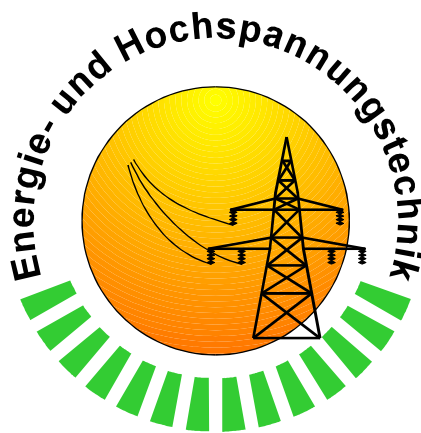


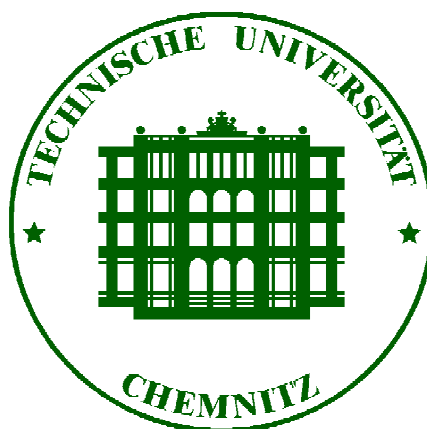
# Jahresbericht 2001

Professur Energie- und Hochspannungstechnik



TU Chemnitz

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik



## Kontakt:

### Adresse:

Technische Universität Chemnitz  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Professur für Energie- und Hochspannungstechnik  
09107 Chemnitz

### Dienstszitz:

Reichenhainer Str. 70  
A.-F.-Weinholdbau, Zi. 235  
09126 Chemnitz  
Tel.: +49 371 531 3343  
Fax: +49 371 531 3376

### Homepage:

<http://www.infotech.tu-chemnitz.de/~eneho/index.html>

### Telefon, Fax, e-mail:

<b>Name:</b>	<b>Telefon:</b>	<b>Fax:</b>	<b>e-mail:</b>
Prof. W. Schufft	+49 371 531 3343	+49 371 531 3376	wolfgang.schufft@e-technik.tu-chemnitz.de
Prof. D. Amft	+49 371 531 3340	+49 371 531 3376	dietrich.amft@e-technik.tu-chemnitz.de
Sekretariat: A. Wickleder	+49 371 531 3342	+49 371 531 3376	angelika.wickleder@infotech.tu-chemnitz.de
Prof. W. Hiller	+49 371 531 3340	+49 371 531 3376	werner.hiller@e-technik.tu-chemnitz.de
M. Bodach	+49 371 531 3587	+49 371 531 3335	mirko.bodach@e-technik.tu-chemnitz.de
F. Schreiter	+49 371 531 3251	+49 371 531 3335	frank.schreiter@e-technik.tu-chemnitz.de
D. Breitfeld	+49 371 531 3364	+49 371 531 3335	dieter.breitfeld@e-technik.tu-chemnitz.de
U. Jilek	+49 371 531 3251	+49 371 531 3335	uwe.jilek@hrz.tu-chemnitz.de
J. Reichel	+49 371 531 3587	+49 371 531 3335	jens.reichel@e-technik.tu-chemnitz.de
D. Werner	+49 371 531 3364	+49 371 531 3335	dirk.werner@e-technik.tu-chemnitz.de
J. Scheffler	+49 371 531 3340	+49 371 531 3376	joerg.scheffler@e-technik.tu-chemnitz.de
H. Mehlich	+49 371 531 2133	+49 371 531 3335	heiko.mehlich@e-technik.tu-chemnitz.de
J. Lippold	+49 371 531 3341	+49 371 531 3335	juergen.lippold@e-technik.tu-chemnitz.de
M. Stark	+49 371 531 3364	+49 371 531 3335	michael.stark@e-technik.tu-chemnitz.de
A. Stark	+49 371 531 3625	+49 371 531 3335	

Redaktion: Frank Schreiter

Sehr geehrte Freunde und Partner,

auch am Ende des Jahres 2001 möchten wir über uns berichten und Sie damit auf einige Ergebnisse, Höhepunkte und Entwicklungen in unserer Arbeit hinweisen.

Die Lehre war durch die Umgestaltung des Lehrinhaltes der Pflicht- und Wahlpflichtvorlesungen sowie einiger Wahlvorlesungen gekennzeichnet. Diese Umgestaltung wird mit der neuen Studienordnung, die im Kalenderjahr 2002 verbindlich wird, abgeschlossen. Im Abschnitt 2 finden Sie die neuen Lehrfächer und eine kurze Beschreibung der Lehrinhalte sowie ihre Abfolge im Studienverlauf.

Auch die dazugehörigen Praktika konnten verbessert und attraktiver gestaltet werden. Hervorzuheben ist hierbei die Einweihung eines neugestalteten Praktikumsraumes mit Versuchsständen für das Hochspannungspraktikum.

Im Sommersemester 2001 konnten wir erstmals die Wahlvorlesung „Elektroenergie-wirtschaft“ anbieten, die sich mit Aspekten des liberalisierten Energiemarktes befaßt und betriebswirtschaftliches Denken bei den Ingenieurstudenten ausprägen soll. Mit Herrn Dr. Menke, Marketingdirektor der ESAG Energieversorgung Ostsachsen AG, konnten wir einen kompetenten Referenten gewinnen, welchem die gute Resonanz der Vorlesung zu verdanken ist. Herrn Dr. Menke sei an dieser Stelle gedankt.

Auch ist es uns gelungen, die Arbeit mit Forschungspartnern kontinuierlich fortzuführen. Im abgelaufenen Jahr wurden zwei Kooperations- und zwei Drittmittelverträge unterzeichnet.


Unsere Arbeit am DFG Sonderforschungsthema „Zustandsbewertung von Betriebsmitteln“, welche sich mit der Bewertung der Isolationsreserven VPE-isolierter Mittelspannungskabel befaßt, konnten wir personell und geräteseitig untersetzen. Es wurde entsprechende Prüf- und Meßtechnik beschafft und auf einem Kleintransporter installiert. Der Kleintransporter ist eine Spende der ESAG, für die wir uns an dieser Stelle bedanken möchten.

Eine Beschreibung des Vor-Ort-Prüfsystems für Mittelspannungskabel finden Sie in dem Beitrag „Vor-Ort-Prüfung und Diagnose mit Wechselspannung variabler Frequenz an Mittelspannungskabeln“, mit dem wir auf der VDEW Kabeltagung in Nürnberg präsent waren. Gern bieten wir die Nutzung dieser hochwertigen Prüf- und Messtechnik über das DFG-Sonderforschungsthema hinaus an.

Im neuen Jahr sehen wir der Einrichtung einer Juniorprofessur „Dezentrale Energieversorgung“ entgegen, von der wir erwarten, daß sie das Profil der Professur schärfen wird. Zudem werden wir die Ausrüstung mit stationärer Hochspannungs-Prüf- und Messtechnik wesentlich verbessern.

Für das Jahr 2002 wünsche ich Ihnen, auch im Namen der Mitarbeiter der Professur, viel Glück, Erfolg und persönliches Wohlergehen und freue mich auf eine weitere Zusammenarbeit.

Chemnitz, Dezember 2001



W. Schufft

# Inhalt

1.	Personelle Besetzung .....	5
2.	Lehre.....	6
3.	Forschungsschwerpunkte .....	11
3.1	Zustandsbewertung von Betriebsmitteln der Energieversorgung.....	11
3.2	Grundlagenuntersuchungen an Nieder- und Mittelspannungsschaltgeräten .....	12
3.3	Netzeinbindung und Energiemanagement für regenerative Energiequellen .....	12
3.4	Simulation und Optimierung von Hochspannungserzeugern .....	13
3.5	Aktuelle Aufgabenstellungen der Energieversorgung resultierend aus den neuen Marktbedingungen .....	13
4.	Studienarbeiten, Diplomarbeiten, Dissertationen.....	15
4.1	Studienarbeiten.....	15
4.2	Diplomarbeiten.....	16
4.3	Dissertationen.....	20
5.	Veröffentlichungen .....	21
5.1	Fachaufsätze .....	21
5.2	Vorträge, Poster.....	22
5.3	Sonstige.....	27
5.4	Presse (Beispiele).....	27
6.	Externe Aktivitäten und Kontakte .....	29
6.1	Konferenzen, Tagungen, Kolloquien.....	29
6.2	Exkursionen .....	31
6.3	Gäste .....	33
7.	Höhepunkte sozialer Art.....	34
8.	Ausstattung mit Prüf- und Meßtechnik .....	36
8.1	Hochspannungs- und Hochstromlabor.....	36
8.2	Gerätelabor .....	37
8.3	Vakuummeßplatz .....	38
8.4	Software.....	38
	Grundkonzeption der Professur .....	39
	Anfahrtskizze .....	40

# 1. Personelle Besetzung

- **Leiter der Professur:**

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schufft

- **Emeritus:**

Prof. em. Dr.-Ing. habil. Dietrich Amft

- **Oberassistent**

Prof. Dr.-Ing. Werner Hiller

- **Sekretariat:**

Frau Angelika Wickleder

- **Wissenschaftliche Mitarbeiter:**

Dipl.-Ing. Mirko Bodach

Dipl.-Ing. Frank Schreiter

Dipl.-Ing. Dieter Breinfeld (Drittmittelangestellter)

Dipl.-Ing. Uwe Jilek (Drittmittelangestellter, seit 01.04.2001)

Dipl.-Ing. Jens Reichel (Drittmittelangestellter)

Dipl.-Ing. Dirk Werner (Drittmittelangestellter)

Dipl.-Ing. Alf Wabner (Drittmittelangestellter, bis 30.09.2001)

Dipl.-Ing. Jörg Scheffler (Stipendiat)

Dipl.-Ing. Heiko Mehlich (Stipendiat, seit 01.06.2001)

- **Technische Angestellte:**

Herr Jürgen Lippold

Herr Michael Stark

- **Mechanische Werkstatt:**

Frau Anett Stark (Drittmittelangestellte, seit 01.05.2001)

Herr Ronny Kerber (Drittmittelangestellter, bis 30.04.2001)

## 2. Lehre

### Abfolge der Lehrfächer im Studiengang Elektrotechnik:

Lehrfach	Verantwortlicher	Semester					
		3	4	5	6	7	8
<b>Pflichtfächer:</b>							
Elektrische Energietechnik	Hofmann, Schufft	2 1 0					
Hochspannungstechnik	Schufft			3 1 0	0 0 2		
Elektroenergieübertragung und -verteilung	Schufft				3 1 0	0 0 2	
<b>Wahlpflichtfächer:</b>							
Beanspruchung von Betriebsmitteln	Schufft					3 1 0	0 0 1
Statistik und Isolationskoordination	Schufft						2 1 0
<b>Wahlfächer:</b>							
Energie- und Umwelt	Hiller				2 0 0		2 0 0
Elektroenergiewirtschaft	Menke				1 0 0		1 0 0
Solare Energietechnik I	Ebest, Hiller				2 1 0		
Solare Energietechnik II	Ebest, Hiller					2 0 1	
Betriebsmittel der Elektroenergieversorgung	Hiller					2 0 0	
Digitale Schutz- und Leittechnik	Hiller					2 1 0	
Diagnose- und Meßtechn.	Schufft						2 0 0
Netzberechnung	Hiller						2 0 0

### Abfolge der Lehrfächer im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen:

Lehrfach	Verantwortlicher	Semester					
		3	4	5	6	7	8
<b>Pflichtfächer:</b>							
Elektrische Energietechnik	Hofmann, Schufft	2 1 0					
Energie- und Hochspannungstechnik	Schufft			2 1 1			
Solare Energietechnik I	Ebest, Hiller						2 0 0
<b>Wahlfächer:</b>							
Energie- und Umwelt	Hiller						2 1 0

## **Beschreibung der Lehrfächer:**

### **Elektrische Energietechnik**

Pflichtfach im Studiengang Elektrotechnik im Grundstudium, 3. Semester;  
Pflichtfach im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen – Studienrichtung Elektrotechnik, 3. Semester

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung / 0 Praktikum (3. Sem.)

**Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann / Prof. Dr.-Ing. W. Schufft**

**Inhalt:** Energiebegriff, Energieerzeugung in Wärmekraftwerken, Regenerative Energieerzeugung, Netze der Elektroenergieübertragung und -verteilung, Energieanpassung mit Transformatoren, Energieumwandlung mit rotierenden Maschinen, Leistungselektronische Komponenten und Grundschaltungen

### **Hochspannungstechnik**

Pflichtfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 3 Vorlesungen / 1 Übung (5. Sem.)/ 2 Praktikum (6. Sem.)

**Prof. Dr.-Ing. W. Schufft**

**Inhalt:** Beanspruchungen von Isolierungen, Erzeugung hoher Spannungen, Klassifizierung und Berechnung des elektrischen Feldes, Entladungsphysik von Gasen, flüssigen und festen Isolierstoffen

### **Elektroenergieübertragung und -verteilung**

Pflichtfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 3 Vorlesungen / 1 Übung (6. Sem.) / 2 Praktikum (7. Sem.)

**Prof. Dr.-Ing. W. Schufft**

**Inhalt:** Aufbau, Struktur und Komponenten des Elektroenergiesystems, wichtige Berechnungsgrundlagen (wie symmetrische Komponenten) und deren Anwendung auf ausgewählte Elemente des Elektroenergiesystems

### **Beanspruchung von Betriebsmitteln**

Wahlpflichtfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 3 Vorlesungen / 1 Übung (7. Sem.)/ 1 Praktikum (8. Sem.)

**Prof. Dr.-Ing. W. Schufft**

**Inhalt:** Klassifizierung und Beschreibung der Beanspruchungen von Betriebsmitteln durch innere und äußere Überspannungen, Wanderwellen, Lichtbögen und Kurzschlußströme, Auslegung und Wirkprinzipien von Betriebsmitteln, insbesondere von Schaltern

## **Statistik und Isolationskoordination**

Wahlpflichtfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übungen / 0 Praktikum (8. Sem.)

**Prof. Dr.-Ing. W. Schufft**

**Inhalt:** Statistische Verteilungsfunktionen und deren Anwendung zur Beschreibung des Isoliervermögens, Planung von Hochspannungsprüfungen und Testverfahren zum Nachweis der Unabhängigkeit von Meßreihen, Grundzüge der Isolationskoordination, Grundbegriffe der Zuverlässigkeit einschließlich deren Berechnung

## **Energie und Umwelt**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 0 Übungen / 0 Praktikum

(im Sommersemester, empfohlen für 6. oder 8. Semester)

Wahlfach im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen – Studienrichtung Elektrotechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung / 0 Praktikum

(im Sommersemester empfohlen für 8. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. W. Hiller**

**Inhalt:** Kausale Zusammenhänge zwischen Energiegewinnung und Umweltbelastung, nachhaltige Entwicklung, globale Energievorräte, Primär- und Endenergieträger, Entwicklung des Energiebedarfs, Energie und Ernährung, Energie und industrielle Entwicklung, Endenergieträger Strom, Energieversorgung, rationaler Energieeinsatz und Energiemanagement

## **Elektroenergiewirtschaft**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 1 Vorlesung / 0 Übungen / 0 Praktikum

(im Sommersemester, empfohlen für 6. oder 8. Semester)

**Dr. N. Menke**

**Inhalt:** Grundlagen der Energiewirtschaft, Kosten der Energieversorgung, Investitionsrechnung, Energiepreisbildung, Belastungskurven, Kraftwerkseinsatz und Lastverteilung, wirtschaftlicher Verbundbetrieb, Betriebsmittelauslastung, Least-Cost-Planning, Durchleitung, Marketing und neue wirtschaftliche Aspekte



## **Solare Energietechnik I**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik (gemeinsam mit der Professur Elektronische Bauelemente)

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung / 0 Praktikum

(im Sommersemester, empfohlen für 6. Semester)

Pflichtfach im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen – Studienrichtung Elektrotechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 0 Übung / 0 Praktikum (8. Sem.)

**Prof. Dr.-Ing. Ebest, Prof. Dr.-Ing. W. Hiller**

**Inhalt:** regenerative Energiequellen, Grundlagen und Anwendungen der solaren Energietechnik, Theorie und Technologie von Solarzellen, Komponenten photovoltaischer Anlagen, Verbraucher in photovoltaischen Systemen, Anpassung photovoltaischer Energie, Projektierung und Betriebsführung photovoltaischer Systeme

## **Solare Energietechnik II**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik (gemeinsam mit der Professur Elektronische Bauelemente)

Umfang: 1 Vorlesungen / 0 Übung / 1 Praktikum

(im Wintersemester, empfohlen für 7. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. Ebest, Prof. Dr.-Ing. W. Hiller**

**Inhalt:** solare Energie, Vertiefung zur Theorie, Technologie und Technik solarer Energiesysteme, Solarzellen II, Energiespeicher, Windenergieanlagen, Wasserstofftechnik und Brennstoffzelle, solarthermische Komponenten und Anlagen, Praktikumsversuche

## **Betriebsmittel der Elektroenergieversorgung**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 0 Übungen / 0 Praktikum

(im Wintersemester, empfohlen für 7. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. W. Hiller**

**Inhalt:** Systematisierung der Betriebsmittel, Detailwissen zum Aufbau und zur Wirkungsweise sowie zum stationären und dynamischen Verhalten von Systemkomponenten: Leitungen, Wandler, Transformatoren, Drosselspulen, Kondensatoren, Schaltanlagen, Stromschienen

## **Digitale Schutz- und Leittechnik**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung / 0 Praktikum  
(im Wintersemester, empfohlen für 7. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. W. Hiller**

**Inhalt:** Auswirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen, Erdungen, Schutzmaßnahmen im Niederspannungsnetz, Schutz im Mittelspannungsnetz, Schutzkriterien und Sensoren, netzformabhängiger Schutz von Kabeln und Freileitungen, Schutz von Transformatoren, Netzbetrieb im Mittelspannungsnetz, Leit- und Fernwirktechnik, Digitale Schutztechnik

## **Diagnose- und Meßtechnik**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 0 Übungen / 0 Praktikum  
(im Sommersemester, empfohlen für 8. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. W. Schufft**

**Inhalt:** Aspekte der Instandhaltung und Qualitätssicherung, Messung des Scheitelwertes der Spannung, Transienten-Meßsysteme, nichtkonventionelle Meßwandler, Teilentladungs- und Verlustfaktor-Meßtechnik, Diagnose und Meßtechnik für Kabel, gasisolierte Schaltanlagen (GIS) und Transformatoren

## **Netzberechnung**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 0 Übungen / 0 Praktikum  
(im Sommersemester, empfohlen für 8. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. W. Hiller**

**Inhalt:** Synchronmaschine bei Kurzschluß, Netztopologie, Methoden zur Kurzschlußberechnung im Mittelspannungsnetz (symm. und unsymm.), Lastflußberechnungen, Berechnung von Stich- und Ringnetzen der Mittelspannung, Kurzschlußberechnung in NS-Netzen, Netzberechnung mit ELEKTRA und EMTP

## **Energie- und Hochspannungstechnik**

Pflichtfach im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Studienrichtung Elektrotechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung / 1 Praktikum (5. Sem.)

**Prof. Dr.-Ing. W. Schufft**

**Inhalt:** Aufbau, Struktur und Komponenten des Elektroenergiesystems, wichtige Berechnungsgrundlagen und deren Anwendung auf ausgewählte Elemente des Elektroenergiesystems, Beanspruchungen und Beschreibung der elektrischen Felder von Isolierungen, Entladungsformen in Gasen, flüssigen und festen Isolierstoffen

### 3. Forschungsschwerpunkte

#### 3.1 Zustandsbewertung von Betriebsmitteln der Energieversorgung

Schwerpunkt in der Bearbeitung dieses Forschungsgebietes bildet die Untersuchung der Isolationsreserven von 10kV-VPE-Mittelspannungs-Kabelsystemen einschließlich deren Endverschlüssen und Verbindungsgarnituren. Zur Umsetzung des Forschungsvorhabens war es in einem ersten Schritt erforderlich, ein ausreichend leistungsstarkes und möglichst vielseitiges Vor-Ort-Prüfsystem mit der entsprechend angepassten Diagnosetechnik zu konzipieren. Folgende Auswahlkriterien bildeten die Grundlage für die Zusammenstellung des Vor-Ort-Prüfsystems:

- Einhaltung betriebsnaher Prüfbedingungen zur Gewährleistung einer hohen Aussagekraft und einer guten Übertragbarkeit der Ergebnisse für die Zustandsbewertung des Prüfobjektes
- Kombination von Diagnoseverfahren zur Detektion und Lokalisierung einzelner Schwachstellen sowie zur gesamtheitlichen Beurteilung des Zustandes eines Prüfobjektes
- Einbeziehung neuer Prüfverfahren und Untersuchung ihrer Eignung und Aussagekraft

Die Basis des zusammengestellten Vor-Ort-Prüfsystems ist ein Resonanzprüfsystem mit variabler Frequenz (Hersteller HIGHVOLT). Dieses dient zur Bereitstellung einer sinusförmigen Prüfspannung nahe der Netzfrequenz, welche sowohl für die diagnostischen Messungen als auch zum Nachweis der Isolationsfestigkeit dient. Kernpunkt der zugehörigen Messtechnik ist ein modernes TE-Meßsystem mit Fehlerortung, ergänzt durch ein Modul zur Bestimmung des Verlustfaktors auf digitaler Basis (Hersteller LDIC). Einen Überblick über den Anwendungsbereich und die Leistungsfähigkeit des Messsystems gibt der im Jahresbericht enthalten Vortrag „Vor-Ort-Prüfung und Diagnose mit Wechselspannung variabler Frequenz an Mittelspannungskabeln“.

Durch die Kooperation mit Herstellern von Messtechnik konnte das Messsystem mit weiteren separaten Bestandteilen, einem mobilen TE-Prüfsystem CDA 50 (Leihgabe LDIC) auf der Grundlage des CDA-Verfahrens, einer Kabeldiagnoseanlage KDA-1 (Leihgabe SEBA-KMT) als Basis für eine isotherme Relaxationsstrom-Analyse (IRC-Analyse) und einem Polarisationsfaktor-Messsystem (Leihgabe LDIC), ergänzt werden.

In Zusammenarbeit mit regionalen Energieversorgungsunternehmen erfolgte ab September ein erster Einsatz des Gesamtsystems an realen Kabelstrecken. Die erzielten Messergebnisse waren sehr vielversprechend. Die an die Anlage gestellten Forderungen und Erwartungen wurden im vollen Umfang erfüllt.

Siehe auch: Diplomarbeit Krauspenhaar, Modellierung und Simulation dyn. ...  
Diplomarbeit Große, Simulation und Messungen an ...  
Fachaufsatz Schufft, ..., Vor-Ort-Prüfung und Diagnose mit ...  
Vortrag Jilek, ..., Konzeption und Applikation eines Vor-Ort- ...  
Vortrag Schreiter, ..., Studie zur Bewertung der ...  
Vortrag Schufft, ..., Vor-Ort-Prüfung und Diagnose mit ...

### **3.2 Grundlagenuntersuchungen an Nieder- und Mittelspannungsschaltgeräten**

Die Zusammenarbeit der Professur mit dem Forschungspartner wurde fortgesetzt und inhaltlich um die Prüftechnologie für Schaltgeräte erweitert. Die inhaltlichen Ergebnisse der Forschungsarbeit spiegeln sich in einer Vielzahl von Veröffentlichungen wider.

Siehe auch: Dissertation Wabner, Beitrag zur Kurzschlußstrombegrenzung...  
Diplomarbeit Möckel, Stromeinsatz beim Schließen von ...  
Fachaufsatz Amft, ..., Untersuchung von Kontaktschwingungen ...  
Fachaufsatz Lietz, ..., Schaltdynamik von Vakuumschaltröhren  
Fachaufsatz Amft, Study of the arc start under different conditions  
Fachaufsatz Amft, ..., Ultra-short vacuum arcs during contact ...  
Vortrag Amft, Study of the arc start under different conditions  
Vortrag Amft, ..., Ultra-short vacuum arcs during contact vibration  
Vortrag Amft, ..., Untersuchung von Kontaktschwingungen bei ...  
Vortrag Lietz, ..., Schaltdynamik von Vakuumschaltröhren

### **3.3 Netzeinbindung und Energiemanagement für regenerative Energiequellen**

Das Forschungsgebiet wurde inhaltlich abgerundet und weiter profiliert. Mit dem Begriff "Dezentrale Energieversorgungstechnologien" sollen die Schwerpunkte der Tätigkeit und damit auch die Aufgabenstellungen dokumentiert werden:

1. Netzanbindung regenerativer Energiequellen
2. Energiemanagement mit dezentralen Energiequellen
3. Kraft-Wärme-Kopplung mit dezentralen Energiequellen
4. Energiewirtschaft

Zu Schwerpunkt 1 konnte an einem realen Netzbeispiel das dynamische Verhalten von Windkraftanlagen am Netz bei sehr kleinen Schrittweiten simuliert und messtechnisch bestätigt werden. Außerdem wurde der Aufbau eines Kurzzeitspeichers für photovoltaische Energie in Doppelschichtkondensatoren berechnet und an einem Labormuster mit vielversprechenden Ergebnissen getestet.

