

# Jahresbericht 2005

Professur Energie- und Hochspannungstechnik



Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

## **Kontakt:**

### **Adresse:**

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

### **Dienstsitz:**

Reichenhainer Str. 70  
A.-F.-Weinholdbau, Zi. 235  
09126 Chemnitz  
Tel.: 0+49 371 /531 3343  
Fax: 0+49 371 /531 3376

### **Homepage:**

<http://www.tu-chemnitz.de/etit/eneho/>

### **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@etit.tu-chemnitz.de
Prof. D. Amft	+49 371 531 3341	+49 371 531 3376	dietrich.amft@etit.tu-chemnitz.de
Sekretariat: A. Wickleder	+49 371 531 3342	+49 371 531 3376	angelika.wickleder@etit.tu-chemnitz.de
S. Hetzel	+49 371 531 3587	+49 371 531 3335	steffen.hetzel@etit.tu-chemnitz.de
E. M. Linne	+49 371 531 3587	+49 371 531 3335	evi.linne@etit.tu-chemnitz.de
K. Mehlhorn	+49 371 531 3345	+49 371 531 3335	klaus.mehlhorn@etit.tu-chemnitz.de
F. Schreiter	+49 371 531 3251	+49 371 531 3335	frank.schreiter@etit.tu-chemnitz.de
J. Lippold	+49 371 531 3341	+49 371 531 3335	juergen.lippold@etit.tu-chemnitz.de
M. Stark	+49 371 531 3364	+49 371 531 3335	michael.stark@etit.tu-chemnitz.de

Redaktion: Frank Schreiter

Sehr geehrte Freunde und Partner,

auch das Ende des Jahres 2005 ist Anlaß zu resümieren:  
Was konnte erreicht werden, was hat uns bewegt?



Hinter mir liegt das zweite und damit letzte volle Kalenderjahr als Dekan der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. Dieses Amt hat erneut einen Großteil meiner Kraft zum Nachteil der Arbeit an der Professur Energie- und Hochspannungstechnik beansprucht.

Die Finanzlage von Bund und Ländern sorgt für Reformdruck in der Hochschulpolitik. Es werden grundlegende Fragen gestellt, die nun ihrer Antwort harren: Ist die klassische Universität als staatliche Bildungseinrichtung mit akademischer Selbstverwaltung - mitunter schon als "Professorenrepublik" verunglimpft - noch zeitgemäß? Kann sie durch eine "Bildungs-GmbH" ersetzt werden, aus deren Reglementierung (und Alimentierung) sich der Staat mehr und mehr zurückzieht? Der nunmehr vorliegende Entwurf des neuen Sächsischen Hochschulgesetzes zielt, wenn auch vorsichtig, in diese Richtung, d.h. auf mehr Autonomie und Selbstverantwortung der Hochschulen. Nach Aussage des sächsischen Ministerpräsidenten Prof. Georg Milbradt sind auf Lebenszeit berufene, verbeamtete Professoren ein Auslaufmodell, Studiengebühren nur eine Frage der Zeit.

Schon die zum 01.01.05 eingeführte W-Besoldung hat an der Fakultät ursächlich dazu geführt, dass im Jahr 2005 vier von fünf Berufungsverhandlungen zur Wiederbesetzung von Professuren gescheitert sind. (W-Besoldung bedeutet, daß das gesicherte Grundgehalt eines W3-Professors etwa beim Einstiegsgehalt eines promovierten Ingenieurs liegt, das Grundgehalt eines W2-Professors gar deutlich darunter.) Wir müssen damit leben, dass derzeit drei bis vier der 18 Professuren der Fakultät ständig nicht besetzt sind. Das erfordert eine große Kraftanstrengung zur Aufrechterhaltung des Lehrbetriebes. Zudem kann an nicht besetzten Professuren keine wissenschaftliche Arbeit geleistet werden, womit auch die zunehmend lebenswichtigen Drittmittel fehlen.

Der Bologna-Prozess schreitet weiter voran, d.h. er wird von der Politik vorangetrieben. Nach politischem Willen ist der nach sechs bis sieben Semestern zu erreichende Bachelor der erste berufsqualifizierende Abschluß. Damit soll die vermeintliche theoretische Überfrachtung der universitären Ingenieurausbildung beseitigt und eine kürzere Studienzeit gewährleistet werden. In Abgrenzung zu den Fachhochschulen muß ein universitärer Bachelor aber grundlagenorientiert sein, was wiederum die Berufsqualifizierung in Frage stellt. Offensichtlich existiert hier ein noch zu lösender Widerspruch.

