Kollegen exzellent vorbereitete Exkursion wurde angereichert durch viel Sehenswertem aus Kultur und Landeskunde in teils landschaftlich reizvoller Gegend. Trotz der etwas frischen Temperaturen wurde die Exkursion von allen Beteiligten als voller Erfolg gewertet und soll als jährlich wiederkehrende

Veranstaltung abwechselnd erst in Deutschland und dann wieder in Polen jeweils im Mai durchgeführt werden.

Die Exkursion führte durch das südliche Polen über die Städte Wroclaw, Opole und Krakow bis in die Beskiden.

Langfristige Absprachen und Vorplanungen der beteiligten Lehrstühle in Cottbus und Wroclaw gingen dieser ersten Exkursion voraus.



Abb. 1: Kraftwerk „Opole AG“

Im Verlauf der Exkursion wurden Betriebe und technische Anlagen in Polen besichtigt, die zur Veranschaulichung und zum ergänzenden Verständnis beim Studium der Energietechnik dienen.

Am Anreisetag erfolgte die offizielle Begrüßung in der Universität Wroclaw. Anschließend konnten die Universität und thematisch relevante Lehr- und Laborräume besichtigt sowie Lehrmittel und Forschungsgebiete kennen gelernt werden. In den folgenden Tagen wurden ein Generatorenwerk (Alstom Power in Wroclaw), eine 400kV Schaltanlage, ein Großkraftwerk bei Opole, zwei Pumpspeicherkraftwerke (Zar 4 x 125 MW, Niedzica 2 x 45 MW) und ein Wasserkraftwerk besichtigt. In allen Werken und Anlagen waren Führungen und teilweise auch Demonstrationen der Arbeitsweise durch Fachpersonal organisiert.

Neben den technischen Schwerpunkten wurden auch, besonders im letzten Teil der Exkursion, kulturelle Sehenswürdigkeiten involviert.

Es erfolgten z.B. organisierte Führungen durch das Salzbergwerk Wieliczka (Weltkulturerbe) und die Wawel-Burg in Krakow.

Alle Teilnehmer der Exkursion schätzten den technischen Informationsgehalt der Exkursion hoch und den kulturellen Teil als interessant ein.

Die ersten Vorbereitungen für die gemeinsame Exkursion durch Deutschland im Mai 2003, zu dem eine polnische Studentengruppe durch die BTU Cottbus eingeladen wird, haben bereits begonnen.

4. Forschung

4.1. Schwerpunkte am ZEV

Die Forschung im Bereich Energiewirtschaft, die Juniorprofessur mit einbezogen, konzentriert sich in den letzten Jahren auf

1. den Schwerpunkt „Industrielle Energiewirtschaft“, wo in der Grundlagenforschung bisher zwei Dissertationen erfolgreich verteidigt wurden und weitere erfolgreiche Dissertationen damit im Zusammenhang stehende Themen bearbeitet haben. Hinzu kommen auch einige Industrie-, Drittmittelprojekte.
2. den Schwerpunkt „Erarbeitung und Handhabung von standardisierten Lastprofilen in der Energieversorgung“, hier wurden die sog. VDEW-Lastprofile, aber auch die Methoden zur Entwicklung von Industriekunden-Lastprofilen und für unterbrechbare Abnehmer (Nachtspeicherheizung) erarbeitet. Zwei Dissertationen hierzu sind in nächster Zeit zu erwarten. Umfangreiche Applikationen sind in Arbeit.

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.

4.2. Universitäre Projekte

4.2.1. Impulsbasierte Störfestigkeitsprüfung für komplette Schienenfahrzeuge

Lothar Kleinod, Thomas Lange, Gunnar Löhning

Der Nachweis der Störfestigkeit von Schienenfahrzeugen gegen elektromagnetische Beeinflussung erlangt mit zunehmendem Einsatz sicherheitsrelevanter Elektronik und einer steigenden Dichte potentieller Störquellen eine immer größere Bedeutung. Durch den Normenkomplex der EN 50121 werden daher EMV-Anforderungen an Schienenfahrzeuge spezifiziert. Da die in der EN 50121 geforderten Störfestigkeitstests auf Komponentenebene eine realistische Beurteilung des Gesamtsystems nicht zulassen, wurde ein neues impulsbasiertes Testverfahren (SYS.T.E.M.P.) entwickelt, welches eine Prüfung kompletter Schienenfahrzeuge unter Betriebsbedingungen erlaubt. Die Verwendung repetierender 2/5 ns-Prüfimpulse mit Spitzenwerten bis etwa 10kV/m ermöglicht die simultane Prüfung eines breiten Frequenzbereiches und führt so zu einer deutlichen Einsparung von Prüfzeit im Vergleich zur konventionellen Prüfpraxis mit monofrequenten CW-Signalen. Überdies wird so eine bessere Nachbildung impulsförmiger Störfelder (Blitz, Schaltvorgänge, Umrichter, Stromabnehmer-Lichtbogen ...) erreicht.

In der Prototypanlage des Energieressourcen-Institut e.V. Cottbus wurde eine modernisierte Industrielokomotive der Lausitzer Braunkohle AG (LAUBAG) einer Störfestigkeitsprüfung gegen elektromagnetische Felder unterzogen. Die Prüfschärfe orientierte sich dabei an den in der EMV-Normung üblichen Prüfstörpegeln von 1, 3, 10 und 20 V/m (Effektivwert des elektrischen Feldes). Ziel der Prüfung war es, die Störfestigkeit für die in der EN 50121 geforderten 20 V/m für das Gesamtsystem Lok nachzuweisen.

Für die Einstellung der Prüfpegel wurde eine energetische Anpassung des Impulsfeldes an das sinusförmige Feld über den Effektivwert der elektrischen Feldstärke vorgenommen. Dadurch ist sichergestellt, dass Schäden am Prüfling durch übermäßige Prüffeldstärke bzw. -energie vermieden werden. Als Bezugsebene für die Messungen diente die Schnittstelle zwischen Prüfling und elektromagnetischer Umwelt, d.h. das Gehäuse der Lok. Die Kalibrierung des Prüffeldes erfolgte dementsprechend in der Ebene des Lokdaches bei unbelastetem Prüfvolumen.

Durch den Betreiber (LAUBAG) wurden verschiedene Betriebszustände für das Fahrzeug festgelegt, die es hinsichtlich der Störfestigkeit zu beurteilen galt. Für die Überwachung des Prüflingsverhaltens wurden dabei die Fehlerspeicher der Bordelektronik genutzt. Im Verlauf der EMV-Prüfung konnte keine Beeinflussung des Prüflings durch das elektromagnetische Störfeld festgestellt werden.

Derzeit laufen Untersuchungen zur weiteren Optimierung der Prüfanlage.



Abb. 2: Störfestigkeitstest an einer modernisierten Industrielokomotive

4.2.2. Untersuchung der Möglichkeit der Umstellung von kompensiertem Netzbetrieb auf niederohmige Sternpunktterdung (NOSPE) in einem Energieversorgungsnetz

Henryk Stürmer, ERI e.V.

Ein Erdschluss entsteht durch die leitende Verbindung eines Leiters mit Erde, der Doppelerdschluss durch die leitende Verbindung zweier Leiter über die Erdimpedanz.

Erdschlüsse können z. B. dadurch auftreten, dass ein Baum auf eine Freileitung fällt oder ein Kabel beschädigt wird.

Im Erdschlussfall ist die Sternpunktbehandlung entscheidend für den weiteren Netzbetrieb. Es werden verschiedene Arten der Sternpunktbehandlung mit gewissen Randbedingungen angewendet.

Hier seien genannt:

- Netze mit isolierten Sternpunkten
- Netze mit Erdschlusskompensation (Resonanzsternpunktterdung – RESPE)
- Netze mit niederohmiger Sternpunktbehandlung

Der Erdschlussstrom I_{eF} wird unter Beachtung verschiedener Bedingungen im wesentlichen durch die Erdkapazität C_E bestimmt:

$$I_{eF} \approx \sqrt{3} \cdot U_{bF} \cdot \omega C_E \quad (1)$$

I_{eF} - Erdschlußstrom

U_{bF} - Betriebsspannung ohne Fehler

ω - Kreisfrequenz $2 \cdot \pi \cdot f$

C_E - Erdkapazität

Nach Gleichung (1) wächst der Erdschlussstrom I_{eF} bei ausgedehnten Netzen auf unerwünscht hohe Werte an. Es besteht die Möglichkeit, an verschiedene Sternpunkte Erdschlusslöschspulen anzuschließen. Diese kompensieren weitgehend den Erdschlussstrom an der Fehlerstelle. Dadurch ist ein zeitlich begrenzter Weiterbetrieb des Netzes möglich.

Bei NOSPE sind ein oder mehrere Sternpunkte entweder direkt oder über niederohmige Impedanzen geerdet. Es entstehen im Falle eines Erdschlusses die Erdkurzschlussströme. Die Erdkurzschlussströme können Werte im Bereich der dreipoligen Kurzschlussströme annehmen. Der erdschlussbehaftete Schutzbereich wird sofort durch den Schutz abgeschaltet.

Problematisch ist bei kompensiertem Betrieb die Ortung der Fehlerstelle. Da die Ortung der Fehlerstelle bei genügend großem Erdkurzschlussstrom im NOSPE - betriebenen Netz keine Probleme bereitet, wird im vorliegenden Projekt untersucht, inwieweit eine Umstellung des Auftraggebernetzes auf NOSPE möglich, sinnvoll und rentabel ist.

In dem ersten Teilprojekt wurden eine Literaturrecherche sowie Simulationen mittels der Netzberechnungsprogramme CALPOS und ATP (*Alternative Transients Programm*) durchgeführt. Es wurden die Daten des gesamten Netzes bestehend aus vier Teilnetzen in die Simulationssoftware zur Netzmodellierung eingegeben. Durch die Variation verschiedener Parameter konnten unterschiedliche Fehlersituationen berechnet werden.

Nachfolgend sind zwei minimale Beispielnetze mit Erdfehler in ATP dargestellt.