Im Schwerpunkt 2 wurde die Dissertation Hartig, die im wesentlichen die Methoden für das Energiemanagement einschließlich Erzeugungsprognose der regenerativen Quellen sowie energiewirtschaftlicher Bewertung beinhaltet, eingereicht. Weiterhin konnte eine dringend notwendige Aufgabe, ein Online-Datenpool für die Ablage und Visualisierung von energetischen Messwerten, fertiggestellt werden. Damit besteht die Möglichkeit, dass verschiedene Nutzer auf eine gemeinsame Datenbank zugreifen und so Erfahrungen zu Daten fluktuierender Netzeinspeiser synergetisch zusammengefasst werden können.

Im Schwerpunkt 3 werden wir weiterhin die Eigenschaften von Brennstoffzellensystemen am Niederspannungsnetz (Sensitivitätsanalyse) untersuchen, um Energieversorgern Handlungsrichtlinien für den energieoptimalen Einsatz dieser zukunftssträchtigen Energiequelle geben zu können.

Abgerundet wird das Forschungsgebiet durch umfangreichen Arbeiten, in deren Ergebnis Lastprofile für verschiedene Gruppen von Tarifkunden mit sehr unterschiedlichem Verbrauchsprofil erarbeitet wurden. Die hier entwickelten synthetischen Lastprofile geben das Verbrauchsverhalten wider und sind für die Prognose von Bezugsleistungen und die Abrechnung gelieferter Energiemengen sehr gut geeignet.

Siehe auch: Studienarbeit Hartlich, Realisierung und technische Umsetzung ...  
Studienarbeit Schirmer, Entwicklung eines Systems zur ...  
Diplomarbeit Armann, Untersuchung des Einsatzes von ...  
Diplomarbeit Hartlich, Dezentrale Einspeiser - Netzberechnung  
Diplomarbeit Schirmer, Entwurf und Implementierung eines ...  
Fachaufsatz Scheffler, Brennstoffzellenanlagen in ...  
Vortrag Scheffler, Operation of low voltage distribution ...  
Vortrag Bodach, Short term power backup in PV systems ...

### **3.4 Simulation und Optimierung von Hochspannungserzeugern**

Zu diesem Schwerpunkt wurden Netzwerkberechnungen, z.B. zur Einspeisung von Gleichspannungs-Prüfanlagen mit Thyristorstellern, Elektroden-Dimensionierungen mit Feldeberechnungsprogrammen, durchgeführt. Laufende Aufgaben sind die Überarbeitung einer Statistik-Software zur Auswertung von Hochspannungs-Prüfungen sowie die Erstellung einer Teachware für die Simulation eines Impulskreises.

Siehe auch: Diplomarbeit Kurzhals, Simulation der Phasenanschnittsteuerung...  
Fachaufsatz Schufft, ..., Simulation of Thyristor-Controlled DC ...

### **3.5 Aktuelle Aufgabenstellungen der Energieversorgung resultierend aus den neuen Marktbedingungen**

Die gegenwärtigen erheblichen Veränderungen auf dem Gebiet der Energieversorgung mit leitungsgebundenen Energien, verursacht durch die Liberalisierung der Energiemärkte, die Auflösung von Versorgungsgebieten, die Aufteilung der gewachsenen Strukturen in Erzeuger, Verteiler (Durchleiter) und Verkäufer sowie das unaufhaltsame Eindringen von dezentralen Komponenten in die zentrale Versorgungsstruktur zwingen die Energieversorgungsunternehmen zu grundlegenden Änderungen in den bisherigen unterschiedlichen Geschäftsfeldern und zur Aufnahme von Aktivitäten auf neuen Gebieten.

Die Professur Energie- und Hochspannungstechnik der Technischen Universität Chemnitz befasst sich seit vielen Jahren mit der Erarbeitung von Grundlagen zu der oben angesprochenen Problematik. In diesem Jahr wurden folgende Themenkomplexe bearbeitet:

### **I Lastprofilermittlung**

- Überprüfung und Bewertung des bisherigen synthetischen Verfahrens zur Lastprofilermittlung für definierte Kundengruppen
- Entwicklung und Kalibrierung des analytischen Verfahrens zur Lastprofilermittlung

### **II Energiewirtschaftliche und energietechnische Probleme**

- Energiedatenermittlung und -management
- Einbindung in den Prozess der Energiebilanzierung
- Instrument zur Erstellung von Fahrplänen für Sondervertragskunden
- Erarbeitung eines Konzeptes für ein Betriebsmittelinformationssystem in Verbindung mit der Erstellung von schematischen Netzplänen

Siehe auch: Fachaufsatz Scheffler, Struktur und Betrieb des ...  
Fachaufsatz Hiller, ..., Methode zur statistischen Beschreibung  
Fachaufsatz Reichel, ..., Entwicklung synthetischer Lastprofile

## 4. Studienarbeiten, Diplomarbeiten, Dissertationen

### 4.1 Studienarbeiten

**Hartlich, B.:** „Realisierung und technische Umsetzung einer Photovoltaikanlage als Inselssystem unter Berücksichtigung der Einbindung in ein Energiemanagementsystem mit regenerativen Energiequellen“, 1/2001

Die zur Energiewandlung und Verteilung verwendete Technik ist mit einer Vielzahl von Geräten in verschiedensten Ausführungen am Markt verfügbar. Hierzu zählen Photovoltaik-Module, Laderegler, Akkumulatoren und Wechselrichter. Die Technologie kann als weitestgehend ausgereift betrachtet werden. Die größten Optimierungsaufgaben und Möglichkeiten bestehen auf dem Gebiet der Einbindung der Photovoltaik-Module.

Diese Studienarbeit dokumentiert die Planung, die technische Umsetzung und den Aufbau einer in ein Energiemanagement-System einbezogenen Photovoltaik-Anlage.

**Schirmer, R.:** „Entwicklung eines Systems zur simulativen Untersuchung eines Hybridsystems, bestehend aus Dieselgenerator und Solargenerator, unter dem Aspekt der Verwendung eines Doppelschichtkondensator-Speichers zur Pufferung von Strahlungseinbrüchen“, 4/2001

Ein erster Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit ist die Aufbereitung von Globalstrahlungsmessdaten für die Verwendung im Simulationssystem für eine dadurch mögliche Anlehnung an reale Gegebenheiten. Ein weiterer Kernpunkt ist die Modellierung der einzelnen Systemkomponenten einschließlich der Erstellung des komplexen Gesamtmodells. Ein abschließender Themenkomplex waren Untersuchungen zur Eignung eines Doppelschichtkondensators für ein solches System.

## 4.2 Diplomarbeiten

**Kurzhals, J.:** „Simulation der Phasenanschnittsteuerung für Gleichspannungsprüfsysteme“, 1/2001

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Simulation der Phasenanschnittsteuerung für Hochspannungs-Prüftransformatoren für Gleichspannungsprüfsysteme. Die dafür notwendigen Simulationsrechnungen wurden ausschließlich mit dem Netzwerkberechnungsprogramm PSpice<sup>®</sup> durchgeführt. Für den verwendeten Thyristorsteller und den Prüftransformator sind allgemeingültige Modelle weiterentwickelt, untersucht und parametrisiert worden.

Anhand verschiedener Messungen an einem Hochspannungsprüftransformator des Typs PEO 8/100 wurde die Eignung der Transformatormodelle verifiziert. In diese Messungen einbezogen war gleichzeitig auch der für die Funktion der Gesamtschaltung notwendige Grundlastwiderstand parallel zur Primärseite des Hochspannungstransformators. Seine Aufgabe besteht darin, die beim Stromnulldurchgang im Magnetfeld des Transformators gespeicherte Energie umzusetzen.

Ziel dieser Diplomarbeit war vor allem eine Optimierung des Grundlastwiderstandes im Hinblick auf die auftretenden Überspannungen an Transformator und Thyristorsteller sowie eine Minimierung der Verlustleistung in diesem Bauelement, welche dauernd zusätzlich aus dem Netz bereitgestellt werden muss.

**Armstrong, M.:** „Untersuchung des Einsatzes von Doppelschichtkondensatoren zur Pufferung der Auswirkungen kurzzeitiger Änderungen der Einstrahlungsintensität in Photovoltaikanlagen“, 4/2001

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde nachgewiesen, dass Doppelschichtkondensatoren als Kurzfristspeicher in PV-Anlagen mit dem Ziel einer Verbesserung der Energiequalität eingesetzt werden können. Die dafür notwendige Anpassung zwischen PV-System und Speicher wurde mit einem bidirektionalen DC-DC-Umrichter realisiert. Die Steuerung und Regelung des Systems erfolgt mittels Mikrocontroller.

In dieser Arbeit sind Modelle dieser Komponenten erstellt worden, die eine simulative Betrachtung und somit eine Untersuchung und Optimierung der Betriebsweise der Anlage in verschiedenen Zeitfenstern ermöglichen. Weiterhin wurde auf Basis der Simulationsergebnisse eine Versuchsanlage entwickelt und aufgebaut.



**Krauspenhaar, A.:** „Modellierung und Simulation dynamischer Vorgänge in Leistungstransformatoren“, 6/2001

In den fast 150 Jahre seit dem ersten Aufbau eines Transformators wurden große Fortschritte in Bezug auf Wirkungsgrad, Zuverlässigkeit und Lebensdauer erreicht. Doch die Entwicklung ist bei weitem noch nicht abgeschlossen. Dies beweisen unzählige Veröffentlichungen, Fachartikel und Dissertationen. Durch die Nutzbarmachung neuer Technologien eröffnen sich immer wieder neue Möglichkeiten der Optimierung und Verbesserung der Transformatoren, heute besonders in Detailfragen.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Lösung einiger dieser Problem- und Fragestellungen leisten. Ausgegangen wird von der allgemeinen Theorie des Transformators. Über ein speziell ausgewähltes Ersatzschaltbild musste ein Modell in der Netzwerksimulationssoftware SIMPLORER geschaffen werden. Ziel war es dann, das dynamische Verhalten (Inrush) der neuen Technologie des Einsatzes der Hochtemperatursupraleiter (HTSL) im Transformatorenbau einzuschätzen.

**Hartlich, B.:** „Dezentrale Einspeiser - Netzberechnung“, 9/2001

Ausgehend von einer Lastanalyse des TEAG – Netzes und der Betrachtung ausgewählter Netzeigenschaften dezentraler Einspeiser erfolgte die Erstellung eines Netzmodells sowie entsprechender Last- und Einspeisermodelle. Zur Entwicklung der Einspeisermodelle wurden typische Ganglinien des jeweiligen Einspeisers ermittelt und klassifiziert.

Unter Anwendung der Lastgangberechnung wurde der Einfluss dezentraler Einspeiser auf Energieversorgungsnetze untersucht. In den durchgeführten Simulationsrechnungen und ihrer Auswertung konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

- Windparks können unter bestimmten Betriebs- und Netzzuständen durch ihre Leistungseinspeisung höhere Verluste in Energieversorgungsnetzen verursachen,
- Durch Veränderung des Einspeise – Leistungsfaktors ist eine Kompensation dieser Verluste sowie weiterer Netzverluste möglich.
- Die Grenzen dieses Konzeptes der Blindleistungskompensation werden durch die Fluktuation des Windes, die Spannungsanhebung im Netz sowie rechtlicher und technische Rahmenbedingungen gegeben.
- Mit dem fortschreitenden Ausbau der Windenergienutzung entsteht für EVU in den nächsten Jahren Handlungsbedarf zur Änderung dieser Rahmenbedingungen.
- Mit zunehmender Leistung von Windparks in den Netzen regionaler EVU entsteht ein zu beachtender Einfluss dieser auf die übergeordnete Netzebene. Es kommt z.B. an Netzeinspeisepunkten zu deutlichen Schwankungen der bezogenen Leistung. Die in der übergeordneten Netzebene entstehenden Verluste reduzieren sich stark.