Derzeit werden an der TU Chemnitz die Lehrveranstaltungen, d.h. Vorlesungen, Übungen und Praktika, im Rahmen der Umsetzung des Bologna-Prozesses modularisiert. Ein Modul wird mit sog. Credits (Punkte) gewichtet. Zur Absolvierung eines Studiums ist nun eine bestimmte Anzahl von Credits erforderlich, wobei die Auswahl der entsprechenden Module zum großen Teil den Studierenden obliegt. Damit wird das ausgewogene Fächermenü, wie es für Diplomstudiengänge vorgeschrieben war, durch eine Art Selbstbedienungsbuffet ersetzt. Da bei den Bachelor-Absolventen nun unterschiedliche Voraussetzungen für die Aufnahme eines nachfolgenden Masterstudiums existieren, werden hierfür Aufnahmeprüfungen wohl unerlässlich. Insgesamt dürfte sich damit die Zeit bis zur Erreichung eines Master-Abschlusses gegenüber einem klassischen Diplomstudiengang eher verlängern.

Nicht nur im Hochschulbereich deuten sich tiefgreifende Veränderungen an, sondern auch der Energiesektor ist von Turbulenzen betroffen. Steigende Strom- und Gaspreise, das Wirksamwerden der Regulierungsbehörde sowie großflächige Stromausfälle im Nordwesten Deutschlands verschaffen der Energiepolitik einen höheren Stellenwert. Die Frage nach dem Festhalten am Atomausstieg oder wenigstens der Verlängerung der Laufzeiten der Kernkraftwerke steht auf der politischen Tagesordnung. Eine sichere, wirtschaftliche und dabei nachhaltige Bereitstellung von Elektroenergie ist von hohem Interesse. Mit unseren Arbeiten zum Asset-Management, die wir im vergangenen Jahr weiter voranbringen konnten, wollen wir einen Beitrag auf diesem Grenzgebiet zwischen Technik und Ökonomie leisten.

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

Chemnitz im Januar 2006

Ihr

Wolfgang Schufft

# Inhalt

1.	Personelle Besetzung.....	6
2.	Lehre .....	7
3.	Forschungsschwerpunkte.....	11
3.1	Zustandsbewertung von Betriebsmitteln.....	11
3.2	Grundlagenuntersuchungen an Nieder- und Mittelspannungsschaltgeräten.....	11
3.3	Dezentrale Einspeiser im Elektroenergiesystem .....	12
3.4	Asset-Management in der Elektroenergieversorgung .....	12
3.5	Simulation und Optimierung von Hochspannungserzeugern.....	13
4.	Studienarbeiten, Diplomarbeiten, Dissertationen .....	14
4.1	Studienarbeiten .....	14
4.2	Diplomarbeiten .....	14
4.3	Dissertationen .....	17
5.	Veröffentlichungen .....	17
5.1	Fachaufsätze.....	17
5.2	Vorträge, Poster .....	18
6.	Externe Aktivitäten und Kontakte .....	19
6.1	Konferenzen, Tagungen, Kolloquien .....	19
6.2	Exkursionen.....	20
6.3	Gäste (Auswahl).....	21
7.	Höhepunkte .....	22
8.	Ausstattung mit Prüf- und Messtechnik .....	24
8.1	Hochspannungs- und Hochstromlabor .....	27
8.2	Gerätelabor .....	28
8.3	Vakuummeßplatz .....	29
8.4	Software .....	29
9.	Dienstleistungen.....	30
	Konzeption der Professur.....	31
	Anfahrtskizze.....	32

# 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 (bis 31.12.2005)

- **Sekretariat:**

Frau Angelika Wickleder

- **Lehrbeauftragte:**

Dr.-Ing. Norbert Menke, WVV Würzburg  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Udo Rindelhardt, Forschungszentrum Rossendorf

- **Wissenschaftliche Mitarbeiter:**

Dipl.-Ing. Steffen Hetzel  
Dipl.-Ing. Uwe Jilek (bis 31.12.2005)  
Dipl.-Ing. Eva Marie Linne (ab 01.02.05)  
Dipl.-Ing. Klaus Mehlhorn  
Dipl.-Ing. Frank Schreiter

- **Technische Angestellte:**

Herr Jürgen Lippold  
Herr Michael Stark

## 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>							
Solare Energietechnik I	Ebest, Rindelhardt				2 1 0		
Solare Energietechnik II	Ebest, Rindelhardt					2 0 1	
Elektroenergiewirtschaft	Menke						1 0 0
Diagnose- und Meßtechnik	Pietsch						2 0 0

\* 2 1 0 bedeutet: 2 SWS (Semesterwochenstunden zu 45 min) Vorlesung, 1 SWS Übung, 0 SWS Praktikum

### 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 0	0 0 1		
<b>Wahlfächer:</b>							
Solare Energietechnik I	Ebest, Rindelhardt						2 1 0

## Beschreibung der Lehrfächer:

### **Elektrische Energietechnik**

Pflichtfach im Studiengang Elektrotechnik, 3. Semester;  
Pflichtfach im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen - Studienrichtung Elektrotechnik, 3. Semester

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung / 0 Praktikum

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

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

### **Hochspannungstechnik**

Pflichtfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 3 Vorlesungen / 1 Übung (5. Sem.)/ 1 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, Wärmeberechnungen, Auslegungsprinzipien von Betriebsmitteln, insbesondere von Schaltern