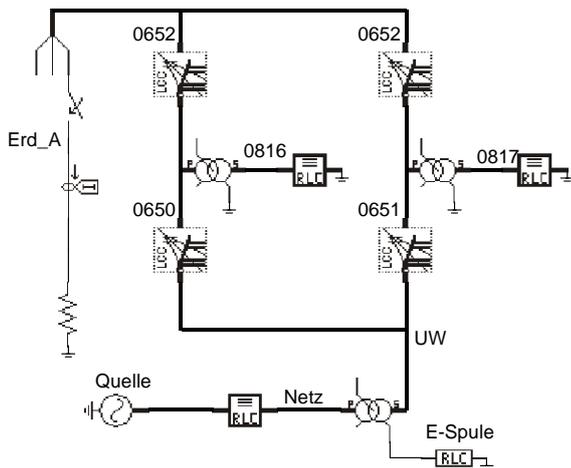


Abb. 3: Netz mit RESPE

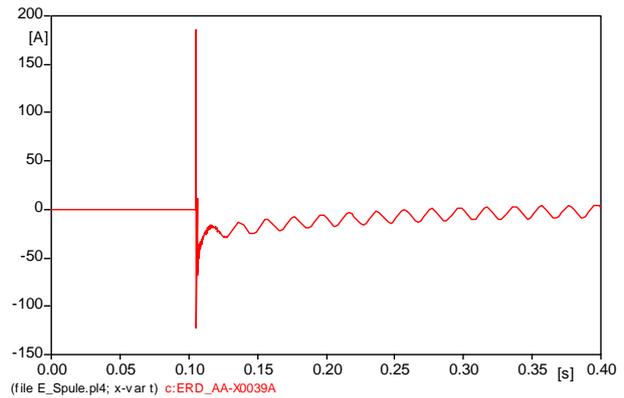


Abb. 4: Erdfehlerstrom mit RESPE

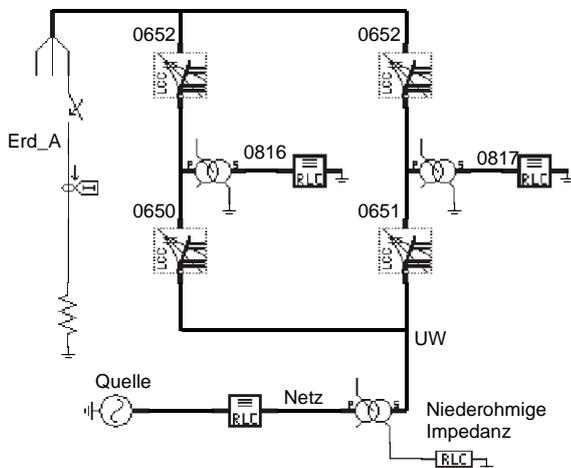


Abb. 5: Netz mit NOSPE

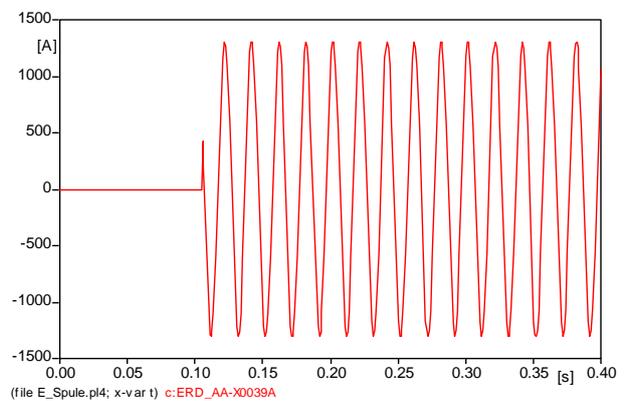


Abb. 6: Erdfehlerstrom mit NOSPE

Der Abschluss des Projekts erfolgt im Jahre 2003.

4.2.3. Dielektrische Prüfung von Strom- und Kombiwandlern

Holger Häusler - BTU Cottbus, Henryk Stürmer - ERI e.V

Hochspannungsmesswandler werden vor der Auslieferung an den Kunden stückgeprüft, um die Einhaltung der Spezifikation sicherzustellen. Dabei sind folgende Prüfungen notwendig:

Blitzstoßspannungsprüfungen dienen der Feststellung der elektrischen Festigkeit von Hochspannungsgeräten bei transienten Spannungsbeanspruchungen. Diese Spannungserhöhungen können in der Praxis durch äußere atmosphärische Einflüsse (äußere Überspannung, Blitz) verursacht werden. Die dadurch entstehende Stoßspannung kann die Betriebsspannung weit überschreiten und evtl. zu Durch- oder Überschlägen an Betriebsmitteln führen. Ob das Betriebsmittel derartigen Impuls-

belastungen widersteht, wird mittels eines genormten Blitzstoßimpulses mit $1,2 \mu\text{s}$ Anstiegszeit und $50 \mu\text{s}$ Rückenhalbwertszeit getestet.

Zur Überprüfung der dielektrischen Eigenschaften von Hochspannungsisolierungen werden die Messungen des *Verlustfaktors*, der *Kapazität* und der *Teilentladungen (TE)* genutzt.

Bei der *Stehwechselspannungsprüfung* erfolgt der Nachweis, dass das Betriebsmittel einer zeitweiligen Spannungserhöhung ohne Schädigung ausgesetzt werden kann. Die Spannung wird von 0 Volt bis zum Erreichen der Prüfspannung hochgefahren, bis zum Ablauf der Prüfzeit gehalten und danach wieder bis 0 Volt heruntergefahren.

Diese Prüfungen wurden an ölisolierten Stromwandlern (550 kV Nennspannung) und gasisolierten Kombiwandlern (420 kV und 245 kV Nennspannung) in der Hochspannungshalle des Lehrstuhls durchgeführt, da der Hersteller zu diesem Zeitpunkt keine ausreichende Prüfkapazität besaß.

Im Detail wurde an den Stromwandlern folgendes geprüft:

- Stehwechselspannungsprüfungen $U_{\text{rw}} = 680 \text{ kV}$; $f = 50 \text{ Hz}$; $t_d = 1 \text{ min}$
- Teilentladungsmessungen bei $U_{\text{rw}} = 680 \text{ kV}$ und $\frac{1,2}{\sqrt{3} \cdot U_m}$; $t_d = 1 \text{ min}$;
Nachweisgrenze $TE < 2 \text{ pC}$
- $\tan \delta$ - und C-Messung bei $U = 10 \text{ kV}$, 251 kV , 380 kV



Abb. 7: Kapazitätsmessung an einem Stromwandler

Die Prüfungen an den Kombiwandlern umfassten folgende Punkte:

- Blitzstoßspannungsprüfungen $\hat{U}_{rB} = 1050\text{ kV}, 1425\text{ kV}$, drei positive Impulse, drei negative Impulse, zwei abgeschnittene Impulse
 $\hat{U}_{rB} = 1210\text{ kV}, 1640\text{ kV}$
- Stehwechselfspannungsprüfungen $U_{rw} = 460\text{ kV}, 630\text{ kV}$;
 $f = 50\text{ Hz}; t_d = 1\text{ min}$
- Teilentladungsmessungen bei $1,3 \cdot U_m$, $1,2 \cdot U_m$ und $\frac{1,2}{\sqrt{3}} \cdot U_m$; $t_d = 1\text{ min}$;
Nachweisgrenze $TE < 2\text{ pC}$
- $\tan \delta$ - und C-Messung bei $U = 10\text{ kV}, 100\text{ kV}, 1,2 \cdot U_m$ und $\frac{1,2}{\sqrt{3}} \cdot U_m$
- Spannungsgenauigkeitsmessung bis $1,2 \cdot U_m$

U_{rw}	-	Bemessungs-Kurzzeitwechselfspannung
f	-	Frequenz
t_d	-	Prüfdauer
U_m	-	Bemessungsspannung
\hat{U}_{rB}	-	Bemessungsblitzstoßspannung



Abb. 8: Teilentladungsmessung an einem Kombiwandler

4.2.4. Innere Überspannungen in Energieversorgungsnetzen

Dirk Lehmann

Theoretische Beschreibung transienter Überspannungen und Fehlerströme infolge Erdfehler in Netzen mit freier, starrer und niederohmiger Sternpunktterdung sowie Resonanzsternpunktterdung

Theoretische Abhandlungen zur Entstehung transienter Überspannungen in Energieversorgungsnetzen infolge von Erdfehlern existieren nur Ansatzweise. Für die Auswertung von Langzeitmessungen, Störschrieben und theoretischen Berechnungen bedarf es einer fundierten Kenntnis über Entstehung und Ausbreitung transienter Ausgleichsvorgänge in Energieversorgungsnetzen.

Beispielgebend am Modell der endbelasteten Einfachleitung wurden die zeitlichen Verläufe für die Teilausgleichsvorgänge Entladeschwingung, Aufladeschwingung und Spulenausgleichsvorgang bei Resonanzsternpunktterdung für Spannung und Strom theoretisch hergeleitet. In den mathematisch physikalischen Beschreibungen reduzieren sich die Randbedingungen auf die Fehlerortentfernung, den Nullphasenwinkel der treibenden Spannung zum Zeitpunkt des Fehlereintritts und die resistive Erdübergangsimpedanz am Fehlerort.

Die Abb. 9 bis Abb. 14 zeigen aus den Lösungen der Teilausgleichsvorgänge ermittelten normierten Anfangsamplituden für die kapazitiven Blindspannungsabfälle bei Erdschlusseintritt in Netzen mit Resonanzsternpunktterdung in Abhängigkeit von Fehlerortentfernung und Nullphasenwinkel der Leiter – Mittelpunkt – Spannung bei Fehlereintritt.

Die vollständige Beschreibung für einphasige Erdfehler mit Resonanzsternpunktterdung beinhaltet bei Reduktion der Erdschlusslöschspulenreaktanz die theoretischen Zusammenhänge für freie, starre und niederohmige Sternpunktterdung.

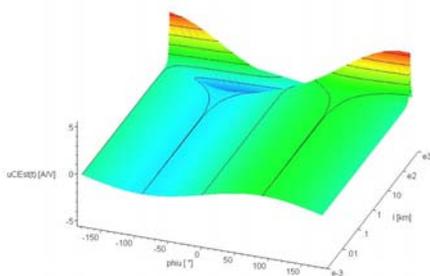


Abb. 9: Normierte Anfangsamplitude des stationären kapazitiven Blindspannungsabfalls der Entladeschwingung

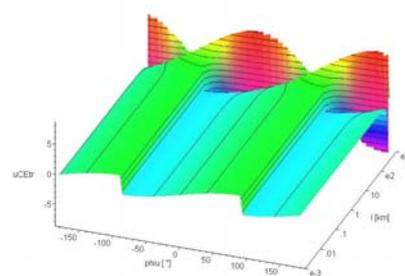


Abb. 10: Normierte Anfangsamplitude des transienten kapazitiven Blindspannungsabfalls der Entladeschwingung

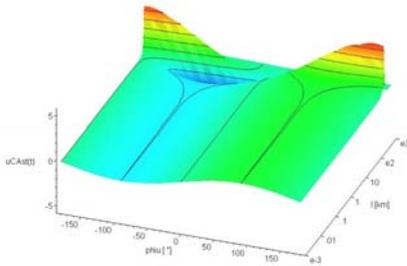


Abb. 11: Normierte Anfangsamplitude des stationären kapazitiven Blindspannungsabfalls der Aufladeschwingung

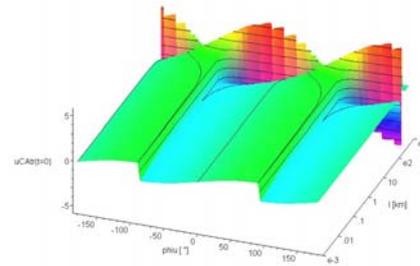


Abb. 12: Normierte Anfangsamplituden des transienten kapazitiven Blindspannungsabfalls der Aufladeschwingung

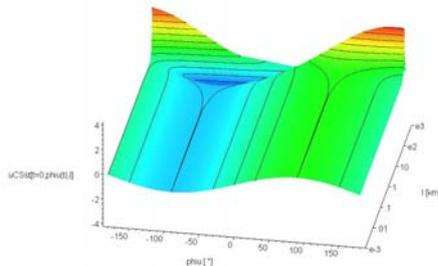


Abb. 13: Normierte Anfangsamplitude des stationären Querspannungsabfalls vom Spulenausgleichsvorgang

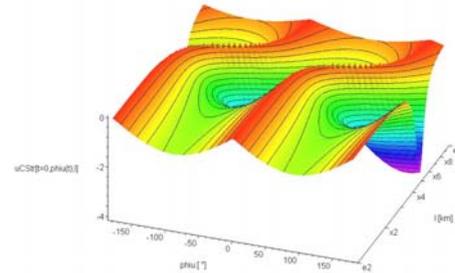


Abb. 14: Normierte Anfangsamplitude des transienten Querspannungsabfalls vom Spulenausgleichsvorgang

Durch die theoretische Abhandlung sind für die Berechnung der zeitlichen Verläufe transients Ausgleichsvorgänge von Erdschlüssen markante Fehlerkonstellationen mit ihren Spannungs- und Stromverläufen ableitbar.