**Möckel, S.:** „Stromeinsatz beim Schließen von Vakuumschaltkontakten“,  
10/2001

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war die Erforschung der dynamischen Verhältnisse beim Einschalten von Vakuumschaltröhren mit besonderem Augenmerk auf das Einschaltverschweißen. Die Stromsteilheit im Einschaltvorgang diente dabei als Parameter für die Untersuchungen. Bei den durchgeführten Messungen wurde bei Netzeinschaltungen eine Stromsteilheit von  $S_N \approx 2500$  A/ms und bei Kondensatoreinschaltungen eine Stromsteilheit  $S_C \approx 8000$  A/ms realisiert.

Es konnte festgestellt werden, dass die höhere Stromsteilheit bei den Kondensatoreinschaltungen im Vergleich zu den Netzeinschaltungen verstärkt zu festen Verschweißungen führte. Zusätzlich traten bei den Kondensatoreinschaltungen auch verdeckte Verschweißungen auf. Dabei zeigte sich, dass die Ursache hierfür der Vorbogen und dabei speziell die in der Vorbogenzeit umgesetzte Energie ist.

Werden die Vorbogenzündbedingungen als unverändert angesehen, so kann aus der Vorbogenzeit direkt auf die Höhe der Mikrorauheiten der Kontaktstücke geschlossen werden. Daraus kann man schlussfolgern, dass bei Kondensatoreinschaltung im Vergleich zur Netzeinschaltung die Oberflächen der Kontaktstücke im Bereich der Kontaktstellen stärker verändert werden.

**Große, A.:** „Simulation und Messungen an Mittelspannungsgarnituren“,  
10/2001

Untersuchungen an modernen Kunststoffkabeln in Mittelspannungsnetzen zeigen grundsätzlich hohe Isolationsreserven auf. Als Schwachstellen erweisen sich hierbei jedoch zumeist die Kabelgarnituren.

Durch die Entwicklung von Simulationsmodellen werden Vor- und Nachteile verschiedener Ausführungsformen aufgezeigt. Zum Einsatz kommen sowohl Finite Elemente Methode als auch Ersatzladungsverfahren. Einen Schwerpunkt stellt vorrangig die Analyse der Feldsteuerprofile bei Garnituren mit kapazitiver Feldsteuerung dar. Deren Wirkungsweise wird durch analytische Berechnung und Simulation verifiziert.

Die praktischen Vergleichsmessungen beschränken sich ausschließlich auf neue Garnituren. Dabei sind Parallelen zwischen den laut Simulation zu erwartenden und den im Versuch erzielten Ergebnissen erkennbar.

Diese Arbeit zeigt die prinzipielle Eignung bestimmter Ausführungsformen von Garnituren für eine Erhöhung der Betriebsspannung bei ausreichenden Sicherheitsreserven. Alterungserscheinungen sind dabei allerdings noch nicht berücksichtigt. Daher sind die erzielten Ergebnisse durch praktische Messungen an betriebsgealterten Garnituren zu überprüfen. Dazu bietet sich eine Vor-Ort-Messung mit Teilentladungsdiagnose und -ortung an ausgewählten Kabelstrecken an.

**Schirmer, R.:** „Entwurf und Implementierung eines Onlinedatenpools zur rechnergestützten Akkumulation, Analyse und Visualisierung elektroenergetisch relevanter Zeitreihen“, 11/2001

In dieser Diplomarbeit wird ein Konzept vorgestellt, das die Archivierung und Verwaltung von großen Datenmengen, wie sie bei Langzeitmessungen oder bei Messungen mit hoher Abtastfrequenz entstehen können, mittels moderner Rechentechnik ermöglicht. Im Rahmen der Arbeit erfolgte der Entwurf eines Gesamtkonzeptes für die zu verwendende Technologie für einen Onlinedatenpool, die Auswahl und Einrichtung der notwendigen Systemumgebung, theoretische Betrachtungen zur Datenverwaltung und der Entwurf eines auf den vorangehenden Punkten basierenden Softwaresystems. Zusätzlich wurden spezielle Aspekte der Datensicherung berücksichtigt, um einem Missbrauch von wertvollen Messdaten vorzubeugen.

Im Vordergrund dieser Diplomarbeit stehen dabei die stabile und flexible Funktionalität des zu realisierenden Onlinedatenpools und die nachvollziehbare Dokumentation des Entwurfes und der Realisierung. Die Arbeit soll nicht zuletzt dazu dienen, das System langfristig einsetzbar und daher wartungs- und erweiterungsfähig werden zu lassen.

### 4.3 Dissertationen

**Wabner, A.:** „Beitrag zur Kurzschlußstrombegrenzung mit leitfähigen Polymercompounds in der Niederspannungsebene“, 08/2001

Gutachter: 1. Prof. Dr. Amft, 2. Prof. Dr. Schufft, 3. Dr. Richarz  
Tag der mündl. Prüfung: 16.08.2001

Nach einer kurzen Einführung in das strombegrenzende Schalten folgen Betrachtungen über den Aufbau von thermoplastischen Polymeren, den Prozess der Sphärolithbildung sowie die Struktur der Ruße. Auf Grund der Füllstoffteilchenverdrängung im Verlauf der Sphärolithbildung sowie der Neigung der Füllstoffteilchen zur Agglomeration werden Überlegungen zur elektrischen Leitfähigkeit der Compounds angestellt. Gestützt auf den stark nichtlinearen Ausdehnungskoeffizienten der Thermoplaste und der Selbstagglomerationsneigung der Füllstoffteilchen erfolgt die Erklärung des Widerstandsverhaltens der Compoundmaterialien.



Die Optimierung des Compoundmaterials für Strombegrenzung erfolgt durch Untersuchung einer Auswahl von Parametern, die das Matrixmaterial, den Ruß sowie das Herstellungsverfahren betreffen. Das Gesamtverhalten eines polymeren Strombegrenzers lässt sich nicht allein mit dem Widerstandsverhalten des Compounds erklären. Deshalb werden die Gegebenheiten im Bereich des Metall-Compound-Kontakts untersucht. Mit der so gewonnenen Modellvorstellung und dem Verständnis der Funktionsweise des Compounds ist es dann möglich das Gesamtverhalten zu beschreiben. Dabei ist zwischen oberflächennahem-PTC-Effekt und Volumen-PTC-Effekt sowie dem Oberflächeneffekt zu unterscheiden. Durch einen Alternativansatz können bisherige Diskrepanzen bezüglich der Erklärung der Phänomene beim Oberflächeneffekt ausgeräumt werden. Es erfolgt eine Gegenüberstellung von PTC- und Oberflächeneffekt hinsichtlich ihres Anteils am Gesamtverhalten. Abschließend werden Aspekte zur Dimensionierung eines polymeren Strombegrenzers behandelt.

### Dissertationsprojekte

**Hartig, R.:** Last- und Energiemanagement bei Kleinabnehmern unter Priorität regenerativer Energiequellen (zur Begutachtung eingereicht)

**Scheffler, J.:** Energiemanagement in photovoltaisch dezentral gespeisten Niederspannungsnetzen

## 5. Veröffentlichungen

### 5.1 Fachaufsätze

- Scheffler, J.: Struktur und Betrieb des Niederspannungsnetzes der Stadtwerke Leipzig. Elektrizitätswirtschaft Heft 8 / 2001, ISSN 0013-5496
- Hiller, Th., Kiehnscherf, J., Schufft, W.: Methode zur statistischen Beschreibung von Spannungseinbrüchen in Netzen. Elektrizitätswirtschaft Heft 14-15 / 2001, ISSN 0013-5496
- Schufft, W., Siebert, G.: Simulation of Thyristor-Controlled DC Test Systems. 12th ISH, 20.-24.08.2001, Bangalore, Indien, paper 7-24
- Amft, D.: Study of the arc start under different conditions. SAP 2001, 17.-20.09.2001, Lodz, Polen, ISBN 83-902688-9-2
- Amft, D., Lietz, A.: Ultra-short vacuum arcs during contact vibration. SAP 2001, 17.-20.09.2001, Lodz, Polen, ISBN 83-902688-9-2
- Amft, D., Breiffeld, D., Berger, F., Lietz, A.: Untersuchung von Kontaktschwingungen bei prellfreiem Einschalten. 16. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar, Universität Karlsruhe, 26.-28.09.2001, ISSN 0340-4161, ISBN 3-8007-2627-0
- Lietz, A., Koch, D., Amft, D., Breiffeld, D.: Schaltdynamik von Vakuumschaltröhren. 16. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar, Universität Karlsruhe, 26.-28.09.2001, ISSN 0340-4161, ISBN 3-8007-2627-0
- Reichel, J., Kliemt, J.: Entwicklung synthetischer Lastprofile. Elektrizitätswirtschaft Heft 23 / 2001, ISSN 0013-5496
- Scheffler, J.: Brennstoffzellenanlagen in Wohngebäuden; Betriebsweisen und Potentiale der Elektroenergieerzeugung. BWK-Brennstoff-Wärme-Kraft Heft 11 / 2001, ISSN 0006-9612
- Schufft, W., Hauschild, W., Schierig, S.: Vor-Ort-Prüfung und Diagnose mit Wechselfrequenz variabler Frequenz an Mittelspannungskabeln. VDEW-Kabeltagung, Nürnberg 03.-04.12.2001

## 5.2 Vorträge, Poster

- Bodach, M., Armann, M., Hiller, W.: Speicherung in photovoltaischen Systemen. Energietag Brandenburg 2001, 05.-06.09.2001, Cottbus, ISBN 3-89825-321-X
- Amft, D.: Study of the arc start under different conditions. SAP 2001, 17.-20.09.2001, Lodz, Polen, ISBN 83-902688-9-2
- Amft, D., Lietz, A.: Ultra-short vacuum arcs during contact vibration. SAP 2001, 17.-20.09.2001, Lodz, Polen, ISBN 83-902688-9-2
- Amft, D., Breiffeld, D., Berger, F., Lietz, A.: Untersuchung von Kontaktschwingungen bei prellfreiem Einschalten. 16. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar, Universität Karlsruhe, 26.-28.09.2001, ISSN 0340-4161, ISBN 3-8007-2627-0
- Lietz, A., Koch, D., Amft, D., Breiffeld, D.: Schaltdynamik von Vakuumschaltröhren. 16. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar, Universität Karlsruhe, 26.-28.09.2001, ISSN 0340-4161, ISBN 3-8007-2627-0
- Jilek, U., Schreiter, F., Schufft, W.: Konzeption und Applikation eines Vor-Ort-Prüfsystems zur Bewertung der Isolationsreserven von VPE-Mittelspannungskabeln. DFG-Zwischenberichts-kolloquium 15.-16.10.2001 in Wuppertal
- Schreiter, F., Jilek, U., Schufft, W.: Studie zur Bewertung der Isolationsreserven von VPE-Mittelspannungskabeln. DFG-Zwischenberichts-kolloquium 15.-16.10.2001 in Wuppertal
- Bodach, M.: Short term power backup in PV systems with ultra capacitors. 17th European PV Solar Energy Conference and Exhibition, 22.-26.10.2001, München
- Scheffler, J.: Operation of low voltage distribution networks with decentralized CHP fuel cell systems for residential application. IEEE 2001 Transmission and Distribution Conference, 28.10.-02.11.2001, Atlanta, USA, ISBN 0-7803-7287-5
- Schufft, W., Hauschild, W., Schierig, S.: Vor-Ort-Prüfung und Diagnose mit Wechselfrequenz variabler Frequenz an Mittelspannungskabeln. Fachkongress Netzbetrieb-Kabeltagung 2001, 03./04.12.2001 in Nürnberg

# Vor-Ort-Prüfung und Diagnose mit Wechselfrequenz variabler Frequenz an Mittelspannungskabeln

## On-Site Withstand Testing and Diagnostics of Medium Voltage Cables at Alternating Voltage of Variable Frequency

Wolfgang Schufft  
TU Chemnitz

Wolfgang Hauschild Stefan Schierig  
HIGHVOLT Prüftechnik  
Dresden GmbH

Nach dem fortschreitenden Ersatz water-tree-geschädigter Mittelspannungskabel werden sich Vor-Ort-Prüfung und Diagnose zunehmend auf die Bewertung der Isolationsreserven betriebsgealterter Kabelsysteme ausrichten. Hinsichtlich der Reproduzierbarkeit von Teilentladungs- und Verlustfaktormessungen als auch einer effektiven Spannungsprüfung bietet eine sinusförmige Prüfspannung mit annähernd Betriebsfrequenz optimale Voraussetzungen.