## **Statistik und Isolationskoordination**

Wahlpflichtfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

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

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

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

## **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)

Wahlfach im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen - Studienrichtung Elektrotechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung / 0 Praktikum

(im Sommersemester empfohlen für 8. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. G. Ebest, Prof. Dr. rer. nat. habil. U. Rindelhardt**

**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: 2 Vorlesungen / 0 Übungen / 1 Praktikum

(im Wintersemester, empfohlen für 7. Semester)

**Prof. Dr.-Ing. G. Ebest, Prof. Dr. rer. nat. habil. U. Rindelhardt**

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

## **Elektroenergiewirtschaft**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

Umfang: 1 Vorlesung / 0 Übungen / 0 Praktikum  
(im Sommersemester, empfohlen für 8. Semester)

**Dr.-Ing. 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

## **Diagnose- und Meßtechnik**

Wahlfach im Studiengang Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik

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

**Dr.-Ing. R. Pietsch**

**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

## **Energie- und Hochspannungstechnik**

Pflichtfach im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, Studienrichtung Elektrotechnik

Umfang: 2 Vorlesungen / 1 Übung (5. Semester) / 1 Praktikum (6. 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**

Auch im vergangenen Jahr sind die Vor-Ort-Messungen zum dauerhaften Betrieb von 10-kV-VPE-Mittelspannungs-Kabelsystemen mit 20 kV fortgeführt worden. Ein erster Teil der Diagnosemessungen hatte das Ziel, in weiteren für die Spannungsumstellung vorgesehenen Netzgebieten potentielle Schwachstellen in den zugehörigen Kabelstrecken zu ermitteln. Der zweite Aufgabenteil bestand in Wiederholungsmessungen an bereits umgestellten Kabelstrecken bzw. Teststrecken. Hierbei sollte ermittelt werden, welche Zustandsveränderungen sich durch den dauerhaften Betrieb mit erhöhter Spannung nachweisen lassen. Nach der bisherigen Betriebsdauer von etwa vier Jahren an den Teststrecken und etwa zwei Jahren in umgestellten Netzgebieten konnte im integralen Zustand der Kabelisolierungen kein einheitlicher Trend der Alterung festgestellt werden. Lediglich die Teilentladungseinsetzspannungen einiger Kabelverbindungs-muffen haben geringfügig abgenommen, liegen aber noch deutlich über der jetzigen Betriebsspannung.

Ergänzt wurden diese Arbeiten durch Labormessungen. Die Untersuchungen beschäftigten sich vor allem mit Garnituren neuester Bauart, die bisher kaum in Kabelstrecken im Netzbetrieb verbaut sind, aber zukünftig als Ersatz für die in Vor-Ort-Messungen ermittelten Schwachstellen verwendet werden sollen. Ziel war es, den Einfluss der erhöhten Spannung (hier sogar vierfache Nennspannung) auf die Entwicklung des Teilentladungsverhaltens und der Durchschlagfestigkeit im Stufentest im Verlauf von Dauerversuchen und somit die grundsätzliche Eignung für den geplanten Einsatz der Komponenten zu bewerten.

Siehe auch:

- Vortrag: Schufft, W.: Diagnoseverfahren zur Nutzungsoptimierung ...
- Diplomarbeit: Escher, R.: Untersuchung von ausgewählten ...

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

Die Arbeiten zu diesem Forschungsschwerpunkt konnten leider im vergangenen Jahr nicht wesentlich aktiviert werden. Diese beschränkten sich auf die weitere Aufarbeitung vorhandener, umfangreicher Versuchsergebnisse, insbesondere zu Auswirkungen der Oberflächenbeschaffenheit von Kontaktoberflächen und zur Schaltdynamik von Niederspannungs-Vakuumschaltröhren und Luftschützen.

Siehe auch:

- Fachaufsatz: Amft, D., ...: Oberflächenstruktur und Diagnose ...
- Fachaufsatz: Kharin, S., ...: Dynamics of arc phenomena at closure...

### **3.3 Dezentrale Einspeiser im Elektroenergiesystem**

Der Aufgabenbereich dieses Forschungsschwerpunktes konzentriert sich derzeit auf die Frage, ob dezentrale Klein-BHKW einen Beitrag zur Bereitstellung von Regelenergie leisten können.

Siehe auch:

- Fachaufsatz: Linne, E. M.: Einsatz von Klein-BHKW ...
- Fachaufsatz: Linne, E. M.: Deutsche Energiepolitik aus ...
- Vortrag: Linne, E. M.: Dezentrale Stromerzeugung: - Utopie oder...
- Vortrag: Linne, E. M.: Einsatz von Klein-BHKW ...
- Vortrag: Linne, E. M.: Deutsche Energiepolitik aus ...
- Diplomarbeit: Feller, M.: Netzschutz in Niederspannungsnetzen ...
- Diplomarbeit: Arnold, J.: Modellierung und Simulation typischer ...