4.2.5. Integration energiewirtschaftlicher Aspekte in Systeme der Produktionsplanung und –steuerung

Alexis Bonneschky

Ausgehend von den am Lehrstuhl Energiewirtschaft (weiter-) entwickelten Ansätzen zur Systematisierung der betrieblichen Energiebewirtschaftung wurden Lösungen für eine energieorientierte Produktionsplanung und –steuerung erarbeitet, die in eine direkte Verknüpfung von produktions- und energiewirtschaftlich ausgerichteten Zielfunktionen münden

Im Rahmen der technologischen Gegebenheiten und nach Prüfung der Erreichbarkeit aller primär an die Umsetzung eines bestimmten Fertigungsauftrages gestellten Zielgrößen lassen sich Energieeinsparpotentiale insbesondere durch die logistische Abstimmung einzelner Produktionsschritte erschließen. Anzuführen sind hierbei in erster Linie die Reduzierung von energetischen Verlusten (insbesondere durch Optimierung von Anlagenfahrweisen, wie Teillast, häufige Stillstände und Anfahrvorgänge) und das gezielte Eintakten von Arbeitsgängen zur Ver-

meidung ausgeprägter Lastspitzen. Stellt sich, nicht zuletzt im Zuge der Liberalisierung des Energiemarktes, die Aufgabe an den Lieferanten zeitlich abgestimmte, bedarfsgerechte Energiemengen auf Grundlage der Kenntnis des Verbrauchsverhaltens seiner Kunden vorzuhalten, so eröffnen sich gerade in diesem Aufgabenbereich des Energiemanagements neue Möglichkeiten für das Produktionsunternehmen, durch verlässliche Bedarfsvorhersagen im Ergebnis der Fertigungsplanung seine Energiebezugskosten zu senken und damit seine Wettbewerbsposition zu stärken (Dissertation, abgeschlossen am 22.03.2002).

4.2.6. Fuzzy-Clusteranalyse als Methode zur verbesserten Modellierung und Klassifizierung von Lastganglinien zu Lastprofilen in der Energiewirtschaft

Remo Tiedemann

Der Kern, der sich durch die Liberalisierung der Energiemärkte ergebenden Problemstellungen, ist die Kenntnis über Lastverläufe der Einzelverbraucher und Verbrauchergruppen. Dieses Wissen ist beispielsweise Voraussetzung, um in die heutigen dynamischen Versorgungsstrukturen einen Versorgerwechsel zu ermöglichen oder die Anteil von nicht leistungsgemessenen Kunden an der Netzbelastung zu ermitteln. Hierfür sind Methoden und Werkzeuge zu entwickeln beziehungsweise anzuwenden, die auf Grundlage historischer Messdaten und ohne großen finanziellen, personellen und zeitlichen Aufwand eine zuverlässige Angabe über den Lastverlauf abgeben. Ein vielversprechender Weg ist die Entwicklung und Anwendung von Lastprofilen, unter Berücksichtigung signifikanter Einflussfaktoren. Die Fuzzy-Clusteranalyse bietet dafür interessante neue Ansätze (Dissertation).

4.2.7. Der industrielle Energiekunde als aktiver Partner am Energiemarkt

Alexis Bonneschky

Mit der Öffnung der Energiemärkte hat sich der Handlungsspielraum für Produktionsunternehmen im Bereich der Energiebewirtschaftung maßgeblich geändert. Der Lieferant ist frei wählbar. Neben Arbeits- und Leistungspreisen lassen sich mit dem Lieferanten Vergütungen für hochwertige Vorhersagen zum erwarteten Energieverbrauch aushandeln. Die Frage: „*Sind herkömmliche Instrumente für die Fertigungsplanung und –lenkung mit Hilfe geeigneter Indikatoren auch für die Optimierung der Energiekosten des Unternehmens in Anwendung zu bringen?*“ wurde mit der Erprobung des Prototyps eines energieorientierten Produktionsplanungs- und steuerungssystems (ePPS) grundsätzlich mit „Ja“ beantwortet. Den Ausgangspunkt für die weitere Forschung auf diesem Gebiet bildet eine detaillierte Untersuchung der Branchen und Produktionstypen, für die sich der Einsatz von ePPS im besonderen Maße bezahlt macht.

Neben der Erörterung von organisatorischen sowie mess- und datentechnischen Voraussetzungen sind soweit möglich mit Hilfe weiterer Beispiellösungen potentielle Anwender durch konkrete Kostenoptimierungspotentiale zu motivieren und zu aktivieren. Diesbezüglich sind Möglichkeiten zur Optimierung der innerbetrieblichen Energieanwendung aber auch Chancen darzulegen, die sich an der Schnittstelle zum Lieferanten durch den Wandel einer reinen Abnehmer-Versorger-Beziehung hin zu einer kooperativen Kunden-Dienstleister-Partnerschaft ergeben können.

4.2.8. Lastgangerfassung und –analyse im Haushaltbereich

Remo Tiedemann

Zur Weiterentwicklung und Validierung von Lastprofil-Modellen werden gezielt einzelne Zählpunkte für die Abnahme von Strom langfristig erfasst und analysiert. Erfasst werden ausgewählte Haushalt- sowie Wärmestrom-Kunden und eine dezentrale Erzeugungsanlage (PV-Fassade).

4.2.9. Lastprofile für die leitungsgebundene Energieversorgung im Land Brandenburg

Remo Tiedemann

Projekt im Rahmen der Brandenburgischen Energie Technologie Initiative (ETI) Erfassung und Analyse von Tarifikunden-Lastgängen Brandenburgischer EVU mit einer vergleichenden Bewertung zu den Repräsentativen VDEW-Lastprofilen. Zwischenergebnis: Aufbau eines Datenpools mit Stationsmessungen und Einzelmessungen im Bereich Haushalt und Gewerbe.

4.3. Industrieprojekte

4.3.1. Entwicklung und Test einer Merging Unit (Elektronik)

Alexander Feige

Strom- und Spannungswandler werden in den Hoch- und Mittelspannungsnetzen zur genauen Messung von Strömen und Spannungen, sowie daraus abgeleitet zur Berechnung der elektrischen Energie eingesetzt. Im Rahmen des Interreg III Projektes, in dem optische Strom- und Spannungswandler im Feldtest erprobt werden, soll die Merging Unit mit zum Einsatz kommen.

Die Merging Unit besitzt verschiedene optische, analoge und digitale Eingänge. Die Aufgabe der Merging Unit ist die „Erzeugung und Ausgabe eines digitalen Datenpaketes mit zeitkohärenten Momentanwerten. Auch bei der Verwendung von unterschiedlichen Sensortechniken mit analogen oder digitalen Ausgängen, wo-

durch sich unterschiedliche Verzögerungen einstellen können, muss die Zeitkorrelation stimmen. Deshalb muss die Merging Unit den Abtastzeitpunkt festlegen und eine Synchronisation durchführen. Weiterhin müssen feste sensorspezifische Verzögerungen und variable Verzögerungen durch unterschiedliche Übertragungslängen berücksichtigt werden.

Die Entwicklung dieser Merging Unit ist die Konzeption einer elektronischen Einheit zur simultanen Erfassung und Verarbeitung von mehreren, u.U. auch verschiedenartigen Strom- und Spannungssignalen. Die Richtlinien für die Anforderungen und Funktion dieser Merging Unit sind in der IEC 60044-8, welche die Basis für diese Entwicklung darstellt, festgelegt.

Die Momentanwerte von Strom und Spannung werden von der selben Unit aufgenommen und mit hoher Zeitgenauigkeit zu den Mess- und Schutzgeräten übertragen. Dabei wird die Möglichkeit die Strom- und Spannungsmesswerte einer Leitung, d.h. von allen drei Phasen in einem gemeinsamen Protokoll zu übertragen, empfohlen. Bei der Signalverarbeitung treten Zeitverzögerungen und Phasenfehler in bestimmtem Umfang auf. Lösungen wie solche Fehler auf das vorgeschriebene Maß zu beschränkt werden können, stellen den Hauptinhalt dieser Entwicklung dar und sollen in ihrer Konsequenz zu realisierbaren Lösungen für die internen Signalverarbeitungswege in der Merging Unit (MU) führen.

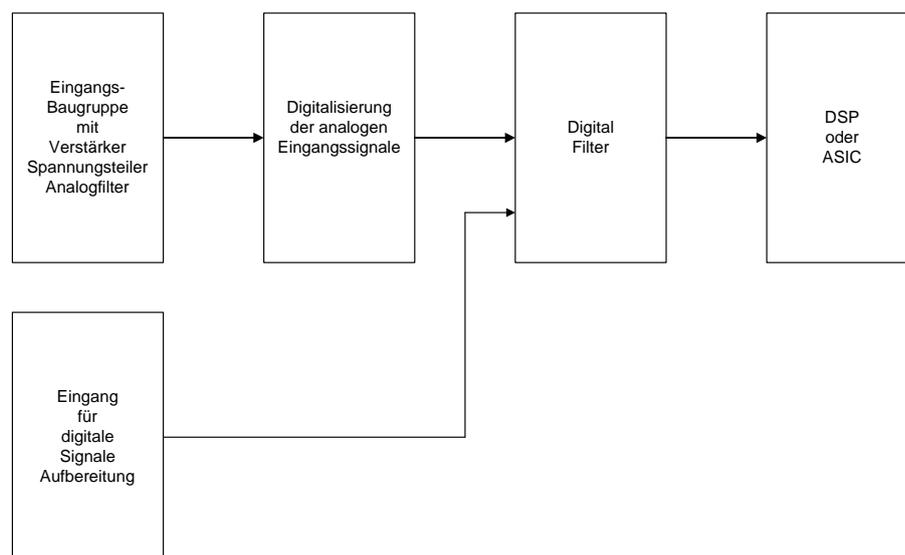


Abb. 15: Eingangsmodul MU

4.3.2. Entwicklung eines optischen Stromwandlers mit Eisenkern

Maik Honscha

Basierend auf den Resultaten vorangegangener Untersuchungen wurde im Rahmen der Entwicklung optischer Messwandler ein optischer Stromwandler mit Eisenkern entwickelt.

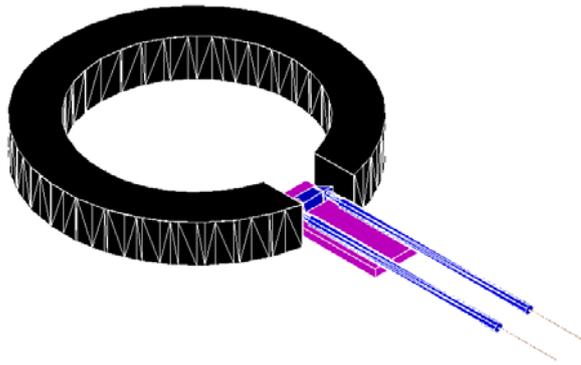


Abb. 16: Prinzipskizze des Sensoraktivteils

Dieser besteht aus einem Eisenkern mit Luftspalt, der den stromführenden Leiter umschließt. Im Luftspalt befindet sich die Sensoroptik. Sie besteht aus zwei Kapillaren, in denen die Glasfasern fixiert sind. Am Ende der Kapillaren befinden sich zwei Gradient-Index-Linsen, die das Licht aus den Fasern aus- bzw. wieder einkoppeln. Das eigentliche Sensormedium wird durch einen BGO-Kristall gebildet, durch den das Licht hindurch geleitet wird. An den Enden des Kristalls sind Polarisatoren fixiert, die das Licht polarisieren bzw. nach dem Passieren des Kristalls wieder analysieren. Umlenkprismen sorgen dafür, dass das Licht entsprechend den Feldlinien des Magnetfeldes ausgerichtet wird. Die gesamte Optik ist auf einem Glasträger fixiert. Eisenkern und optische Sensorik befinden sich in einem Gehäuse aus Hartmatte (Gfk-ähnlicher Kunststoff). Das Wirkprinzip der Strommessung basiert auf dem Faraday-Effekt, wonach sich die Polarisationsebene von linear polarisiertem Licht dreht, wenn das Licht ein Sensormedium passiert, welches sich in einem Magnetfeld befindet. Voraussetzung ist dabei, dass das Sensormedium eine materialspezifische Verdet-Konstante besitzt. Der Eisenkern dient dazu, den Magnetfluss zu konzentrieren.

Bei den anschließenden Tests wurde die Linearität und das Temperaturverhalten ermittelt.