### SUMMARY OF THE REPORT

After the increasing replacement of water-tree-damaged medium-voltage cables on-site testing and diagnostics will be focussed more and more on operational aged cable systems. Regarding to the traceability of partial discharge and power factor measurements as well as for an effective withstand voltage testing a sinusoidal test voltage near power frequency promises optimal preconditions.

### Zur Prüfphilosophie

Nachdem leistungsstarke Prüfanlagen /1/ als auch eine den Vor-Ort-Bedingungen angepaßte Diagnostik - insbesondere sind hier die Fortschritte bei der Stör-signalunterdrückung bei Teilentladungsmessungen zu nennen /2/ - verfügbar sind, liegt es auf der Hand, diagnostische Messungen mit einer Spannungsprüfung zu kombinieren. Dafür gibt es folgende Begründung: Diagnostische Messungen (z.B. Teilentladungsmessungen, Verlustfaktormessungen, IRC-Analyse) allein liefern zwar Absolutwerte oder auch mehrdimensionale Muster der erfaßten Meßgröße bzw. -größen. Die Bewertung aber, ob diese diagnostischen Meßwerte kritisch sind, erfolgt durch einen Vergleich mit Referenzen, soweit diese verfügbar sind, oder nach Erfahrungswerten. Die Bewertung diagnostischer Messungen an sich ist da-

mit nach wie vor unsicher. Sehr sichere Aussagen liefern diagnostische Messungen, wenn Prüfobjekte miteinander verglichen werden können, z.B. die drei Phasen eines Kabelsystems, oder wenn die Entwicklung diagnostischer Meßwerte über der Zeit verfolgt wird, z.B. die Zunahme der Teilentladungsintensität. Die Spannungsprüfung allein liefert zwar eine klare Ja-Nein-Aussage. Sind Prüfspannungsspiegel und Prüfzeit nicht optimal gewählt, so kann aber eine Schadenakkumulation erfolgt sein, die kurze Zeit nach der Spannungsprüfung bei Betriebsspannung zum Durchschlag führt. Es liegt nahe, an einem zu bewertenden Kabel zuerst eine diagnostische Messung durchzuführen, welche später als Referenz dient. Dann wird eine Spannungsprüfung mit einer realitätsnahen Spannungsform, d.h. 50 Hz oder variable Frequenz 20 – 300 Hz, durchgeführt und darauffolgend wieder eine diagnostische Messung. Spannungsprüfung und diagnostische Messungen können natürlich auch gleichzeitig erfolgen. Stimmen die diagnostischen Meßergebnisse vor und nach der Spannungsprüfung im wesentlichen überein, so darf wohl geschlußfolgert werden, daß keine Schadenakkumulation eingetreten ist und sich das Kabel nicht in einem kritischen Zustand befindet.

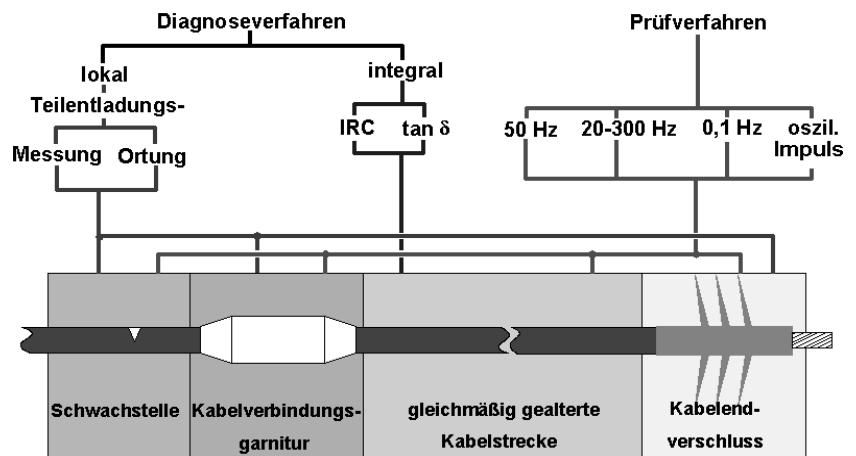


Bild 1. Prüf- und Diagnoseverfahren für Mittelspannungskabel

## Prüf- und Diagnoseverfahren für Mittelspannungskabel und deren Reproduzierbarkeit

Die wichtigsten, derzeit gebräuchlichen Prüf- und Diagnoseverfahren für Mittelspannungskabel sind in Bild 1 zusammengefaßt:

Mit Hilfe der Teilentladungsmessung sind lokale Schwachstellen,

renzwerte, die bei 50 Hz ermittelt wurden, ein derzeit unzureichend geklärtes Problem.

Im Gegensatz zur Teilentladungsmessung spielt die Form der angelegten Spannung für die Teilentladungsart (Kabelfehlerortung) eine untergeordnete Rolle.

Bezüglich der Vor-Ort-Spannungsprüfung haben Wechselspannungen im Frequenzbereich

20 bis 300 Hz den großen Vorteil, daß ihre Ergebnisse unmittelbar mit Stückprüfungen im Werk vergleichbar sind. Das hängt vor allem damit zusammen, daß in diesem die Betriebsfrequenz 50 Hz überdeckenden Frequenzbereich im Dielektrikum bei allen denkbaren Fehlern sich identische Spannungsverteilungen (und damit Feldstärken) einstellen. Das ist bei VLF-Spannungen 0,1 Hz nicht gegeben, jedoch hat sich diese Spannungsform besonders für die Prüfung water-tree-geschädigter Kabel als effektiv erwiesen [3, 4]. Hingegen sind oszillierende Spannungsimpulse wegen der praktisch begrenzten Anzahl erzeugbarer Impulse für eine Spannungsprüfung kaum geeignet.

## Entwurf und Ausführung eines Vor-Ort-Prüfsystems mit Wechselspannung variabler Frequenz für Mittelspannungskabel

Ein Vor-Ort-Prüfsystem mit Wechselspannung variabler Frequenz arbeitet auf der Basis eines Reihenresonanzkreises. Das Kernstück bildet die Resonanzdrossel, die in Reihe mit der Kapazität des zu prüfenden Kabels

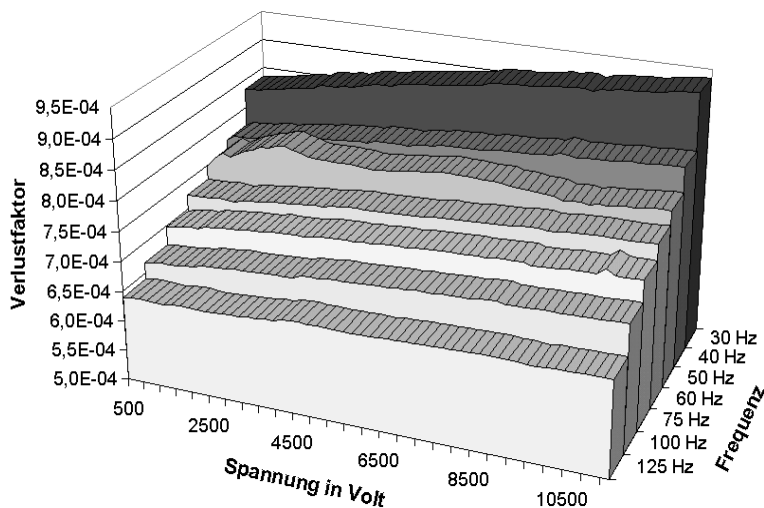


Bild 3. Verlustfaktor  $\tan \delta$  abhängig von der Höhe und Frequenz der Prüfspannung

welche besonders in den Kabelverbindungsarmaturen und den Kabelendverschlüssen zu vermuten sind, zu detektieren und zu orten. Es ist zu erwarten, daß im Frequenzbereich 20 – 300 Hz keine wesentlichen Unterschiede im Teilentladungsverhalten gegenüber der Betriebsfrequenz vorhanden sind. Das konnte durch Teilentladungsmessungen an einer Kabelverbindungsarmatur mit einem künstlichen Montagefehler wenigstens für den Frequenzbereich von 30 – 95 Hz bestätigt werden, siehe Bild 2.

Auch die Messung des Verlustfaktors  $\tan \delta$  zur integralen Bewertung des Isoliervermögens ist in diesem Frequenzbereich schlüssig interpretierbar, Bild 3.

Hingegen ist die Übertragbarkeit von Teilentladungsmessungen als auch von Verlustfaktormessungen bei einer VLF-Spannung mit einer Frequenz von 0,1 Hz auf Refe-

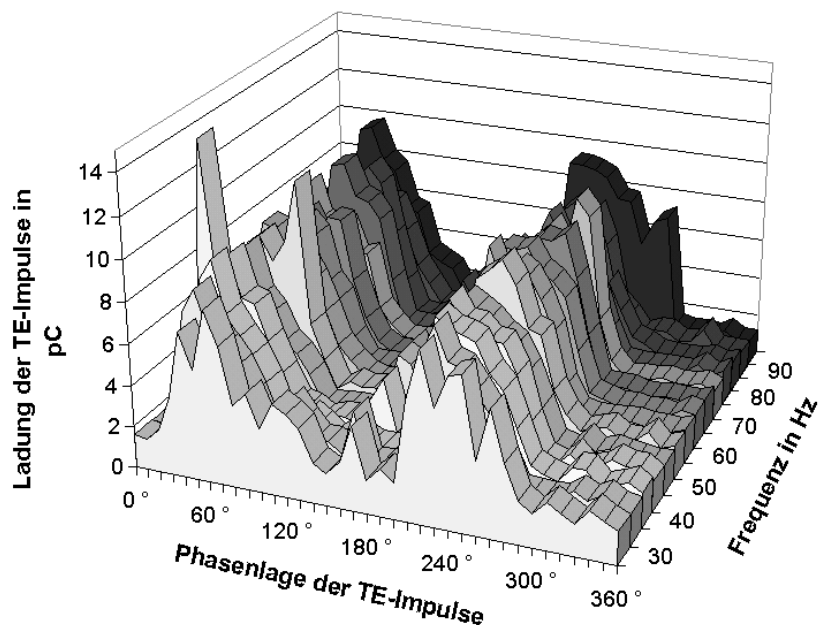
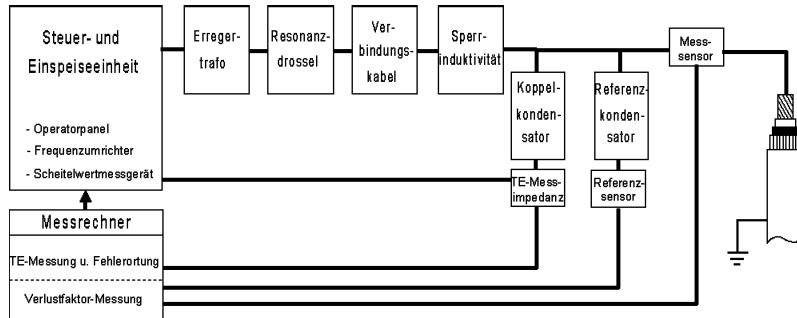


Bild 2. Scheinbare Ladung und Phasenlage von Teilentladungsimpulsen abhängig von der Prüffrequenz



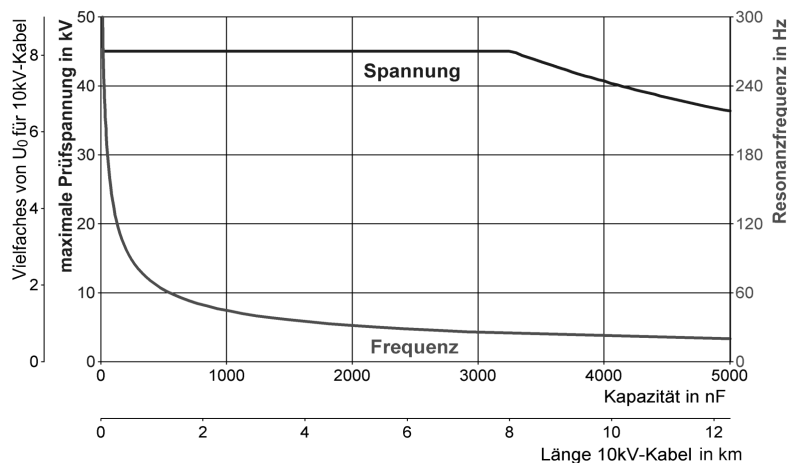
angeordnet ist. Die in der Drossel selbst und im zu prüfenden Kabel umgesetzte Verlustleistung wird von einem Frequenzrichter (integriert in die Steuer- und Einspeiseeinheit) über einen Erregertrafo (integriert in die Steuer- und Einspeiseeinheit) über einen Erregertrafo zugeführt, siehe Bild 4. Kabeln befindet sich eine Sperrinduktivität. Der Koppelkondensator zur Auskopplung der Teilentladungsimpulse dient gleichzeitig der Spannungsmessung und ist zusammen mit der Meßimpedanz in der unmittelbaren



**Bild 4.** Blockschaltbild eines Resonanzprüfsystems variabler Frequenz für Mittelspannungskabel

Die Teilentladungsmessung, die Teilentladungsart, die Verlustfaktormessung werden von einem Meßrechner gesteuert, welcher auch die Automatisierung des Prüfablaufes und die Aufzeichnung der Prüfdaten gewährleistet.