### **3.4 Asset-Management in der Elektroenergieversorgung**

Die Liberalisierung der Energiemärkte und der damit verbundene Wettbewerb zwingen die Energieversorgungsunternehmen zur kostenoptimalen Bewirtschaftung ihrer Betriebsmittel, Netze und Anlagen. Hieraus ergeben sich vielfältige Fragestellungen, insbesondere auf dem Grenzgebiet zwischen Technik und Betriebswirtschaft, wie z.B.

- Bewertung und Optimierung von Instandhaltungs- und Investitionsstrategien,
- Auswertung und Optimierung von Störungsstatistiken
- Bewertung der Verluste in Elektroenergienetzen

### 3.5 Simulation und Optimierung von Hochspannungserzeugern

Die Arbeiten zur Simulation von Stoßkreisen mit den „virtuellen Impulseneratoren“ VIG 2002 und VIG 2003 beschränkten sich auf den Erfahrungsaustausch mit einigen Nutzern. Die durchgängige Nutzbarkeit ist unter den folgenden Internet-Adressen gewährleistet:

<http://vig-simulator.etit.tu-chemnitz.de/VIG2002/>  
<http://vig-simulator.etit.tu-chemnitz.de/VIG2003/>

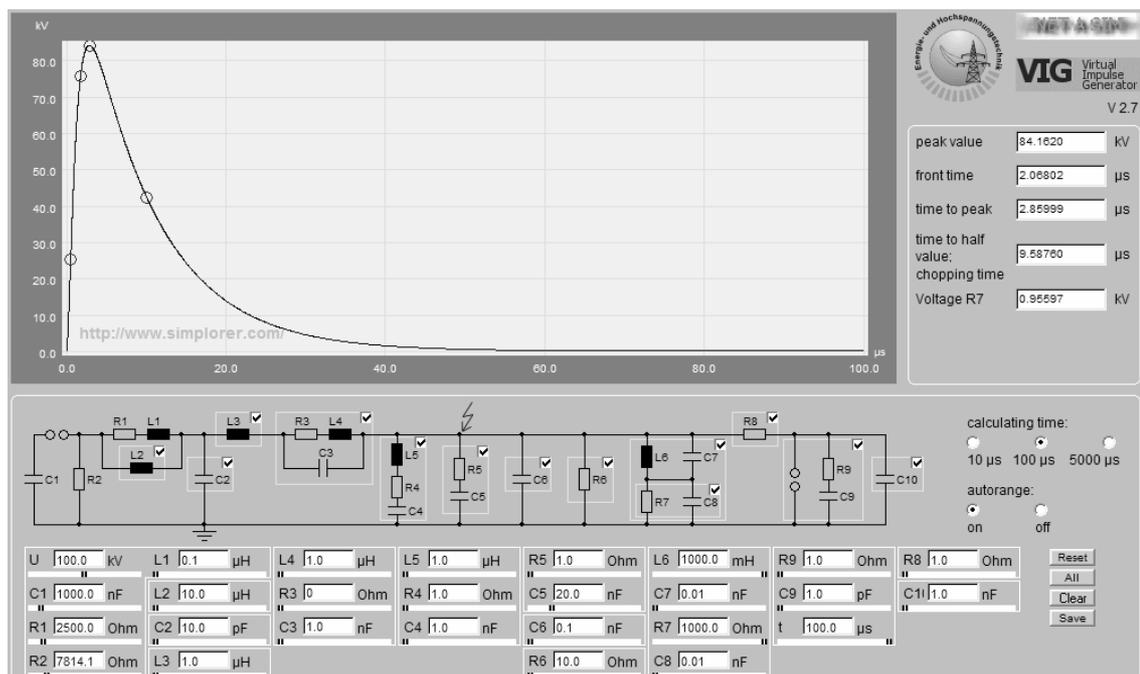


Abbildung: Bedienoberfläche des virtuellen Impulsenerators VIG 2003

Siehe auch:

- Fachaufsatz: Schufft, W., ...: Determining impulse generator settings ...



Nur einige extreme und damit sehr unwahrscheinliche Betriebsbedingungen führten in den Simulationen zum Versagen des Netzschutzes. Die durch dezentrale Einspeiser auftretenden bzw. zu erwartenden Probleme sind demzufolge mit den derzeitigen Mitteln des Netzschutzes bzw. der Konzeption der eingesetzten Betriebsmittel (Kabel, Freileitung) beherrschbar.

**Arnold, J.:** Modellierung und Simulation typischer NS-Netztopologien unter dem Aspekt dezentraler Einspeisung - Bestimmung von allgemeingültigen Einspeise- und Lastverhalten mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode, 03/2005

Gegenstand der vorliegenden Diplomarbeit ist die Modellierung und Simulation typischer NS-Netztopologien unter dem Aspekt dezentraler Einspeisung. Dabei werden für die Anwendung der Monte-Carlo-Methode allgemeingültige Einspeise- und Lastverhalten ermittelt.