Dazu wurde die Hochstromanlage und die Temperaturprüfruhe benutzt. Im Temperaturbereich von -30°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ betrug der Temperaturfehler nur $\pm 0,5\%$. Das wurde ohne zusätzliche Kompensationseinrichtungen erreicht. Setzt man den optischen Wandler für Schutzzwecke ein, so ist der Temperaturfehler befriedigend. Für Mess- und Verrechnungszwecke müsste der Temperaturfehler auf weniger als $\pm 0,2\%$ reduziert werden.

Die darauffolgenden Untersuchungen wiesen das lineare Verhalten des optischen Stromwandlers nach. Hierzu wurden die Hochstromanlage und der Wandlermessplatz für elektronische Wandler eingesetzt. Die Tests zeigten ein lineares Verhalten im Bereich von 50 bis 2000 A. Hier betrug der Amplitudenfehler nur $\pm 0,2\%$, was für Verrechnungszwecke zufriedenstellend ist. Ab 2000 A ging der Eisenkern in die Sättigung, wodurch der Fehler bei 5000A schon bei 5% lag. Für Schutzanwendungen ist dies nicht akzeptabel. Allerdings rechtfertigen die bis-

her erreichten Ergebnisse eine Weiterentwicklung des Optischen Stromwandlers. Die nun anstehenden Untersuchungen konzentrieren sich auf die Erweiterung des Dynamikbereiches und die Reduzierung des Phasen- und Amplitudenfehlers.



Abb. 17: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Linearität des optischen Stromwandlers (v.l.n.r.: Referenzwandler, optischer Stromwandler (auf dem Tisch), Hochstromanlage)

4.3.3. EMV-Nachweismessungen in Kraftwerken

Gunnar Löhning, Lothar Kleinod

Zur Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit in Kraftwerken ist es erforderlich, dass alle Geräte bzw. Einrichtungen innerhalb der Anlage nur in begrenztem Ausmaße Störungen aussenden („Störemission“) und gegen bestimmte Störeinträge unempfindlich sind („Störfestigkeit“). Dabei ist eine EMV-Planung für den Kraftwerksbereich durch die Vielzahl der auftretenden Störphänomene und die räumliche Ausdehnung und Komplexität der Anlagen besonders kompliziert.

Auf Grundlage einer EMV-Analyse wurde ein EMV-Konzept entwickelt, welches den gesamten Kraftwerksbereich in EMV-Schutzzonen (Bereiche mit gleichen elektromagnetischen Umgebungsbedingungen) untergliedert. Für diese EMV-Zonen wurden dann EMV-Anforderungen (Grenzwerte für Störfestigkeit und Störaussendung) an Komponenten und Betriebsmittel erarbeitet.

Um die Praxistauglichkeit der formulierten Grenzwerte nachzuweisen, wurden die normalerweise in Kraftwerksanlagen auftretenden Störpegel („Ist-Zustand“) messtechnisch erfasst. Da viele Störgrößen (ESD, impulsförmige Magnetfelder, schnelle Transienten, Blitzstoßspannungen ...) durch ihr zeitlich und örtlich zufälliges Auftreten messtechnisch nur sehr schwierig zu erfassen sind, lag der Schwerpunkt der Nachweismessungen zunächst auf den 50 Hz-Magnetfeldern und den Funk-

störfeldern. Außerdem wurden exemplarische Messungen der Störwirkung von Schaltvorgängen durchgeführt. Ziel war hier, die Erfassung der durch den Schaltvorgang generierten impulsförmigen Magnetfelder und transienten Überspannungen.

Anhand der durchgeführten Messungen in verschiedenen Kraftwerken konnte die Praxistauglichkeit der erarbeiteten EMV-Anforderungen bestätigt werden.

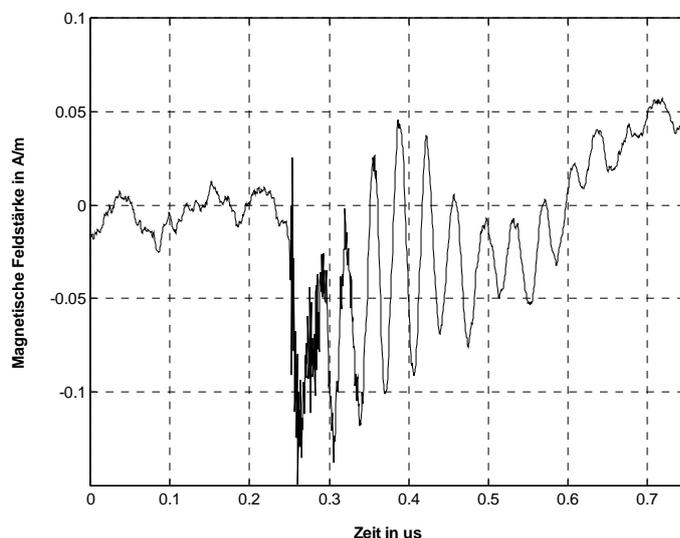


Abb. 18: Beim Schalten eines NS-Leistungsschalters erzeugter Störimpuls (Beispiel)

4.3.4. Berechnung impulsförmiger hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Maik Koch

Problemstellung

Der EMV-Prüfgenerator SYS.T.E.M.P. erzeugt sehr hochfrequente und bezüglich ihres zeitlichen Verlaufs impulsförmige elektromagnetische Felder. Dabei sind die Kennwerte eine obere Grenzfrequenz von 1 GHz und eine Stirnanstiegszeit von wenigen Nanosekunden. Die Impulse, welche durch den elektrischen Durchschlag einer Druckgasfunkenstrecke erzeugt werden, breiten sich über Wellenleiter aus Aluminium aus und sollen in einem Abschlusswiderstand absorbiert werden. Während der Ausbreitung der Impulse werden elektromagnetische Felder emittiert.

Die Erzeugung, Ausbreitung und Absorption der Impulse soll optimiert werden. Möglich wäre der praktische Umbau der Konstruktion zur Variation verschiedener geometrischer Parameter. Diese Vorgehensweise ist zeit-, material- und kostenintensiv. Viel versprechend erscheint demgegenüber die numerische Simulation des Generators mit Einsparungen und einfachen Variationen in den genannten Parametern.

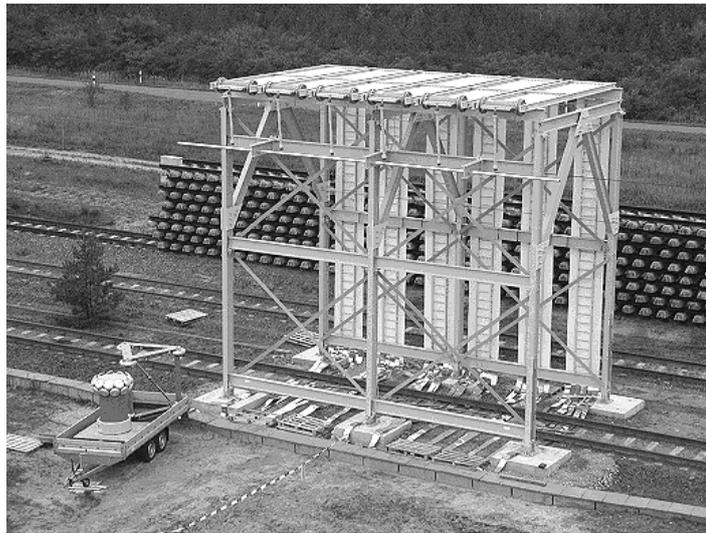


Abb. 19: EMV-Prüfgenerator SYS.T.E.M.P. im Tagebau Cottbus-Nord

Verfügbare Software

Die angebotene kommerzielle Software zur numerischen Berechnung elektromagnetischer Felder lässt sich nach verschiedenen Kriterien unterscheiden. Zunächst in der Art der Rechenmethode und der Diskretisierung des Feldbereichs (u.a. Finite Element Method FEM, Boundary Element Method BEM, Method of Moments MOM, Finite Distance Method FDTD, Finite Integration Method FITD). Weiterhin erfolgt die Lösung entweder im Frequenzbereich (üblich bei auf der FEM basierender Software) oder im Zeitbereich (z.B. FDTD, FITD).

Eine Berechnung im Zeitbereich ist sinnvoll bei einem Feld mit breitem und hohem Frequenzspektrum. Bei Lösung im Frequenzbereich wäre die Simulation für viele interessierende Stützfrequenzen notwendig als auch die Transformation der Ergebnisse in den eigentlich interessierenden Zeitbereich. Beide Schritte sind sehr zeitaufwändig. Weiterhin ist die Visualisierung der Ergebnisse nur wenig zufriedenstellend.

Vorteilhaft erscheint die Diskretisierung des Feldbereichs mittels Finiter Elemente wegen der guten Nachbildung der realen Geometrien. Nachteil ist jedoch die überproportionale Zunahme des Bedarfs an Hauptspeicher (RAM) mit dem Berechnungsvolumen. Demgegenüber ist der Bedarf an Hauptspeicher bei der Diskretisierung mittels Finiter Differenzen direkt proportional zu dem zu berechnenden Feldvolumen. Nachteil dieser Methode war bisher eine nur ungenaue Nachbildung der wirklichen Geometrie, was durch die Anwendung der Perfect Boundary Approximation (PBA) mehr als aufgehoben ist.

Notwendig zur Berechnung der Impulsausbreitung am EMV-Prüfgenerator SYS.T.E.M.P. ist die vollständige Lösung der Maxwell'schen Gleichungen mit Berücksichtigung von leitungs- und feldgeführten Anteil. Software auf Basis der FEM kann diese Anforderung nicht erfüllen.

Unter Einbeziehung weiterer Kriterien wird Software verwendet, die auf Basis der Theorie der Finiten Integration arbeitet. Der Feldbereich wird mittels finiter Differenzen diskretisiert und eine vollständige direkte Lösung der Maxwell'schen Gleichungen im Zeitbereich wird errechnet.

Numerische Berechnungen

Die gewählte Software ermöglicht die Berechnung der Impulsausbreitung auf dem Wellenleiter und im Feldraum. Damit können Reflexionsstellen lokalisiert und Schwingungserscheinungen festgestellt werden. Weiter kann die Impulsausbreitung optimiert und die absorbierende Wirkung des Abschlusswiderstandes beurteilt werden. Schließlich ist die Einwirkung des Impulsfeldes auf Prüflinge beobachtbar.

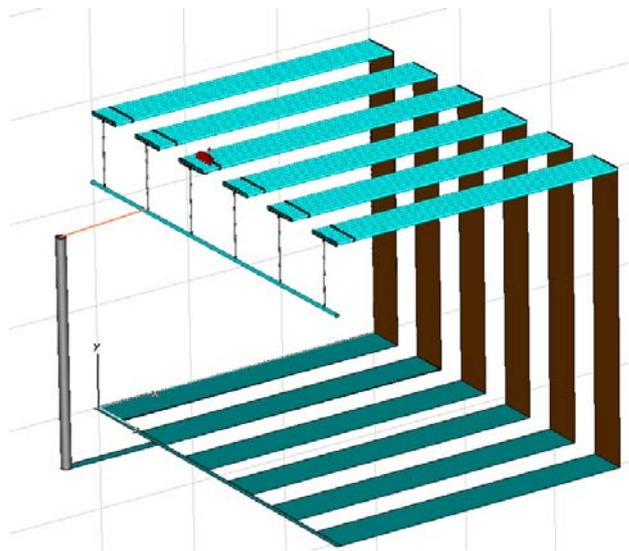


Abb. 20: EMV-Prüfgenerator als Modell im FDTD- Feldberechnungsprogramm

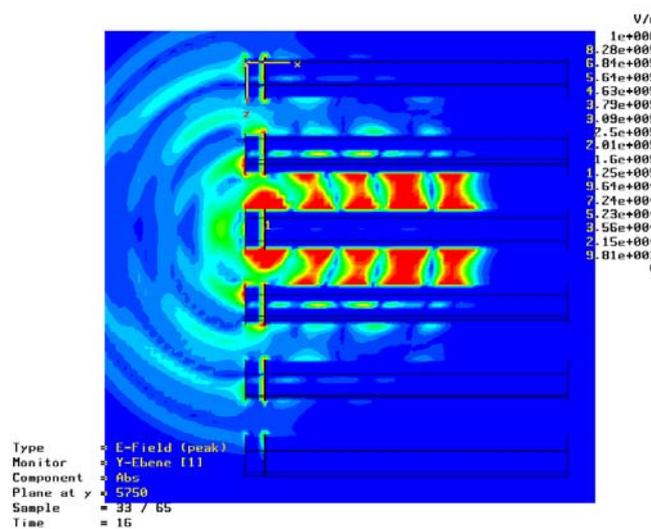


Abb. 21: Ausbreitung des elektromagnetischen Impulses nach dessen Auslösung

Die obige Abbildung stellt die elektrische Feldstärke des Impulsfeldes in der Y-Ebene (horizontal) bei Draufsicht auf die Wellenleiter des Generators dar. Die Führung des Feldes durch die Wellenleiter und eine Oszillation des Impulses ist deutlich erkennbar.