Nähe des zu prüfenden Kabels angeordnet. Durch geeignete Maßnahmen der Störsignalunterdrückung läßt sich so der Grundstörpegel bei der Vor-Ort-Teilentladungsmessung sicher auf unter 10 pC begrenzen, zumeist lag er gar unter 5 pC.



**Bild 5.** Lastkennlinie eines Resonanzprüfsystems variabler Frequenz für Mittelspannungskabel

Die Spannungszuführung von der Resonanzdrossel erfolgt über ein Verbindungskabel, welches an einem Ende eine Steckverbindung zur Resonanzdrossel und am anderen, dem zu prüfenden Kabel zugewandten Ende, einen Kabelendverschluß aufweist. Zwischen dem Kabelendverschluß des Verbindungskabels und dem Kabelendverschluß des zu prüfenden

Die Verlustfaktormessung geschieht auf digitaler Basis [5]. Zwei Meßsensoren sind hierzu ebenfalls in unmittelbarer Nähe des zu prüfenden Kabels angeordnet. Das Kernstück, d.h. das schwerste Stück des Resonanzkreises, ist die Resonanzdrossel. Ihre Auslegung richtet sich nach der erforderlichen Prüfspannung und

der zu erwartenden Kapazität des zu prüfenden Kabels. Bild 5 zeigt die Lastkennlinie einer Resonanzdrossel, mit der Kabel mit einer Kapazität von bis zu 3,3  $\mu\text{F}$  bei einer Frequenz von 25 Hz mit einer Spannung bis zu 45 kV geprüft werden können, was einer Prüfleistung von 1 MVA entspricht. Würde ein Kabel mit einer Kapazität von 3,3  $\mu\text{F}$  mit einer Prüfspannung von 50 Hz geprüft, so ergäbe sich eine Prüfleistung von 2 MVA (sog. 50-Hz-Äquivalentprüfleistung). Kabel mit einer Kapazität von ca. 5  $\mu\text{F}$  können mit einer Spannung bis zu 36 kV geprüft werden, wobei sich eine Prüffrequenz von 20 Hz ergibt. Die Resonanzdrossel, siehe auch Bild 6, für diese extremen Lastfälle hat eine Masse von ca. 2,3 t, womit sich für das Gesamtsystem eine Masse von ca. 3 t ergibt. Prüfsysteme für kürzere Kabel und geringere maximale Prüfspannung haben nur etwa die halbe Masse dieses Systems.

## Zusammenfassung

Vor-Ort-Prüfsysteme mit Wechselspannung variabler Frequenz auf der Basis eines Reihenresonanzkreises ermöglichen sowohl reproduzierbare Teilentladungs- und Verlustfaktormessungen als auch eine effektive Spannungsprüfung an Mittelspannungskabeln.

Die Kombination einer Spannungsprüfung mit Teilentladungsmessungen liefert eine optimale Bewertung des Isoliervermögens einer Kabelstrecke. Verändert sich das Bild von Teilentladungen nach einer Spannungsprüfung nicht wesentlich gegenüber dem Ausgangszustand vor der Spannungsprüfung, so darf geschlossen werden, daß keine Schadensakkumulation eingetreten ist und sich das Kabel nicht in einem kritischen Zustand befindet. Mit Hilfe von Störunterdrückungsmaßnahmen läßt sich der Grundstörpegel bei Vor-Ort-Teilentladungsmessungen sicher auf unter 10 pC reduzieren. Teilentladungs- und Verlustfaktormessungen sind zumindest im

Frequenzbereich von 30 bis 100 Hz repräsentativ für Betriebsfrequenz und weisen eine gute Reproduzierbarkeit auf. Die experimentellen und praktischen Untersuchungen werden fortgesetzt.



*Bild 6.* Prüfaufbau eines Resonanzprüfsystems variabler Frequenz für Mittelspannungskabel, Resonanzdrossel vorn rechts

## SCHRIFTTUM

- [1] Schufft, W., Coors, P., Spiegelberg, J.: Resonanzprüfsysteme mit variabler Frequenz für die Prüfung und Diagnose an verlegten Kunststoffkabel. HIGHVOLT Kolloquium Cottbus 1999
- [2] Schufft, W.: Die Entwicklung moderner Vor-Ort-Prüfsysteme als Antwort auf neue Prüfaufgaben. IEH-Prüftechnik Millennium Symposium 2000, 12./13.04.00 in Karlsruhe
- [3] Schiller, G.: Das Durchschlagverhalten von vernetztem Polyäthylen (VPE) bei unterschiedlichen Spannungsformen und Vorbeanspruchungen. Dissertation, TU Hannover 1996
- [4] Gockenbach, E., Hauschild, W.: Anwendbarer Frequenzbereich hoher Wechselspannungen für Vor-Ort-Prüfungen von VPE-Kabelsystemen
- [5] DSP-based Dissipation Factor & Capacitance Measuring System LDV-5, Firmenschrift der Firma LDIC

## 5.3 Sonstige

- Schufft, W.: Mitarbeit an der 7. Auflage des „Langenscheidts Fachwörterbuch Elektrotechnik und Elektronik“ Englisch-Deutsch und Deutsch-Englisch (ISBN 3-86117-175-9)  
Herausgeber Prof. Dr. sc. techn. Dr. h.c. Peter-Klaus Budig

## 5.4 Presse (Beispiele)

# Forschungsvertrag für die Universität

Stadtwerke suchen nach Lösungen effektiveren Energietransport – Projekt läuft über drei Jahre

Einen Forschungs- und Entwicklungsvertrag in Höhe von 300.000 Mark haben gestern die Stadtwerke AG mit der Technischen Universität Chemnitz abgeschlossen. In den kommenden drei Jahren werden an der Professur Energie- und Hoch-

spannungstechnik energietechnische Projekte der Stadtwerke gelöst. Nach Aussage von Projektleiter Prof. Wolfgang Schufft sollen unter anderem Lösungen entwickelt werden, damit die Stadtwerke so verlustarm wie möglich Energie vom Erzeuger

zum Kunden weiterleiten können. Bei der Zusammenarbeit geht es beiden Partnern zudem um einen stärkeren Einsatz von Praktikanten, Diplomanden und Absolventen bei den Chemnitzer Stadtwerken und um Aktivitäten rund um den „Chemnitzer Umweltpreis“.

„Hier wird eine hochmoderne Konzeption entwickelt, mit der wir eine Vorreiterrolle in Sachsen, Deutschland und sogar in Europa spielen können“, bewertete Stadtwerkechef Uwe Barthel die Kooperation. Die Stadtwerke versprechen sich nach Barthels Worten, dass der Vertrag mit der TU das Unternehmen unter anderem in die Lage versetzen wird, eine exaktere Abrechnung mit Durchleitern und Kunden zu erreichen, als dies bisher möglich sei. Für die TU sei der Vertrag eine Chance, sich für europäische Fragen zu einem kompetenten Ansprechpartner zu entwickeln.

Im vergangenen Jahr erhielt die Universität von der Regionalen Wirtschaft und von Kommunen Forschungsaufträge im Gesamtvolumen von vier Millionen Mark. (ULI)



Uwe Barthel und Karl Gerhard Degreif ( beide Vorstand Stadtwerke), Prof. Dr. Wolfgang Schufft, Rektor Günther Grünthal und Uni-Kanzler Eberhard Alles nach der Unterzeichnung im Hochspannungslabor (v.l.). –FOTO: W. EBERT

Freie Presse, Mittwoch, 07. März 2001

## Chemnitzer Uni soll europäisch bedeutende Forschung leisten

Stadtwerkechef sieht Vorreiterrolle durch Kooperation und investiert 300 000 Mark in einen Forschungs- und Entwicklungsvertrag

Chemnitz (AP). Die Technische Universität (TU) Chemnitz soll innerhalb der nächsten drei



Jahre für die Stadtwerke ermitteln, wie diese ihre Kunden möglichst verlustarm mit Energie versorgen können. Dies ist Teil des Forschungs- und Entwicklungsvertrages, den die TU am Dienstag in Chemnitz mit den Stadtwerken abgeschlossen hat. „Hier wird eine hochmoderne Konzeption entwickelt, mit der wir eine Vorreiterrolle in Sachsen, Deutschland und sogar Europa spielen können“, sagte Uwe Barthel, Technischer Vorstand der Stadtwerke, anlässlich des Vertragsabschlusses.

Im Rahmen des Forschungsvertrages sollen in den nächsten drei Jahren eine Reihe von energietechnischen Fragen gelöst werden. Wie Professor Wolfgang Schufft sagte, geht es unter anderem um die Entwicklung von Prüfverfahren, die eine Zustandsbewertung von Komponenten der Energieversorgung ermöglichen. „Diese Komponenten, wie etwa Transformatoren, sichern die zuverlässige Versorgung der Kunden mit Energie“, unterstrich Schufft. Für den Energieversorger stelle sich zum Beispiel die betriebswirtschaftliche Frage nach dem Austausch einzelner Komponenten zum richtigen Zeitpunkt. Dieses Beispiel nahm Barthel

auf und beschrieb, dass sein Unternehmen bei der Bewertung eines Umspannwerkes vor die Frage gestellt sein könnte, ob dies zum Beispiel für zehn Millionen Mark neu gebaut werden muss. „Wenn wir aber genau wissen, auf welche Belastung das Leistungsprofil unseres Netzes ausgelegt sein muss, können wir unter Umständen durch den Bau eines kleineren Werkes enorme Summen sparen“, unterstrich Barthel. Diese Fragen stellten sich den Chemnitzer Stadtwerken in Zukunft im Rahmen der Liberalisierung des Strommarktes in Europa immer öfter. Denn das Unternehmen sei nicht nur als Stromlieferant für den Kunden, sondern auch als Netzbetreiber für potenzielle Durchleiter Ansprechpartner.

Wie Schufft weiter sagte, waren die Stromnetze in Deutschland aus der Monopolphase der Energieversorger heraus übertrieben groß ausgelegt. Im Rahmen des Forschungsvertrages solle die TU jetzt unter anderem ermitteln, ob die Netzstruktur der Stromversorger anders aufgebaut werden könne. „Eine Vereinfachung der

Netzstruktur ist sicher nötig“, meinte der Inhaber des Lehrstuhls für Energie- und Hochspannungstechnik.

Die Stadtwerke versprechen sich nach Barthels Worten, dass der Vertrag mit der TU das Unternehmen z.B. in die Lage versetzen wird, eine exaktere Abrechnung mit Durchleitern und Kunden zu erreichen, als dies bisher möglich sei. Für die TU

sei der Vertrag eine Chance, sich für europäische Fragen zu einem kompetenten Ansprechpartner zu entwickeln. „Die Forschungen werden hier sicher für einen Zuwachs an entsprechendem Know-how sorgen“, äußerte er.

Der Vertrag zwischen TU und Chemnitzer Stadtwerken läuft über drei Jahre und hat ein Volumen von 300 000 Mark.