Im Einzelnen befasst sich die Arbeit zunächst mit der Zusammenstellung geeigneter NS-Netzkenngößen, deren Einflüsse aus den Ergebnissen vorangegangener Simulationen untersucht werden. Weiterhin werden die Gangliniencharakteristika aller im NS-Netz anzutreffenden Einspeiser und Verbraucher zusammengestellt. Diese Charakteristika dienen anschließend einem frei parametrierbaren, allgemeingültigen Ganglinienmodell als Basisgrößen.

Mit der Monte-Carlo-Methode werden im Folgenden mögliche Kombinationen für die Summenganglinien bestimmt, Simulationsmodell siehe Abbildung. Der methodisch nächste Schritt, eine Applizierung des Verfahrens auf einen exemplarischen Niederspannungsnetzstrahl, wird aufgezeigt.

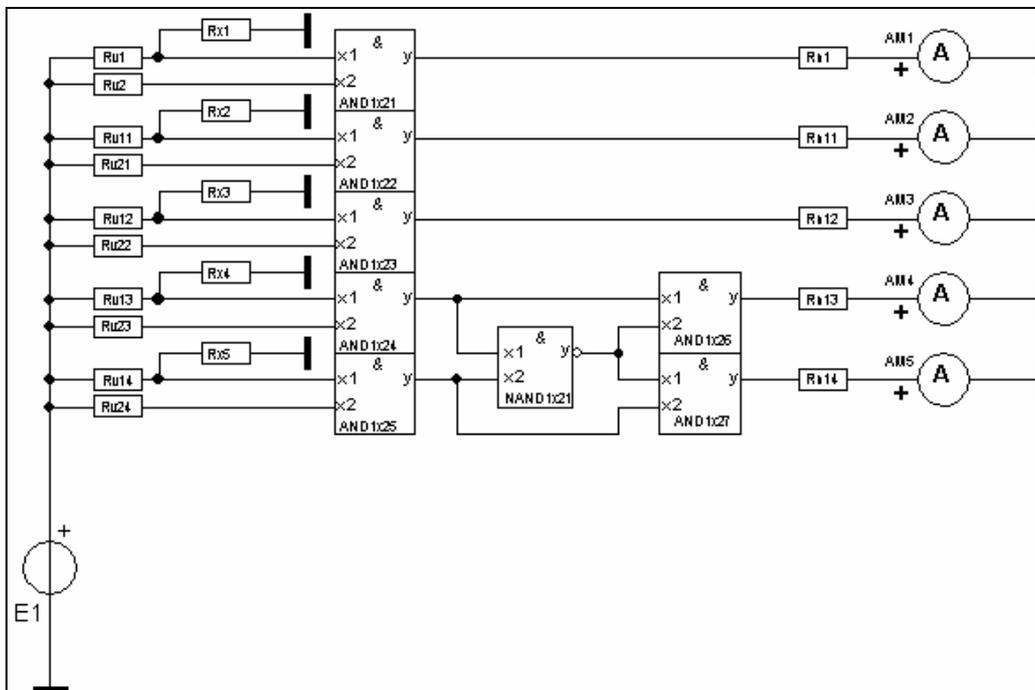


Abbildung: Simulationsmodell für die Monte-Carlo-Methode in Simpler

Mit der Auswertung der Simulationsergebnisse wird ein Ausblick auf Auswirkungen auf Netzplanung und -betrieb unter dem Aspekt einer steigenden Anzahl dezentraler Erzeugungsanlagen gegeben.

**Escher, R.:** Untersuchung von ausgewählten Einflussfaktoren auf die Ergebnisse diagnostischer Messungen an kunststoffisolierten Mittelspannungskabeln, 03/2005

Es wurde untersucht, wie sich die Wassereinwirkung an Mittelspannungskabeln auf den Verlustfaktor und die IRC-Analyse auswirkt. Dabei wurde an mehreren, mit Silikonendverschlüssen versehenen Kabelproben der Wassergehalt durch unterschiedlich lange Wässerungszeiten gezielt verändert. Dies führte bei den anschließenden Verlustfaktormessungen zu den Ergebnissen in nachfolgender Abbildung.