Weitere Berechnungen ermöglichen die oben beschriebene Optimierung des konstruktiven Aufbaus und verschiedener Parameter des EMV-Prüfgenerator SYS.T.E.M.P..

4.3.5. Einsatz von strombegrenzenden Halbleiterschaltern im Kraftwerkseigenbedarf

Klaus Pfeiffer

Die durch Kurzschlussströme hervorgerufenen thermischen und dynamischen Beanspruchungen (insbesondere auch Störlichtbogenbeanspruchungen) bestimmen weitestgehend die Dimensionierung der Anlagen und Betriebsmittel. In den letzten Jahren wurden verschiedene Arten von Kurzschlussstrombegrenzungseinrichtungen wie z. B. resistive Strombegrenzer auf Basis von Hochtemperatur-Supraleitern bis zur Prototypenreife entwickelt. Hohe Kosten standen jedoch einem praktischen Einsatz bisher entgegen. Durch den Einsatz von Halbleiterschaltern, die aufgrund ihrer Schnelligkeit beim Schalten die Kurzschlussströme weit vor Erreichen des unbegrenzten Stoßkurzschlussstromes unterbrechen, ist ebenfalls eine Kurzschlussstrombegrenzung zu erreichen. Solche Halbleiterschalter sind in absehbarer Zeit auch für größere Bemessungsströme praktisch einsetzbar.

Im Rahmen dieser von Vattenfall Europe Generation AG und Co. KG initiierten und geförderten Arbeit, bei der ebenfalls die Siemens AG technisch und finanziell eingebunden ist, soll der Einfluss von strombegrenzenden Halbleiterschaltern in Kraftwerkseigenbedarfsnetzen untersucht werden, damit eine Komplettlösung für neue Energieversorgungssysteme, bestehend aus

- Kurzschlussstrombegrenzungseinrichtung (Halbleiterschalter)
- neue oder angepasste Versorgungsstrukturen
- neue Schaltanlagengeneration (einschließlich veränderter Schaltgeräte)
- neue Schutz- und Steuerungssysteme

erarbeitet werden kann.

Eine solche Komplettlösung muss angestrebt werden, damit die technischen Vorteile der Kurzschlussstrombegrenzung auch eine deutliche Reduzierung der Investitionskosten ergeben.

Durch Berechnungen mit dem Programm NETOMAC werden für einsträngige und redundante Kraftwerkseigenbedarfs-Versorgungsstrukturen die zeitlichen

Strom- und Spannungsverläufe für unterschiedlichste Fehlerorte und –arten bei Variation von

- Einsatzort des Halbleiterschalters
- Bemessungsleistung der Transformatoren
- motorische Belastungen
- Abnehmerleistungen in Unterverteilungen
- Kabelverbindungen zwischen Haupt- und Unterverteilungen

ermittelt. Das Modell des Halbleiterschalters für die NETOMAC-Berechnungen wurde von der Siemens AG zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus besteht mit der Siemens AG sowie mit Vattenfall Europe Generation AG und Co. KG auch eine Zusammenarbeit bei der Bearbeitung einiger Teilaufgaben.

Die Auswertung der Berechnungsergebnisse umfasst u.a. folgende Punkte:

- Einfluss der Strombegrenzung auf die Kabeldimensionierung

(welche Querschnittsreduzierungen sind aufgrund der neuen thermischen Beanspruchungen unter Beachtung aller Kabelauswahlkriterien möglich)

- Gestaltung und Dimensionierung von Schaltanlagen einschließlich der zugehörigen Betriebsmittel

(Darstellung der neuen Gestaltungsmöglichkeiten für die neuen dynamischen und thermischen Beanspruchungen sowie die zu erwartende bedeutungslos gewordene Störlichtbogenbeanspruchung)

- Neues Schutz- und Steuerungskonzept
- Technische und ökonomische Gesamtbewertung

(Einbeziehung aller Einzelergebnisse der Untersuchungen über Betriebsmittel und Schaltanlagen sowie Schutz- und Steuerungskonzept in eine Gesamtbewertung)

4.3.6. Schaltanlagenprüfungen

Holger Häusler (BTU), Lothar Kleinod (ERI), Dirk Lehmann (BTU)

Schaltanlagen der Elektrotechnik müssen unter Betriebsbedingungen einer Vielzahl von Umgebungseinflüssen standhalten. Klimaprüfungen für Schaltanlagen simulieren unterschiedliche Umgebungsbedingungen und lassen die Anlagen künstlich altern.

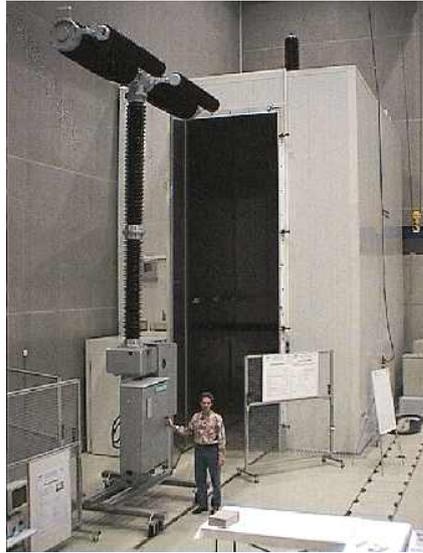


Abb. 22: Klimakammer des Energieressourcen-Instituts Cottbus e.V.

In der Hochspannungshalle des Lehrstuhls Energieverteilung und Hochspannungstechnik befindet sich zu diesem Zweck die Klimakammer des Energieressourcen Instituts Cottbus e.V. mit einem Raumvolumen von über 270m³.

Die Klimakammer arbeitet automatisch in einem Temperaturbereich von -50°C bis $+80^{\circ}\text{C}$. Die relative Luftfeuchte ist in einem Bereich von 10% bis 95% regelbar. Mit diesen Parametern ist die Klimakammer für Klimaprüfungen technischer Anlagen und Geräte geeignet. Zusätzlich können elektrotechnische Prüflinge über geeignete Durchführungen mit Wechselspannung bis zu 360kV versorgt werden, so dass das elektrische Verhalten bei Langzeitklimaprüfungen untersucht werden kann.

In der BTU Cottbus wurden im Jahr 2002 durch den Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik eine Reihe von Schaltanlagenprüfungen mit Klima- und Temperatureinfluss im Auftrag von Industrieunternehmen als Drittmittelprojekte durchgeführt u.a.:

- Alterungsprüfungen in Anlehnung an IEC Report 60932 bzw. IEC 60068-2-30
- Vereisungsprüfungen in Anlehnung an IEC Report 62271-102
- Grenztemperaturprüfungen in Anlehnung an IEC 60964.

Alterungsprüfungen

Über den Zeitraum von 45 Tagen wurden Alterungsprüfungen an drei Mittelspannungsschaltanlagen gleichzeitig durchgeführt. Die Prüflinge wurden dazu in der Klimakammer des Energieressourcen-Instituts Cottbus e.V. aufgebaut.



Abb. 23: Mittelspannungsschaltanlage während der Alterungsprüfung

Die Klimakammer wurde bei einer zyklisch wechselnden Temperatur von 30°C bis 50°C bei einer relativen Luftfeuchte von 95% gefahren. Nach 9-tägigen Prüfperioden wurden an den Schaltanlagen

- visuelle Befundungen des Alterungszustandes,
- mechanische Schalthandlungen und
- elektrische Spannungsprüfungen

durchgeführt.

Die Schaltanlagen wurden über den gesamten Prüfzeitraum dreiphasig mit 24kV-Nennspannung von der Hochspannungsdrehstrombank der BTU-Cottbus versorgt. Während der 9-tägigen Prüfperioden wurde automatisch im Minutenabstand der Ableitstrom der einzelnen Schaltanlagen gemessen.

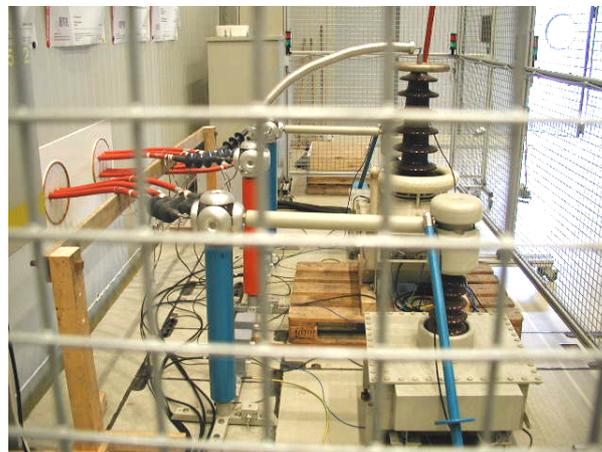


Abb. 24: 24kV-Drehstrombank

Der Messaufbau und das Messprogramm wurden durch den Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik in Abstimmung mit dem Auftraggeber entwickelt. Im Anschluss an die Prüfungen wurden aus den Messwerten die Isolationswiderstände in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur bei 95% relativer Luftfeuchte ermittelt und deren Änderung untersucht.

Vereisungsprüfungen

Für ein Freiluftschaltgerät wurde durch ein Industrieunternehmen eine Vereisungsprüfung beauftragt. Bei einer Vereisungsprüfung wird der Prüfling mit einer nach IEC Report 62271-102 definierten Eisschicht beaufschlagt.



Abb. 25: Vereister Mittelspannungs-Freileitungsschalter

Nach dem Erreichen der erforderlichen Eisstärke werden Schalthandlungen (Ein- bzw. Ausschaltung) am Prüfling durchgeführt. Während der Schalthandlungen werden die Zeiten für das Öffnen bzw. Schließen der Schaltkontakte gemessen, um daraus Aussagen über die Funktionsfähigkeit des Schaltgerätes unter Eisbelastung abzuleiten.

Grenztemperaturprüfungen

Hochspannungsschaltgeräte sind wichtige Bestandteile eines Energieversorgungsnetzes. An die Zuverlässigkeit unter Temperatureinfluss werden höchste Anforderungen gestellt. Ein Kriterium für die Beurteilung der Zuverlässigkeit ist die Vermessung der Schaltzeiten unter Temperatureinfluss. Für die Schaltzeiten von Hochspannungsschaltgeräten gelten enge Toleranzen, die bei hohen und tiefen Temperaturen nachgewiesen werden müssen. Das ERI wurde beauftragt entwicklungsbegleitende sowie auch normgerechte Grenztemperaturprüfungen an verschiedenen Hochspannungsschaltgeräten durchzuführen. Die Grenztemperaturprüfungen wurden bei -30°C bis $+55^{\circ}\text{C}$ etappenweise durchgeführt. Während

jeder Etappe wurden die Schaltzeiten des Prüflings durch den jeweiligen Auftraggeber vermessen.