Techniker Michael Stark richtet eine Messkugel-Funkenstrecke ein im Hochspannungslabor der TU Chemnitz. Fotos (2): AP

DRESDNER NEUESTE NACHRICHTEN, 07.03.2001

## Uni Chemnitz und *envia* – Theorie und Praxis ergänzen sich

(Chemnitz). Zwei angehende Energieelektroniker im ersten Ausbildungsjahr haben im Mai 2001 zusätzlich zu ihren Aufgaben eine Verbindungsmuffe mit zwei Endverschlüssen hergestellt. Die Muffe dient als Grundlage für Messungen an der Uni Chemnitz und hilft den Studenten, ihre theoretischen Berechnungen am praktischen Objekt zu testen. Ausbilder Volker Ebert hat die Aktion betreut.

Die Tests der Uni Chemnitz am Lehrstuhl für Energie- und Hochspannungstechnik dienen wiederum der *envia* und der Optimierung der Betriebsführung. Bei den bereits im letzten Jahr begonnenen Untersuchungen sollten Parameter ermittelt werden, die Aufschluss über das Alterungsverhalten und Schwachstellen bei Mittelspannungskabeln geben. Es soll getestet werden, welche Leistungsreserven hinsichtlich der Übertragungsfähigkeit in den vorhandenen 10-kV-Kabeln existieren, ohne dass die Versorgungsicherheit beeinträchtigt wird.

Bereits im Vorjahr gab es dazu im Rahmen einer Diplom- und einer For-

schungsarbeit Messungen an der Uni Chemnitz und im UW Burgstädt. Diese hat Tino Noske (Abteilung B-G) geleitet. Die ersten positiven Ergebnisse sollen durch eine Langzeitstudie unteretzt werden. Erste Messungen hierzu wurden bereits durchgeführt, weitere werden folgen. Ziel ist es zu untersuchen, inwieweit Alterungsprozesse bei realem Betrieb unter erhöhten Beanspruchungen die Festigkeitswerte signifikant beeinflussen.

Es hat sich herausgestellt, dass Schwachstellen nicht im Kabel selbst, sondern in der Garnitur liegen. Deshalb untersucht die zur Zeit laufende Diplomarbeit, ob die Bauelemente an sich oder die Montage dieser Elemente die zu übertragende Spannung begrenzt.

Um statistisch verwertbare Ergebnisse zu erreichen, ist eine entsprechende Anzahl verschiedener Messobjekte notwendig. So sind sowohl die Universität Chemnitz als auch die *envia* an einer weiteren guten Zusammenarbeit interessiert.

Ricarda Stöckel, UK

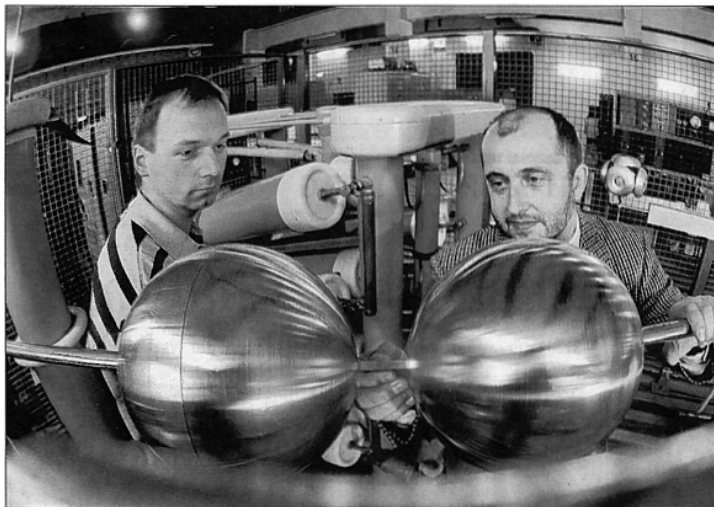


Fachleute der Uni Chemnitz und der *envia*.  
Foto: PrintDesign

Theorie und Praxis: Manuela Splinter und Sebastian Wiege (Energieelektroniker im ersten Ausbildungsjahr) zeigen Frank Schreiter (re.) und Uwe Jilek, Mitarbeiter vom Lehrstuhl Energie- und Hochspannungstechnik, wie eine Kabelmuffenverbindung hergestellt wird.  
Foto: R. Stöckel

Ansprechpartner:  
Volker Ebert, P-E-A-Ch  
Tel. 0371/482-2823  
E-Mail: Volker.Ebert@envia.de  
Tino Noske, B-G-P  
Tel. 0371/482-4753  
E-Mail: Tino.Noske@envia.de

**envia ENERGIE focus, Ausgabe 6/7 2001**



### „Spannende“ Versuche an der TU

Im Hochspannungslabor der TU Chemnitz bereiten Prof. Dr. Wolfgang Schufft (rechts) und sein wissenschaftlicher Mitarbeiter Uwe Jilek einen Versuchsaufbau an einer Messkugel-Funkenstrecke vor. Die Professur Energie- und Hochspannungstechnik forscht insbesondere auf dem Gebiet der Energietechnik und Energiewirtschaft. Wichtiger Kooperationspartner ist die Envia Energie Sachsen/Brandenburg AG. Der größte regionale Energiedienstleister in Ostdeutschland setzt dabei die Forschungsergebnisse der Hochschule in die Praxis um.

—FOTO: WOLFGANG THIEME/ZB

**Freie Presse,  
12.12.2001**

## 6. Externe Aktivitäten und Kontakte

### 6.1 Konferenzen, Tagungen, Kolloquien

11.01.2001	Energieforum 2001 der envia Energie Sachsen Brandenburg AG (Prof. Schufft, Prof. Hiller)
20.-21.02.2001	57. Kabelseminar Hannover (Dipl.-Ing. Schreiter)
13.-14.03.2001	VDI Tagung „Fortschrittliche Energiewandlung und -anwendung“, Ruhr-Universität Bochum (Dipl.-Ing. Bodach)
14.03.2001	Seminarteilnahme auf der ENERTEC, Leipzig (Dipl.-Ing. Reichel)
04.04.2001	VDE Seminar „Techn. Bewertung und Diagnose von elektr. Betriebsmitteln in MS- und HS Schaltanlagen“, Berlin (Dipl.-Ing. Schreiter)
03.-04.05.2001	3. Osnabrücker Energie- und Umwelttagung (Dipl.-Ing. Bodach)
08.05.2001	Seminar Energiedatenmanagement in Berlin (Dipl.-Ing. Reichel)
09.05.2001	12. Elektroenergetisches Kolloquium in Zittau (Dipl.-Ing. Bodach)
21.-22.05.2001	Workshop MS-Garnituren bei F&G in Nordenhamm (Dipl.-Ing. Schreiter, Dipl.-Ing. Jilek)
30.05.2001	Seminar und Workshop „Gesamtlösung für IT-Werkzeuge der EVU im liberalisierten Strommarkt“ (Dipl.-Ing. Reichel)
05.06.2001	Energiesparkonferenz der Stadt Leipzig (Dipl.-Ing. Scheffler)
27.06.2001	Aufgaben und Umsetzung des Netzinformationssystems (NIS), envia Markleeberg (Dipl.-Ing. Reichel)
18.-27.08.2001	12. ISH in Bangalore, Indien (Prof. Schufft)

- 06.09.2001      Energietag Brandenburg 2001, TU Cottbus  
(Prof. Hiller, Dipl.-Ing. Bodach)
- 17.-19.09.2001      8. Fachforum Brennstoffzellen in Herne  
(Dipl.-Ing. Mehlich)
- 17.-20.09.2001      Kontakttagung SAP 2001, Lodz, Polen  
(Prof. Schufft, Prof. Amft)
- 26.-28.09.2001      16. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar, Universität  
Karlsruhe  
(Prof. Schufft, Prof. Amft, Dipl.-Ing. Breitfeld)
- 27.-28.09.2001      50 Jahre Elektrotechnik-Ausbildung in Zittau  
(Prof. Hiller)
- 15.-16.10.2001      DFG-Zwischenberichtskolloquium in Wuppertal  
(Prof. Schufft, Dipl.-Ing. Schreiter)
- 23.-25.10.2001      17th European PV Solar Energy Conference and Exhibi-  
tion, München  
(Dipl.-Ing. Bodach)
- 28.10.-02.11.2001      IEEE 2001 Transmission and Distribution Conference,  
Atlanta, USA,  
(Dipl.-Ing. Scheffler)
- 26.11.2001      Energiekonvent 2001 der envia Energie Sachsen Branden-  
burg AG in Mittweida  
(Prof. Schufft, Prof. Hiller, Dipl.-Ing. Bodach, Dipl.-Ing. Jilek,  
Dipl.-Ing. Schreiter, Lippold)

## 6.2 Exkursionen

### VDE Exkursion zur Leuna-Raffinerie und den Stadtwerken Leipzig

Am 21. Mai organisierte der VDE Bezirksverein Chemnitz eine Exkursion zur Erdölraffinerie der Firma TOTAL FINA ELF nach Leuna. Die Besichtigung fand großes Interesse unter allen Teilnehmern. Die Mitarbeiter der Raffinerie stellten in interessanten Vorträgen und einer einstündigen Rundfahrt durch das Werks-gelände die komplexen Anlagen zur Erdölverarbeitung und den gesamten Fir-menverbund vor.

Anschließend erfolgte die Weiterfahrt zu den Stadtwerken Leipzig. Dort fand die Besichtigung einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage auf Basis einer Gasturbine statt.

### Exkursion der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik nach Kassel

Am 12. und 13. Juni führte die Fakultät für Elektrotechnik und Informations-technik für die Studenten dieser Fachrichtung eine Exkursion nach Kassel zur Besichtigung von 3 dort ansässigen Unternehmen der Elektroindustrie durch. Am ersten Exkursionstag besuchte die Gruppe die Werke der Firmen Thyssen-Transrapid, dem Hersteller der Elektromagnetsysteme für die Magnetschwebe-bahn Transrapid, und ABX $\Delta$  Energietechnik GmbH (ALSTOM), Produzent von Komponenten für die Energieübertragung und -verteilung.

Am zweiten Besuchstag erfolgte die Weiterfahrt nach Warstein zur Besichtigung Produktionsanlagen der EUPEC GmbH, einem marktführenden Unternehmen auf dem Gebiet der Herstellung von Halbleiterbauelementen der Leistungs-elektronik.

### VDE Exkursion zur Transrapid-Versuchsanlage

Am 5. und 6. September 2001 fand eine weitere VDE Exkursion statt. Ziel die-  
ser Veranstaltung war die



Besichtigung der Transrapid - Versuchsan-lage in Lathen im Ems-land. Der VDE Bezirks-verein Chemnitz hatte eine Sonderführung durch das gesamte Versuchsge-lände einschließlich War-tungshallen und Betriebs-zentrale organisiert. Hö-hepunkt des Besuches war die 10minütige Pro-befahrt im Transrapid 08

mit einer Maximalgeschwindigkeit von 407 km/h.

## **Fachexkursion vom 22.11. bis 27.11.01 nach Italien und Österreich**

Die Schwerpunkte der Exkursion lagen in den Besichtigungen der Pfänderbahn AG und der VERBUND AG. Die Vortragenden beider Besichtigungsobjekte konzentrierten sich in ihren Ausführungen vordergründig auf elektrotechnische sowie maschinenbautechnische Aspekte in den besuchten Firmen.

Die Pfänderbahn AG ist Betreiber der Seilbahnanlage auf den gleichnamigen 1031m hohen Berg. Herr Martin informierte die Gruppe über den 1995 erfolgreich abgeschlossenen Umbau der Anlage und den damit verbundenen Schwierigkeiten und technischen Neuerungen auf dem Gebiet des Seilbahnbaus. Ein Hauptaugenmerk lag dabei bei der installierten hydraulischen Seilspannanlage. Dieses System wurde erstmals als Weltneuheit von der Firma Doppelmayr in dieser Bahn eingebaut. Im weiteren Verlauf konnten sich die Teilnehmer einen Überblick zu den Sicherheitsmaßnahmen sowohl in der Bergstation als auch der Talstation verschaffen. In diesem Zusammenhang wurde das Zusammenspiel von Maschinenbau und Elektrotechnik in einem derartig komplexen System verdeutlicht.

Am zweiten Besichtigungspunkt, dem Pumpspeicherkraftwerk der VERBUND AG, wurde das Zusammenwirken unterschiedlicher Fachbereiche ebenfalls deutlich. Neben elektrotechnischen und maschinenbautechnischen Elementen wurde auch auf betriebswirtschaftliche Einflüsse im Produktionsprozess hingewiesen. Der Vortragende bemühte sich, der Gruppe das gesamtheitliche Denken eines Energieproduzenten zu vermitteln. Eine fachlich, interessante Erläuterung der Energiegewinnungsanlage wurde für die Gruppe dadurch erweitert, dass sie dem Synchronisierungsvorgang einer Turbine beiwohnen durfte.