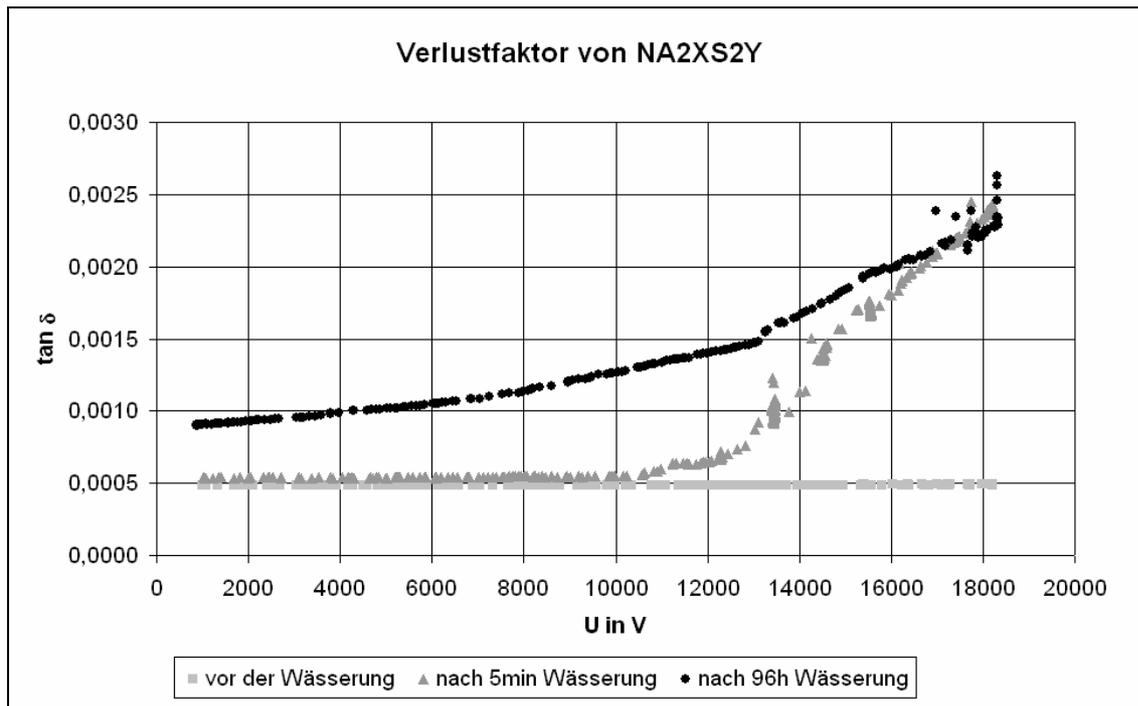


Abbildung: Wassereinfluss auf den  $\tan \delta$  von VPE-Kabeln

Es kann damit festgehalten werden, dass sich der Verlustfaktor mit zunehmender Wässerungsdauer erhöht. Weiterhin ist eine kritische Spannung, bei der der Verlustfaktor  $\tan \delta$  spannungsabhängig wird, bereits nach der kurzen Wässerungszeit von nur 5 Minuten aufgetreten. Des Weiteren wird nach einer Langzeitwässerung der Verlauf des Verlustfaktors durchgehend spannungsabhängig.

Die Wasseraufnahme des Kabelstücks mit Endverschlüssen erfolgt nach einer logarithmischen Abhängigkeit. Das bedeutet, dass Wasser schon in den ersten Minuten der Wasserlagerung auswirkt, dann aber im Verlaufe der Zeit der Feuchtigkeitseinfluss kaum noch zunimmt.

Die IRC-Analyse erwies sich für diese Messaufgabe als nicht aussagekräftig. Nachfolgende Untersuchungen zeigten, dass die Messergebnisse einzig und allein auf die Erhöhung der Ableitströme an den Silikonendverschlüssen zurückzuführen waren.

## 4.3 Dissertationen

Im Berichtszeitraum wurden keine Dissertationen abgeschlossen.

### Dissertationsprojekte

**Hetzel, S.:** Die Bewertung der Nachhaltigkeit von Investitions- und Instandhaltungsstrategien von Mittelspannungskabeln

**Linne, E. M.:** Zur Bereitstellung von Regelenergie aus dezentralen KWK-Anlagen

**Mehlhorn, K.:** Berechnung von Verlusten in Energieversorgungsnetzen

## 5. Veröffentlichungen

### 5.1 Fachaufsätze

- Linne, E. M.: Einsatz von Klein-BHKW auf Mittelspannungsebene. Konferenz „Distributed Power Systems“, 23.-27.05.2005, Pilsen, CZ, ISBN 80-7043-371-X
- Schufft, W., Hauschild, W., Pietsch, R.: Determining impulse generator settings for various test cases with the help of a www-based simulation program. XIVth International Symposium on High Voltage Engineering, 25.-29.08.05, Beijing, China
- Amft, D., Schufft, W.: Oberflächenstruktur und Diagnose von Schaltkontakten. 18. VDE-Fachtagung „Albert-Keil-Kontaktseminar“, 05.-07.10.05, Karlsruhe, ISBN 978-3-8007-2922-7
- Linne, E. M.: Deutsche Energiepolitik aus Ingenieurperspektive - Ein Beispiel für Europa? Tagung „Europäische Umweltpolitik“, 20.-22.10.2005 Seiffen
- Kharin, S. N., Nouri, H., Amft, D.: Dynamics of arc phenomena at closure of electrical contacts in vacuum circuit breakers. IEEE Trans. on Plasma Science, Vol. 33, No. 5, Oct. 2005, p.1576, ISSN 0093-3813