Abb. 26: Einbau eines Hochspannungsschalters in die Klimakammer

Die Prüfung an einem 245kV-Hochspannungsschalter Prüfung von einem anerkannten Gesellschaft für elektrische Hochleistungsprüfungen zertifiziert.

4.3.7. Isolationskoordination im Energieversorgungsnetz eines Tagebauvorschnitts

Dirk Lehmann

Transiente Überspannungen infolge von Erdfehlern in erdschlusskompensierten Netzen können zu erheblichen Schädigungen der Isolation elektrischer Betriebsmittel führen. Ein zunehmender Einsatz elektronischer und leistungselektronischer Baugruppen sowie die Optimierung der elektrischen Betriebsmittel in Mittel- und Hochspannungsnetzen auf ihre Nenndaten erfordert eine Sensibilisierung von Netzplaner, Schaltanlagenbauer, Errichter und Betreiber auf den zunehmenden konzeptionellen Schutz gegen transiente Spannungen äußerer und innerer Herkunft.

Im Rahmen einer Netzstudie wurde das Konzept zur Isolationskoordination und die Wahl der Überspannungsableiter in einem mittlerweile neu errichteten Tagebauvorschnittnetz betrachtet und die Ausbreitung markanter transienter Spannungen infolge von markanten Erdfehlern untersucht.

Anhand markanter Erdfehler wie Erdeschluss, Erdschlusswischer, intermittierender Erdschlusswischer und der Variation von Netzspannung, Fehlerort und Erdübergangswiderstand wurde die Wirksamkeit des Überspannungsschutzkonzeptes und der Isolationskoordination untersucht (Abb. 27 und Abb. 28).

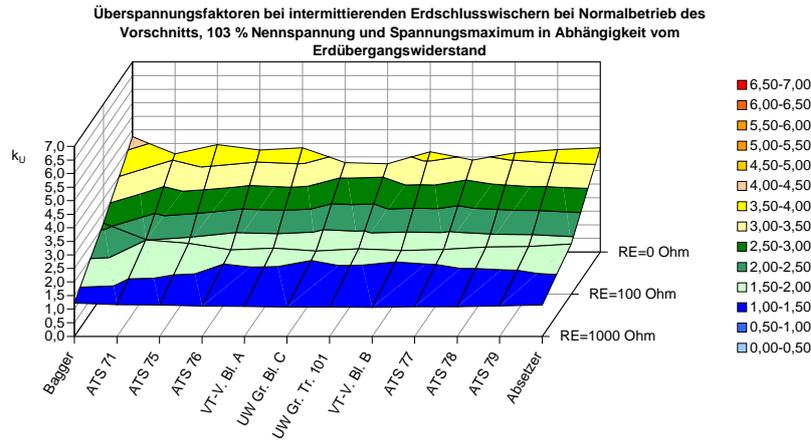


Abb. 27: Überspannungsfaktoren beim intermittierenden Erdschlusswischer mit Umladung im Spannungsmaximum in Abhängigkeit vom Erdübergangswiderstand bezogen auf die Lastflussberechnung

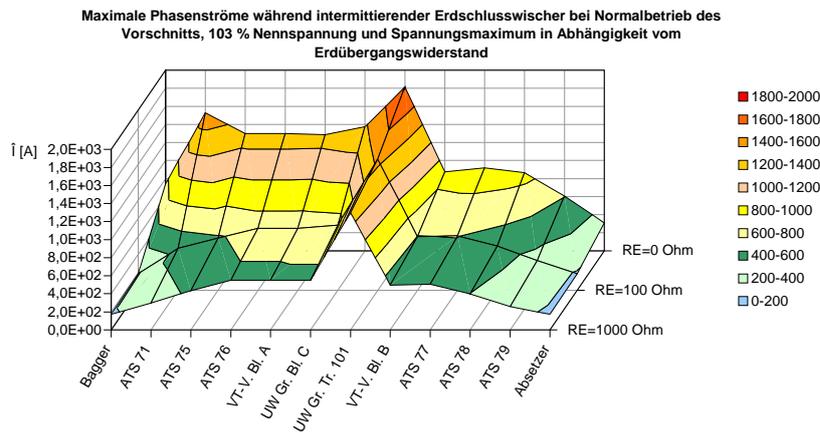


Abb. 28: Maximale Phasenströme beim intermittierenden Erdschlusswischer mit Umladung im Spannungsmaximum in Abhängigkeit vom Erdübergangswiderstand

Als interessant kristallisierte sich die Abhängigkeit der Überspannungsfaktoren zu den Fehlerkonstellationen heraus, wobei im wirksam geschützten Netz normabweichende Überspannungsfaktoren von $k_u \leq 4,7$ zu verzeichnen sind (Abb. 27).

4.3.8. Transiente Ausgleichsvorgänge infolge Querfehler in Mittelspannungsnetzen des Bergbaus

Dirk Lehmann

In Anlehnung an die Untersuchungen zur Isolationskoordination vom Tagebauvorschnittnetz (Abs. 4.3.7) wurden die Betrachtungen auf das erdschlusskompen-

sierten Tagebaunetz mit Zugbetrieb, Abraumförderbrücke, Grube, etc. ausgeweitet.

Auf der Grundlage theoretischer Vorbetrachtungen zur Entstehung transienter Überspannungen und Fehlerströme infolge von einphasigen Erdfehlern erfolgte eine systematische Untersuchung zur Ausbreitung und Intensität mit anschließender Überprüfung der Isolationskoordination.

Anregung für die Transientenberechnung im Gesamtnetz bei Fehlereintritt bildeten hierbei die Variation von Erdschluss, Erdschlusswischer und intermittierende Erdschlusswischer in Abhängigkeit von Netzspannung, Fehlerort, Erdung, Zeitpunkt des Fehlereintritts, Abnehmerlast, etc.

4.3.9. Gleichspannungsprüfungen an GiS - Schottisolatoren

Holger Häusler, Dirk Lehmann

Schottisolatoren gasisolierter Schaltanlagen (GiS) dienen zur Aufnahme des Teilleiters in einem Druckgasrohr bei gleichzeitiger Schottung zweier benachbarter Gasräume, wobei als Isolierstoff derzeit Schwefelhexafluorid SF_6 Anwendung findet.

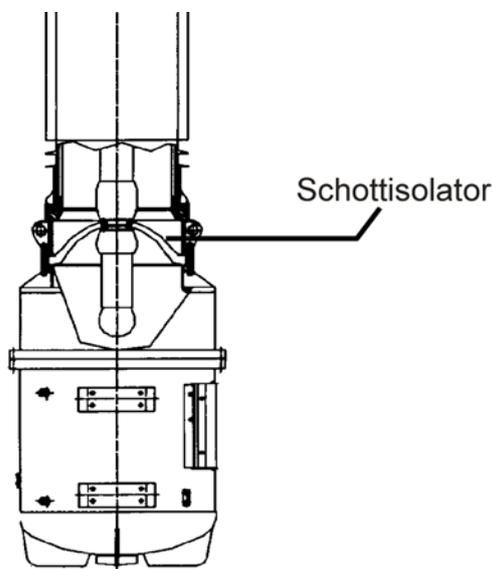


Abb. 29: Schottisolator im Kessel eines Kombiwandlers



Abb. 30: Gleichspannungskaskade mit Prüfaufbau GiS - Schottisolator

Zur Überprüfung der dielektrischen Spannungsfestigkeit von GiS – Schottisolatoren Baureihe $U_m = 800 \text{ kV}$ unterschiedlicher Hersteller bei Freischaltung von Gasrohrsegmenten ohne diese zu erden bestand der Kundenwunsch, eine Stehgleich-

spannungsprüfung mit positiver und negativer Polarität vergleichend durchzuführen.

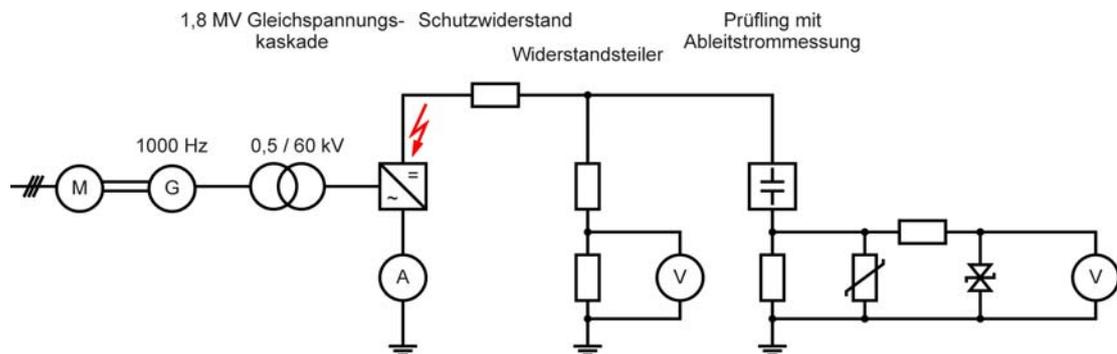


Abb. 31: Prüfaufbau GiS - Schottisolator

Die GiS – Schottisolatoren wurden hierzu in Kessel von Kombiwandler implementiert (Abb. 29) und über eine Hochspannungsdurchführung (Abb. 30) mit der Prüfgleichspannung der 1,8 MV Gleichspannungskaskade beaufschlagt.

Die Prüflinge wurden mit einer Stehgleichspannung von $U = \pm 730 \text{ kV}$ für einen Prüfzeitraum von $t_d = 30 \text{ min}$ je Polarität beaufschlagt und hielten der Belastung stand.

4.3.10. Fehleranalyse an der Heizung einer zirkulierenden Druckwirbelschichtfeuerung

Holger Hänsler, Lothar Kleinod, Dirk Lehmann

Während des Betriebes einer kraftwerkstechnischen Versuchsanlage zur Erprobung der zirkulierenden Druckwirbelschichtfeuerung kam es zu Störungen im Bereich der Brennkammerheizung die in Sternschaltung mit freiem Sternpunkt ausgeführt ist.



Abb. 32: Messaufbau an Versuchsanlage der zirkulierenden Druckwirbelschichtfeuerung

Zur Fehleranalyse wurden eine Messung zur Erfassung der zeitlichen Verläufe der Leiter-Erde-Spannungen mit künstlichen Sternpunkt bezogen auf den Schutzleiter und der Phasenströme in das TN – S – Niederspannungsnetz eingebaut.

Die Auslösung der zeitlich simultanen Messung erfolgte über einen Meldekontakt am vorgelagerten Leitungsschutzschalter.

Nach kurzem Versuchsbetrieb konnte die fehlerhafte Heizung selektiert werden, wobei sich der Fehler zur dauerhaften Schädigung (einphasiger Kurzschluss) ausweitete.

4.3.11. Der Fahrplan 3.3

Remo Tiedemann, Christian Fünfgeld

Programmpaket zur Berechnung von Lastprognosen auf Basis der Repräsentativen VDEW-Lastprofile für das Jahr 2003; Software im Vertrieb des VWEW-Verlags, Frankfurt/Main. Die Software wurde weiter entwickelt durch die Optionen der Restwertfortschreibung und der Nachnormierung.

Bearbeitungszeitraum: 3. Quartal 2002

Partner: VWEW-Verlag, Frankfurt/Main

4.3.12. LpuVe 1.0

Christian Fünfgeld, Carsten Fiebig, Wolfgang Langer

Berechnung von Lastprofilen für unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen (Elektro-Speicherheizung); Software im Vertrieb des VWEW-Verlags, Frankfurt/Main. Temperaturabhängige Lastprognose bzw. Lastprofilerstellung für Elektro-Speicherheizungen.