### **6.3 Gäste**

Herr Dr. Michel, Frau Roseburg, Epcos AG (09.01.01)

Herr Boltze, Lemke Diagnostics GmbH (18.01.01)

Herr Dr. Maier, Herr Dr. Griepentrog, Herr Rupp, Siemens AG (15.05.01)

Herr Lietz, Moeller GmbH (23.05.01)

Herr Dietz, Schaffner EMC Systems GmbH (20.06.01)

Herr Dr. Meissner, Moeller GmbH (26.06.01)

Herr Mertig, TU Clausthal (02./03.07.01)

Herr Schreckinger, Herr Dr. Griepentrog, Siemens AG (16.08.01)

Herr Dr. Haim, Herr Winderlich, Cellpack (14.09.01)

Herr Jensen, Jensen Hochspannungs- und Prüftechnik (25.09.01)

Herr Kliemt, Herr Ronneberger, Herr Neubert, Stadtwerke Chemnitz AG  
(25.09.01)

Herr Hornickel, Haefely (01.10.01)

Herr Eckhardt, Kabelwerk Meissen (08.11.01)

Herr Daniel, Energieversorgung Sachsen Ost AG (14.11.01)

Herr Noske, envia Energie Sachsen Brandenburg AG (14.11.01)

Herr Ronneberger, Herr Weinhold, Stadtwerke Chemnitz AG (14.11.01)

Herr Dr. Werner, EAAT GmbH (15.11.01)

Herr Dr. Meissner, Herr Dürr, Moeller GmbH (05./06.12.01)

Herr Dr. Haim, Herr Winderlich, Cellpack (17.12.01)

## 7. Höhepunkte sozialer Art

### **Fußballspiel gegen die Mitarbeiter der Professur elektrische Maschinen und Antriebe**



Am 22.03.2001 wurden wir von den Mitarbeitern der Professur elektrische Maschinen und Antriebe zu einem Freundschaftsspiel herausgefordert. Dieses sportliche Event sollte das gute Arbeitsverhältnis zwischen den Mitarbeitern beider Professuren auch im zwischenmenschlichen Bereich vertiefen. Nach Betrachtung des Endstandes (18:3 für die Herausforderer) war diese jedoch auf die Probe gestellt.

### **Kegeln gegen die Mitarbeiter der Professur elektrische Maschinen und Antriebe**

Als „Revanche“ für das Debakel beim Fußball fand am 14.06.2001 ein Bowlingturnier zwischen den Professuren statt. Nach einem spannenden Kampf konnten wir diesmal den sportlichen Wettkampf siegreich beenden. Alles in allem stand natürlich bei beiden Veranstaltungen der Spaß im Vordergrund.

## Ausflug in die Zinngrube Ehrenfriedersdorf



Die diesjährige Belegschaftsexkursion führte uns am 12.09.2001 ins Erzgebirge nach Ehrenfriedersdorf. Herr Werner organisierte eine hochinteressante 3stündige Führung unter Tage durch eine ehemalige Zinn- und Silbermine. Dies gab uns einen eindrucksvollen Einblick in die Entwicklungsgeschichte des hiesigen Bergbaus, von der Handarbeit bis hin zur maschinellen Erzgewinnung. Höhepunkt war neben der Ein- und Ausfahrt in das ca. 100m tief gelegene Stollenlabyrinth eine deftige Bergmannsvesper mit Fettbemme und „Notbeleuchtung“ (Kräuterlikör).

## Weihnachtsfeier am 21.12.2001 in der Gaststätte „Zum Krug“

Auch in diesem Jahr haben wir uns bei Glühwein, Bier und einem reichlichen Mahl auf das bevorstehende Weihnachtsfest eingestimmt. Traditionell waren wieder einige „Ehemalige“ mit von der Partie und haben durch Anwesenheit ihre Verbundenheit mit der Professur zum Ausdruck gebracht und in (wohl guten) Erinnerungen geschwelgt.

## 8. Ausstattung mit Prüf- und Meßtechnik

### 8.1 Hochspannungs- und Hochstromlabor

1. Netzanschlüsse  
6 kV, 10 kV, 380 V, 660 V Drehstrom
2. Schaltleistungsprüfung  
Wechselspannung  $U = 220 \text{ V}$ ,  $I = 5 \text{ kA}$ ,  $\cos \varphi = 0,70$   
 $U = 380 \text{ V}$ ,  $I = 7 \text{ kA}$ ,  $\cos \varphi = 0,65$   
Drehstrom  $U = 380 \text{ V}$ , bis 18 kA  
Gleichspannung  $U = 500 \text{ V}$
3. Hochspannungsprüfung  
Wechselspannung  $U = 200 \text{ kV}$   
Gleichspannung  $U = 200 \text{ kV}$   
Stoßspannung  $U = 500 \text{ kV}$
4. Vor-Ort-Resonanzprüfsystem WRV 23/45  
Prüfspannung bis 45 kV, Prüfstrom bis 23 A  
Frequenzbereich 20 - 300 Hz
5. Transienten-Meß-System TR-AS 100/8  
64 kB Speichertiefe 100 Megasamples  
umfangreiche Auswerte- und Protokollsoftware
6. Dielektrischer Analysator DIANA  
Verlustfaktormessung bis 4kV intern, Erfassungsgrenze  $\tan \delta = 10^{-4}$   
Kapazitätsmessung
7. DSP-gestütztes Kapazitäts- und Verlustfaktormeißsystem LDV-5  
Meßbereich 0,1 pF - 2  $\mu\text{F}$   
Auflösung bis  $10^{-6}$   
Frequenzbereich 10 - 400 Hz
8. Digitales Teilentladungsmeß- und Diagnosesystem LDS-6  
TE-Meßbereich 1 -  $10^5 \text{ pC}$   
obere Grenzfrequenz 30 MHz
9. TE-Fehlstellenortung  
Samplerate bis 250 MS/s  
Ortungsgenauigkeit bis 0,1% der Kabellänge
10. Ölprüfeinrichtung, transportabel  
verschiedenste Spannungsformen und Hochlaufkurven
11. Repetitionsstoßgenerator RSG 500
12. Blitzspannungsprüfeinrichtung SIP 010, transportabel  
Wechselspannung bis 10 kV  
Stoßspannung 1,2/50 bis 10 kV

13. Präzisionsspannungsteiler  
Ohmsche Teiler bis 200 kV  
Kapazitive Teiler bis 100 kV  
Stoßspannungsteiler bis 500 kV (1,2/50)

## 8.2 Gerätelabor

1. Transientenrecorder / intelligente Oszillografen  
Philips PM 3323 2000 MHz, 500 Megasamples, 2-kanalig  
Transientenrecorder 10-kanalig bei 4 kByte / Kanal,  
2-kanalig bei 18 kByte / Kanal  
umfangreiche Ausrüstung (Verstärker, Schnittstellen,  
Spannungsteiler, Shunts, Messköpfe)
2. Femtoamperemeter
3. Lichtmikroskop mit Rechneranschluß und Videoeinrichtung
4. Magnetfeldmeßeinrichtung mit Rechneranschluß bis 10 kHz
5. Dosisleistungsmeßgerät FH 40 G (Eberline Instruments)  
Meßgröße: Photonendosisleistung  
Meßbereich: 0,1  $\mu$ Sv/h - 0,99 Sv/h  
Dosismeßbereich: 100 nSv - 10 Sv
6. EM-Feldanalysator EFA-2 (Wandel & Goltermann)  
Frequenzbereich 1: 5 Hz ... 2 kHz  
Frequenzbereich 2: 5 Hz ... 30 kHz  
Meßbereich: 100 nT, 1  $\mu$ T, 10  $\mu$ T, 100  $\mu$ T, 1 mT, 10 mT  
(automatische Meßbereichswahl)
7. Strahlungsmeßgerät EMR-20 (Wandel & Goltermann) für isotrope Mes-  
sung elektrischer Felder  
Frequenzbereich: 100 kHz ... 3 GHz  
Meßprinzip: digitale dreiachsige Messung  
Spezifizierter Meßbereich: 1 ... 800 V/m  
Anzeigeauflösung: 0,01 V/m
8. 8-Kanal Scope Corder DL 708 (YOKOGAWA)  
Sample Rate: 10 Megasample/Sekunde  
Speichertiefe: 2MBit pro Kanal  
Auflösung: 10 bit
9. Datenlogger DA 100 (YOKOGAWA) mit maximal 300 Kanälen  
Sample Rate: 1 Sample/Sekunde  
Speichertiefe: nur begrenzt durch Festplatte des Logger-PC

### **8.3 Vakuummeßplatz**

1. Vakuum-Turbomolekular-Pumpstand  
erzeugbares Vakuum bis  $10^{-8}$  Pa
2. Hochvakuum-Bedampfungsanlage mit Öl-Diffusionspumpe  
Vakuumkammer bis 300 mm,  
erzeugbares Vakuum bis  $10^{-4}$  Pa
3. Kaltkathoden-Vakuummeter
4. Glühkathoden-Vakuummeter

### **8.4 Software**

#### **ATP/ATPDraw**

Simulation dynamischer und transienter Netzvorgänge der Energieversorgung

#### **Elektra 3.20**

Stationäre Berechnung und Simulation von Lastflüssen und Kurzschlüssen in elektrischen Netzen

#### **FlexPro 5.0.47**

Konvertierung, Bearbeitung und Analyse von Meßwertdatensätzen

#### **FLUX**

FEM-basierte Berechnung von Feldern

#### **PC Anywhere**

Fernsteuerung von Rechentechnik über Modem und Netzwerk, vor allem eingesetzt zur Meßwertfernabfrage

#### **Pspice 9** (bisher nur Demo-Version)

Simulation von Anlagen und Systemen der Leistungselektronik und Hochspannungstechnik

#### **Simplorer 4.2**

Umfangreiches Simulationssystem zur Berechnung und Dimensionierung elektrischer Netzwerke aller Art, eingesetzt zur Simulation von Anlagen und Systemen der Photovoltaik und Leistungselektronik

## Konzeption der Professur Energie- und Hochspannungstechnik

*Inhalt:*      *Regenerative*      *Energie-*      *Elektroenergie-*      *Beanspruchung*      *Geräte- und*      *Hochspannungs-*  
*(Kausalfuß)*      *Energiequellen*      *management*      *systeme*      *el. Betriebsmittel*      *Isoliertechnik*      *technik*

**Pflichtfächer:**

<b>Elektrische Energietechnik</b>					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Elektroenergie- übertragung u. -verteilung</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Praktikum</td> </tr> </table>	Elektroenergie- übertragung u. -verteilung	Praktikum	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Hochspannungs- technik</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Praktikum</td> </tr> </table>	Hochspannungs- technik	Praktikum
Elektroenergie- übertragung u. -verteilung					
Praktikum					
Hochspannungs- technik					
Praktikum					

**Wahlpflichtfächer:**

Statistik und Isolationskoordination		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Beanspruchung von Betriebsmitteln</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Praktikum</td> </tr> </table>	Beanspruchung von Betriebsmitteln	Praktikum
Beanspruchung von Betriebsmitteln		
Praktikum		

**Wahlfächer:**

Energie und Umwelt		
Elektroenergiewirtschaft		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Solare Energie- technik I u. II</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Praktikum</td> </tr> </table>	Solare Energie- technik I u. II	Praktikum
Solare Energie- technik I u. II		
Praktikum		
Digitale Schutz- und Leittechnik		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Betriebsmittel der Elektroenergiever- sorgung</td> </tr> </table>	Betriebsmittel der Elektroenergiever- sorgung	
Betriebsmittel der Elektroenergiever- sorgung		
Netzberechnung		
Diagnose- und Messtechnik		

**Forschungs-  
schwerpunkte:**

Energiemanagement für regenerative Energiequellen	Grundlagenuntersuchungen an Nieder- und Mittel- spannungsschaltgeräten
Aktuelle Aufgabenstellungen der Energieversorgung	Zustandsbewertung von Betriebsmitteln
	Simulation und Optimierung von Hochspannungserzeugern

**Vision:**

Kompetenzzentrum für technische Belange der Energieversorgung (mit Schwerpunkt auf dem Mittelspannungsbereich)
---