## 5.2 Vorträge, Poster

- Linne, E. M.: Dezentrale Stromerzeugung: - Utopie oder Zukunftskonzept? VDE-Forum, 20.04.2005 Köln
- Linne, E. M.: Einsatz von Klein-BHKW auf Mittelspannungsebene. Konferenz „Distributed Power Systems“, 23.-27.05.2005, Pilsen, CZ, ISBN 80-7043-371-X
- Schufft, W.: Diagnoseverfahren zur Nutzungsoptimierung von Mittelspannungskabeln. SebaKMT Klausur-Seminar „Leistungsfähige Diagnoseverfahren an Mittelspannungskabeln“, 21.-22.06.2005, Kiel
- Schufft, W., Hauschild, W., Pietsch, R.: Determining impulse generator settings for various test cases with the help of a www-based simulation program. XIVth International Symposium on High Voltage Engineering, 25.-29.08.05, Beijing, China
- Amft, D., Schufft, W.: Oberflächenstruktur und Diagnose von Schaltkontakten. 18. VDE-Fachtagung „Albert-Keil-Kontaktseminar“, 05.-07.10.05, Karlsruhe, ISBN 978-3-8007-2922-7
- Linne, E. M.: Deutsche Energiepolitik aus Ingenieurperspektive - Ein Beispiel für Europa? Tagung „Europäische Umweltpolitik“, 20.-22.10.2005 Seiffen
- Linne, E. M.: Dezentrale Stromerzeugung: - Utopie oder Zukunftskonzept?
  - VDE-Forum, 09.11.2005 Fulda
  - VDE-Forum, 22.11.2005 Hannover
  - VDE-Forum, 13.12.2005 Karlsruhe

## 6. Externe Aktivitäten und Kontakte

### 6.1 Konferenzen, Tagungen, Kolloquien

12.04.2005	Erfahrungsaustausch zu Betriebserfahrungen beim Betrieb von 10-kV-VPE-Kabeln mit 20 kV Betriebsspannung, enviaM, Halle (Schreiter, Jilek)
23.-27.05.05	Konferenz „Distributed Power Systems“, Pilsen, CZ (Linne)
31.05.2005	Wissenschaftliches Kolloquium „Trend der Leittechnik in der Elektroenergietechnik“, TU Dresden (Mehlhorn, Hetzel)
21.06.2005	ELEKTRA-Nutzerforum bei der KEMA, Dresden (Mehlhorn)
21.-22.06.2005	SebaKMT Klausur-Seminar „Leistungsfähige Diagnoseverfahren an Mittelspannungskabeln“, Kiel (Prof. Schufft, Jilek)
22.-23.06.2005	DFG-Berichtskolloquium, Stuttgart (Prof. Schufft, Schreiter)
23.06.2005	Festkolloquium „50 Jahre Hochspannungstechnik in Stuttgart“, Stuttgart (Prof. Schufft, Schreiter)
21.-22.07.05	Nationaler Informations- und Beratungstag CONCERTO II, Berlin, (Linne, Hetzel)
14.-16.09.2005	Internationaler ETG-Kongress 2005, Dresden, (Linne, Hetzel)
05.-07.10.2005	18. VDE-Fachtagung „Albert-Keil-Kontaktseminar“, Karlsruhe (Prof. Schufft, Prof. Amft)
06.10.2005	Informationsveranstaltung zur Energieregulierung „Ziele und Vorgehensweise der Bundesnetzagentur“, Bonn (Hetzel)
11.10.2005	Nationaler Informations- und Beratungstag „Intelligente Energie - Europa“ (EIE), Berlin (Linne)
20.-22.10.05	Tagung „Europäische Umweltpolitik“, Seiffen (Linne)
28.-29.11.2005	VDN-Fachkongress Netztechnik -Kabeltagung 2005-, Erfurt, (Prof. Schufft, Hetzel)
06.12.2005	Arbeitstreffen im Kabelwerk Meissen, Meißen (Schreiter, Jilek)
14.12.2005	Festkolloquium "75 Jahre Hochspannungshalle der TU Dresden" (Prof. Schufft)
15.12.2005	Arbeitstreffen mit der TOTAL Raffinerie Mitteldeutschland GmbH, Spergau (Prof. Schufft, Mehlhorn, Hetzel)

## 6.2 Exkursionen

### Hochspannungslabor der TU Dresden und HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH am 04.02.2005

Wie schon in den vergangenen Jahren stellten uns die Dresdener Fachkollegen ihre Hochspannungshalle für eine Experimentalvorlesung zur Verfügung. Die Abschlussveranstaltung der Vorlesung Hochspannungstechnik konnte somit in der Hochspannungshalle der TU Dresden stattfinden. Im Rahmen einer Hallenbegehung wurden Stoß-, Wechsel- und Gleichspannungsgeneratoren für Spannungen im Megavolt-Bereich vorgestellt, siehe Abbildung rechts. Auf eine kurze Wiederholung der theoretischen Grundlagen zur Durchschlagsberechnung folgte eine beeindruckende Vorführung. In diversen Versuchen zur Bestimmung von Durchschlag- und Einsetzspannungen wurden die zuvor theoretischen Werte verifiziert.