Bearbeitungszeitraum: 2.-4. Quartal 2002

Partner: VWEW-Verlag, Frankfurt/Main

4.3.13. Energetische Betriebsanalyse in der Samsung Corning Deutschland GmbH (SCD)

Alexis Bonneschky, Martin Rennfranz, Normen Lochthofen

Im Rahmen der durchgeführten Betriebsanalyse wurden folgende Bereiche unter Berücksichtigung energiewirtschaftlicher Gesichtspunkte untersucht und soweit erforderlich strukturiert:

- Betriebsstätten,
- Fertigungslinien und –anlagen,

- Bezogene bzw. im Unternehmen umgewandelte Energieträger,
- Produktionsdaten,
- Bestehende Messeinrichtungen zu Energie- und Medienverbräuchen,
- Elektronische Datenverarbeitung, Abrechnungssystematik

Im Abschlussbericht werden die im Unternehmen zur Verfügung stehenden energetisch relevanten Informationen (einschließlich Art und Detaillierungsgrad der Erfassung und Aufbereitung) dokumentiert. Es werden Anregungen hinsichtlich der messtechnisch unterstützten Energiedaten-Evaluierung gegeben und schließlich konkrete Vorschläge für die weitere Kooperation zwischen der SCD GmbH in Tschernitz und der BTU Cottbus auf dem Gebiet der betrieblichen Energiewirtschaft formuliert.

Bearbeitungszeitraum: 1. Quartal 2002

Partner: Samsung Corning Deutschland GmbH

4.3.14. Energieverbrauchsorientierte Produktionsplanung und –steuerung in der KAHELIT GmbH

Alexis Bonneschky, Lars Neumann, Christoph Nolden

Ziel des Projektes ist die Optimierung der Planung für die Verarbeitung von mineralischen Ausgangsstoffen in der KAHELIT GmbH, einer Tochtergesellschaft der MKK Märkische Kies- und Kalksandsteinwerke GmbH in Hennersdorf.

In einem ersten Teilprojekt wurde für das Unternehmen eine Client-Server-Anwendung entwickelt, mit welcher die eingehenden Produktionsaufträge dokumentiert, freigegeben und deren Abwicklung kontrolliert wird. Voraussetzung für jegliche Änderungen der Produktionsfahrweise zur Verbesserung der Energieeffizienz (z.B. durch höhere Materialdurchsätze, direkte Abwärmenutzung, optimale Auftragseintaktung) ist die permanente Überwachung der Einhaltung der geforderten Produktqualität. Diesbezüglich werden energie- und qualitätsrelevante Betriebsdaten in die erprobte Software aufgenommen und somit dem Produktionsplaner und Anlagenfahrer zur Verfügung gestellt.

Bearbeitungszeitraum: 3.-4. Quartal 2002

Partner: KAHELIT GmbH, Hennersdorf

4.3.15. Bestimmung von Lastprofilen für unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen (ERI e.V.)

Christian Fünfgeld, Carsten Fiebig

Mit der Bereitstellung der repräsentativen VDEW-Lastprofile Ende 1999 konnten erstmals Haushalts- und Gewerbekunden Versorger ohne zeitgleiche Messung

wecheln. Für Elektro-Speicherheizungen mit immerhin 2,4 Millionen Kunden war dies bisher nicht möglich.

Am Energieressourcen Institut wurde in Kooperation mit dem Lehrstuhl Energiewirtschaft ein Modell entwickelt, mit dem auf Basis eines praxisorientierten theoretischen Ansatzes netzspezifische Lastprognosen beziehungsweise Lastprofile für diese Verbrauchergruppe erstellt werden können. Als Eingangsgröße der strukturierten Lastaufteilung wurden zwei pragmatische Ansätze zur Bestimmung des Tages-Heizenergiebedarfs entwickelt. Grundlage ist einerseits die aktuelle Temperaturentwicklung (BTU/ERI Temperaturmodell) und andererseits eine kalendarische Mittelung der Tages-Mitteltemperatur über den Zeitraum von 1951 .. 71 (5171-Modell).

Bearbeitungszeitraum: 1.-3. Quartal 2002

Partner: Verband der Netzbetreiber e.V. (VDN) im VDEW e.V.

4.3.16. Lastgangmessung Fernwärme (ERI e.V.)

Christian Fünfgeld

Erfassung, Analyse und Hochrechnung des Lastgangs für den Wärmebezug eines industriellen Mischkomplexes.

Bearbeitungszeitraum: 1. Quartal 2002

Partner: Elpro Liegenschaftsverwaltung, Berlin

Drittmittelaufkommen: 560 €

4.3.17. Aufschlussberatungen bei Klein- und Mittelständischen Unternehmen

Im Rahmen des Technologie- und Wissenstransfer führte der Lehrstuhl zahlreiche Aufschlussberatungen in Unternehmen energieintensiver Branchen durch. Zu den Branchen zählen: Glasherstellung und -verarbeitung, Herstellung von Kunststoffwaren und die Steine- und Erden-Industrie. Auch regional ansässige Firmen der Solarbranche wurden beraten.

4.4. Dissertationen

Am Lehrstuhl Energiewirtschaft / Bereich Energiewirtschaft des ZEV wurde im März des Jahres das achte Promotionsverfahren auf diesem Gebiet an der BTU Cottbus erfolgreich abgeschlossen.

22.03.2002 Dr.-Ing. Alexis Bonneschky
Integration energiewirtschaftlicher Ansätze in Systeme
der Produktionsplanung - ePPS

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 Vollschirmung mit einer Dämpfung von ca. 100 dB im Bereich 10 kHz bis 1 GHz auf.

Als Nebenräume existieren:

kleine Hochspannungshalle mit 4 Versuchsständen;

Optiklabor;

Elektroniklabor;

EMV-Labor;

Klimakammer;

Wandlerlabor;

NetzanalySELabor

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. Optiklabor

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. Elektroniklabor

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.;
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. 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

5.12. Netzanalyselabor

Oszilloskope und Transientenrekorder bis 8 GS/s bzw. 8 MByte;
2 Analysensysteme 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

5.13. Schutztechniklabor

Für das Fach „Schutz- und Leittechnik in Energieübertragungsnetzen“ wurde ein Labor konzipiert und aufgebaut, das zur Vertiefung der Kenntnisse in diesem Fach dient.

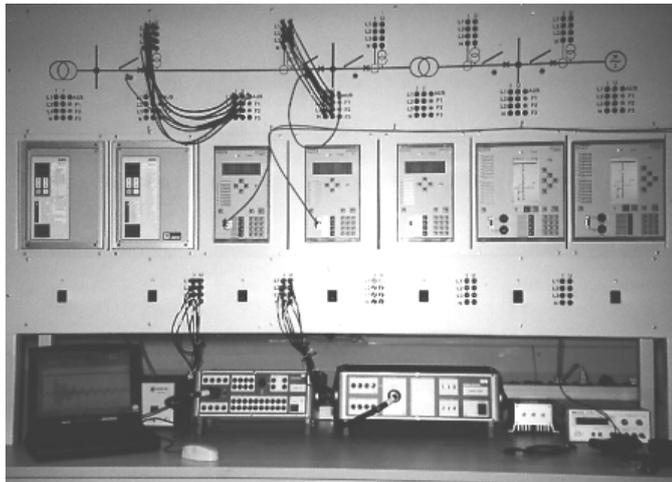


Abb. 33: Schutztechnik Labor

Am 17. Juni erfolgte dafür, zusätzlich zu zwei bereits vorhandenen Schutzgeräten der Fa. Alstom, die Übergabe von mehreren Schutzgeräten der Siemens AG. Das Labor wurde vom VDE Bezirksverein Lausitz und der Siemens AG gefördert. Die Schutztechnik ist in einem speziellen Laboraufbau integriert, das es ermöglicht, verschiedene Fehlersituationen wie sie im Energieversorgungsnetz auftreten können, zu simulieren. Die Studenten lernen dabei den Einsatz und die Wirkungsweise der Schutzrelais zur Behandlung auftretender Netzfehler kennen. Der Laboraufbau besteht aus einem vereinfachten Netzplan mit Symbolen von verschiedenen Betriebsmitteln, den Schutzgeräten:

Überstromzeitschutz	PM481	Alstom
Trafodifferentialschutz	PQ 721	Alstom
Leitungsdifferentialschutz	2 x 7SD610	Siemens
Trafodifferentialschutz	7UT612	Siemens
Distanzschutz	7SA610	Siemens
Multifunktionsschutz	7SJ631	Siemens

zwei OMICRON-Geräten (Steuergerät CMC 156 und Verstärker CMS 156) und einem Laptop zu deren Ansteuerung. Die softwarebasierte Fernkommunikation mit den Schutzgeräten wird über einen beigestellten PC simuliert.

Die Laborausbildung hat folgende Schwerpunkte:

- Arbeit mit ATP (alternativ transient program)
Erstellung eines Netzplanes mit ATP
Simulation von Fehlern in diesem ATP-Netzplan
- Arbeit mit dem Omicron-System
Erzeugung von verschiedenen Sequenzen zum Test der Schutzrelais
Ausgabe von in ATP erzeugten Transienten

Arbeit mit den Testmodulen für verschiedene Schutzprinzipien

- Einbindung des jeweils behandelten Schutzrelais in den o.g. Netzplan sowie die
- Bedienung und Einstellung der Schutzrelais an ihrer Frontseite und per *Fernkommunikation*.

Durch die Fehlersimulation kann das Ansprechen der Schutzrelais und die Auslösung im Fehlerfall untersucht werden.

5.14. Software

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

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.)

5.15. Messtechnik für Energieanalysen

- Tragbarer Rauchgasanalysator (O₂, CO, NO_X, SO₂, tA, Ruß) Fa. rbr-ecom.
- Eingriffsfreie Ultraschall Volumenstrom- und Wärmemengenmesstechnik für flüssigkeitsgefüllte Kreise mit Nennweiten von 10 ... 100 mm. FLUXUS ADM, Fa. Flexim.
- Energie-Analysator für elt. Mittel- und Niederspannungsnetze, Fa. EL CONTROL.
- Massenstrombestimmung in Druckluftnetzen, Fa. VarioMass.
- Ultraschall-Wanddickenmessgerät, Fa. Elektro-Physik.
- Infrarot-Thermometer, Fa. Raytec.
- Almemo-Datenlogger (2 Stk.) mit umfangreichem energiewirtschaftlichen Zubehör, Fa. AMR.
- Versuchsstand Druckluftanlage für Laborpraktikum, Fa. AGO Druckluft, Entwurf BTU LS EW.

- Versuchstand Wärmepumpe, Banse Wärmepumpentechnik, Entwurf BTU LS EW.
- LEDAN Datenerfassungs- und Analysesystem; 12 Enerlog ML02D Datenlogger und 22 optische Datenaufnehmer für Stromzähler, Fa. MedaTec.

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
CargoLifter	Brand
Deutsche Bahn AG	München
Deutsche Eisenbahn Consulting	Cottbus
EDIS	Fürstenwald
ENVIA / ENVIA-M	Markleeberg
HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH	Dresden
LAUBAG/Vattenfall Europe Mining	Senftenberg
Ritz Messwandler	Hamburg, Ludwigslust
Siemens PTD	Erlangen, Berlin, Frankfurt
Siemens TS	Erlangen
Stadtwerke Cottbus	Cottbus
VEAG/Vattenfall Europe Generation	Berlin
Wehrwissenschaftliche Erprobungsstelle der Bundeswehr	Münster

Lehrstuhl Energiewirtschaft

BEWAG	Berlin
Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.	München
DNL Behälterglaswerk GmbH	Drebkau

e.on	Berlin
EnBW Sales AG	Stuttgart
Energieressourcen-Institut e.V. (ERI e.V.)	Cottbus
Energieversorgung Potsdam GmbH (EVP)	Potsdam
envia Mitteldeutsche Energie AG	Chemnitz
Erdgas Mark Brandenburg (EMB)	Potsdam
Fachhochschule	München
Fernwärmeversorgung Cottbus GmbH (FWC)	Cottbus
Forschungsstelle für Energiewirtschaft	München
Fränkische Rohrwerke GmbH	Schwarzheide
Gesellschaft für Energiewirtschaft und Energie- wissenschaft (GEE)	
Hamburgische Elektrizitätswerke AG (HEW)	Hamburg
Industrie- und Handelskammer	Cottbus
Märkische Kies- und Kalksandsteinwerke MKK- Hennersdorf	Hennersdorf
Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg	Potsdam
Mitsubishi Research Institute, Inc., Tokyo, Japan	
Neckarwerke Stuttgart AG	Stuttgart
PSI-BT	Berlin
RWE Net AG	Dortmund
Samsung Corning Deutschland GmbH	Tschernitz
Siemens KWU	Erlangen
Städtische Werke Brandenburg (Havel)	
Stadtwerke Cottbus GmbH	Cottbus
Stadtwerke Finsterwalde	Finsterwalde
Stadtwerke Frankfurt/Oder	Frankfurt/Oder
Stadtwerke Leipzig	Leipzig
Stadtwerke Senftenberg	Senftenberg
Technische Universität München	München
Transferstelle Bingen (TSB)	
Universidad Técnica Federico Santa Maria, Chile, Departamento Mecánico	
VDI-Gesellschaft Energietechnik	Düsseldorf
Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW)	Berlin, Frankfurt
Verband der industriellen Energie- und Kraft- wirtschaft (VIK)	Berlin
Verband der Netzbetreiber e.V. (VDN)	Berlin
Verband der Verbundunternehmen und Regiona- len Energieversorger in Deutschland (VRE) e.V.	Berlin
Walzwerk Finow GmbH	
ZukunftsAgentur Brandenburg (ZAB)	Potsdam, Cottbus

7. Publikationen

7.1. Veröffentlichungen

Löhning, G.; Lange, T.; Kleinod, L.; Schwarz, H.:
EMV- Störfestigkeitstest an einer modernisierten Industrielokomotive.
f+m (Organzeitschrift der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und
Feinwerktechnik (GMM), Mai 2002.

Löhning, G.:
A New EMS Facility for the Test of Railway Vehicles.
Proceedings of the 11th International Workshop on High Voltage Engineering,
Karpacz 2002. Wroclaw University of Technology 2002.

Schwarz, H.; Löhning, G.; Lange, T.; Kleinod, L.:
Ein pulsbasiertes EMV-Prüfverfahren zur Ermittlung der Störfestigkeit von Schie-
nen- und großen Straßenfahrzeugen.
Wehrtechnisches Symposium „Elektromagnetische Verträglichkeit EMV 2002“
(Tagungsband). Mannheim: Bundesakademie für Wehrtechnik und Wehrverwal-
tung 2002, S. 08.3.1–08.3.5

Schwarz, H.; Löhning, G.; Lange, T.; Kleinod, L.:
Ein EMV-Prüfverfahren zur Ermittlung der Störfestigkeit von kompletten Schie-
nenfahrzeugen.
VDE Kongress 2002 NetWorlds. Band 1. Fachtagungsberichte der ITG und
ETG. Berlin und Offenbach: VDE Verlag GmbH 2001, S. 457–459.

Schwarz, H.; Löhning, G.; Lange, T.; Kleinod, L.; Kühn, W.:
Ein EMV-Prüfverfahren zur Ermittlung der Störfestigkeit von kompletten Schie-
nenfahrzeugen.
34. Tagung „Moderne Schienenfahrzeuge“, Graz 2002. ZEVrail 2002, S. 270-273.

Jenau, F.; Wilkens, N.; Schwarz, H.; Honscha, M.:

"Optical Principles For New Instrument Transformers In Power Transmission And Distribution Networks"

9th International Conference On Electrical Insulation - INSUCON 2002, Berlin Messe, Berlin, Germany, 18-20 June 2002

Baute, M.; Christ, J.; Fünfgeld, C.:

„Verfahren zur Anwendung der VDEW-Lastprofile“ Energiewirtschaft (ew) 6/2002, VDEW-Verlag, Frankfurt/Main

Becker, G.; Blüm, S.; Bonneschky et. al.:

„Nutzung energetische Kennziffern, BWK Brennstoff-Wärme-Kraft“ Springer-VDI Verlag, Düsseldorf 05.2002

Bonneschky, A.:

„Energiekennzahlen in PPS-Systemen“

BTU Forschungshefte Energie, dissertation.de-Verlag, Berlin 2002

Bonneschky, A.:

„Eine ausgezeichnete Rechnung – Geringerer Energieeinsatz gleich geringere Fertigungskosten plus geringere Schadstoffbelastungen“

Energiejournal 02/2002, Sachsendruck, Plauen 06.2002

Bonneschky, A.; Fünfgeld, C.; Schieferdecker, B.:

„ePPS – Ein Instrument zur Integration von Energiemanagement-Funktionen in die dv-gestützte Produktionsplanung und –steuerung“

Forum der Forschung, Wissenschaftsmagazin der BTU Cottbus, Cottbus, 10.2002

Fünfgeld, C.; Bonneschky, A.; Tiedemann, R.:

„Lastprofilprognose – Optionen zur Optimierung und Steuerung im betrieblichen Energiemanagement“

Tagungsband VDI-Konferenz „Energiemanagement für Unternehmen und öffentliche Einrichtungen“ zur e-world of energy: Februar 2002, Essen

Fünfgeld, C.; Bonneschky, A.; Tiedemann, R.:

„Lastverlaufsprognose – Optionen zur Optimierung und Steuerung des betrieblichen Energiemanagements“

BWK Bd. 54 (2002) Heft 7/8, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf

Fünfgeld, C.; Fiebig, C.; Hofmann, A.; Hofmann, J.:

„Lastprofile für Geschäftskunden“

Energiewirtschaft (ew) 4/2002, VWEW-Verlag, Frankfurt/Main

Fünfgeld, C.; Tiedemann, R.; Schieferdecker, B.:

„Lastprofile für Sonderkunden der Elektrizitätsversorgung“

Energiewirtschaftliche Tagesfragen (et) Jg. 52 (2002) Heft 9, Energiewirtschaft und Technik Verlagsgesellschaft mbH, Essen

Schmidt, S.:

„Energiemanagement in der Nutztierhaltung“

BTU Forschungshefte Energie, dissertation.de-Verlag, Berlin 2002

Tiedemann, R.:

„Fuzzy-Clusteranalyse zur Klassifizierung von Lastganglinien“

Tagungsband VDI-GET-Experten-Seminar „Lastprofile in der leitungsgebundenen Energieversorgung“, April 2002, Berlin

7.2. Vorträge

Bonneschky, A.:

„Monitoring- und Lernsoftware in Verbindung mit der PV-Anlage an der Cottbuser Europaschule“ Cottbus, 09.2002.

Bonneschky, A.:

„ePPS – Integration of Factor „e“ in Production Planning and Control Systems“ Experten-Hearing des Mitsubishi Research Institute, Cottbus, 09.2002.

Bonneschky, A.:

“SCD – Best Practice in Energy Evaluation and Implementation of ePPS” Samsung Corning Deutschland GmbH, Tschernitz 08.2002.

Bonneschky, A.:

“Verbindung von Fertigung und Energie im Produktionsunternehmen“ PSI BT, Berlin 05.2002.

Fünfgeld, C.:

„Bedeutung von Lastprofilen in virtuellen Kraftwerken“

13. Internationales Sonnenforum der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie DGS, Berlin, 09.2002.

Fünfgeld, C.:

„Load profiling Research at BTU Cottbus“

Experten-Hearing des Mitsubishi Research Institute, Cottbus, 09.2002.

Fünfgeld, C.:
„Der technische Ansatz zur Lastprognose“
VDI-GET-Experten-Seminar „Lastprofile in der leitungsgebundenen Energieversorgung“, April 2002, Berlin.

Fünfgeld, C.:
„Lastprofile für unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen“
VDN/VDEW-Infotag, Berlin, 11.2002.

Fünfgeld, C.:
„Lastprofile für unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen“
VDN/VDEW-Infotag, München, 11.2002.
Schieferdecker, B.:
„Energiemanagement und EM-Systeme im produzierenden Bereich“
Sitzung der VDI-Arbeitsgruppe Energiemanagement, Erlangen, 11.2002.

Tiedemann, R.:
„Fuzzy-Clusteranalyse zur Klassifizierung von Lastganglinien“
VDI-GET-Experten-Seminar „Lastprofile in der leitungsgebundenen Energieversorgung“, April 2002, Berlin.

7.3. Veranstaltungen

Energietag Brandenburg 2002
Cottbus 02.10.2002

Schieferdecker, B.; Fünfgeld, C.:
„Lastprofile in der leitungsgebundenen Energieversorgung“
VDI-GET-Experten-Seminar, Berlin, April 2002.

7.4. Referenzen

- Optimierung der betrieblichen Energieanwendung

Ausgehend von umfassenden Analysen über den Energieverbrauch der Unternehmen wurden verschiedene Vorschläge für Rationalisierungsmaßnahmen als Hilfestellung für die Entscheidung über notwendige Investitionen erarbeitet. In den Mittelpunkt rückte hierbei die Optimierung logistischer Abläufe in der Produktion, in deren Ergebnis der spezifische Brennstoffeinsatz nachhaltig um 20 % gesenkt wurde.

- Ist-Zustanderhebung in energieintensiven Industrieunternehmen

Die Erhebung des energetischen Ist-Zustandes in Form einer Betriebsanalyse bildet den Ausgangspunkt für spätere Detailanalysen bis hin zur Einführung einer energieorientierten Produktionsplanung und –steuerung. Dieser Abschnitt der Zusammenarbeit dient in der Regel dazu, Klarheit über die bestehenden Ausprägungen der Energiebereitstellung und –anwendung in der SCD zu schaffen.

- Repräsentative VDEW-Lastprofile

Entwicklung von Lastprofilen für den Tarifikundenbereich der Elektrizitätswirtschaft mit Hilfe der Strukturanalyse nach dem Fuzzy-C-Means Algorithmus.

- Lastprofilgenerator für Sonderkunden eines Verbundunternehmens

Analyse von ca. 580 zufällig ausgewählten Lastgängen aus unterschiedlichen Perioden und Vertriebsgebieten. Ermittlung von 9 Sonderkunden-Lastprofilen bei Zuordnungswerten $> 0,9$ für 81 % der Objekte. Analyse einfacher Kunden-Stammdaten und Erstellung einer statistischen Zuordnungsfunktion zur verbesserten Initialprognose für Sonderkunden.

- Lastprofile für einen Regionalversorger

Blind-Analyse von ca. 700 Lastgängen eines Jahres. Ermittlung von 11 Sonderkunden-Lastprofilen aus einer zufälligen Stichprobe. Zuordnungswerte $> 0,9$ für 80 % der Objekte.

- Lastprofile für unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen (LpuVe)

Mit der Entwicklung des Modells zur Lastprognose und Lastprofilerstellung für Elektro-Speicherheizungen konnte wieder einmal die Liberalisierung im Massenkundenbereich wirksam unterstützt werden. Der Lehrstuhl Energiewirtschaft hat damit seine Spitzenposition im wissenschaftlichen Bereich zum Thema Lastprofile in der Elektrizitätswirtschaft unterstrichen und trägt weiter dazu bei, den Markt zu ermöglichen.

- Technische Universität Federico Santa Maria (UTFSM), Chile

Der Lehrstuhl Energiewirtschaft kooperiert mit der Technischen Universität Federico Santa Maria. Im Ergebnis der Zusammenarbeit wurde in einem mehrwöchigen Intensivkurs die Lehrveranstaltung „Energiewirtschaft“ an der chilenischen Hochschule durchgeführt und konkrete inhaltliche Schwerpunkte für die Einbindung einer derartigen Vorlesung in den Lehrbetrieb vorgestellt. Zwischen der BTU und der UTFSM besteht seit 2000 ein Kooperationsvertrag.

- 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.