Abbildung: Erläuterung zur Wechselspannungs-Prüfanlage

Anschließend führte uns die Exkursion zur HIGHVOLT Prüftechnik GmbH in Dresden. Herr Dr. Pietsch stellte uns in einem Vortrag das Produktspektrum von Hochspannungs-Prüf- und Hochspannungs-Messtechnik vor. Der Abstecher in die Fertigung von Hochspannungs-Prüfanlagen von HIGHVOLT und in die benachbarte Transformatorenfertigung vertiefte das Wissen aus dem vorangegangenen Vortrag und bot einen hervorragenden Einstieg in die angeregte Diskussion bei Brötchen und Kaffee - wir danken unseren Gastgebern herzlich!

### Exkursion des Elektrotechnischen Institutes 14.06. - 16.06.2005

Die Exkursion des Elektrotechnischen Institutes führte uns 2005 in Richtung Norden. Nachdem die Studenten und Mitarbeiter einschließlich Gepäck am 14.06.2005 gegen 05:00 Uhr morgens im Bus verstaut waren, ging es zunächst nach Hannover. Dort trafen wir gegen 10 Uhr ein. Nach einem freundlichen Empfang durch Mitarbeiter des Nexans Kabelwerkes mit Kaffee und Erfrischungen wurde uns in einem Vortrag das Unternehmen und speziell das Kabelwerk am Standort Hannover vorgestellt. Ein Film über die geschichtliche Entwicklung von Mittelspannungskabeln ergänzte diese Ausführungen. In der anschließenden sehr interessanten Betriebsbesichtigung konnten die Exkursionsteilnehmer die Herstellung von VPE-isolierten Mittelspannungskabeln von der Fertigung der Leiter in Drahtzieh- und Verseilanlagen über die Extrusion der Isolierung bis zum fertigen Produkt mitverfolgen.



Der zweite Exkursionstag führte uns zu Danfoss nach Gråsten in Dänemark. Hier lernten wir bei einem Vortrag und dem anschließenden Rundgang die Produktion von Wechselrichtern ausführlich kennen. Am Nachmittag dieses Tages wurde noch die Fertigung von Leistungshalbleitermodulen bei Danfoss in Schleswig besichtigt.

Der letzte Exkursionstag führte die Teilnehmer zur Firma Still nach Hamburg. Bei einer Werksbesichtigung konnte die Fertigung verschiedenster Typen von Gabelstaplern beobachtet werden.



### 6.3 Gäste (Auswahl)

- 05.01.05 Herr Krauspenhaar, Siemens AG, Erlangen
- 14.01.05 Herren Dr. Mehner und Dr. Kurth, Fraunhofer Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Chemnitz
- 03.03.05 Herr Ronneberger, Stadtwerke Chemnitz AG
- 16.03.05 Herren Plöttner und Verschraegen, Imcorp Europe B.V.B.A.
- 08.04.05 Herr Dr. Griebentrog, Siemens AG, Erlangen
- 10.05.05 Herr Puder, IHP Professional
- 20.05.05 Herr Strehl, LDIC Lemke Diagnostics GmbH, Volkersdorf
- 01.06.05 Herren Dr. Geitner und Schulze, Electronicon Kondensatoren GmbH, Gera
- 30.08.05 Herr Noske, enviaM, Halle
- 16.09.05 Herr Prof. Lemmer, Siemens AG, Nürnberg und Herr Rademacher, Siemens AG, Erlangen
- 26.09.05 Frauen Seiler und Noack, Chemnitzer Werkstoffmechanik GmbH, Chemnitz
- 21.10.05 Herr Eckhardt, Kabelwerk Wilhelm Balzer GmbH, Meißen

## 7. Höhepunkte

### **Ausflug zum Kalkwerk Lengefeld und zum Katzenstein am 25.08.2005**

Der diesjährige Ausflug der Mitarbeiter der Professur führte uns ins technische Museum im historischen Kalkwerk nach Lengefeld. An dieser Stelle wird seit fast 500 Jahren Kalkstein abgebaut und Kalk gebrannt. Im historischen Kalksteinbruch konnten wir uns zunächst über die Bedingungen und die Entwicklung im Kalksteinbruch informieren. Anschließend verfolgten wir den Weg des abgebauten Kalksteins bis in die Brennöfen und schließlich bis zum Endprodukt Branntkalk. Nach Abschluss der Besichtigung führen wir nach Pobershau in die Nähe des Aussichtsfelsen „Katzenstein“, wo wir in der Bergschänke unser Mittagsmahl einnahmen.

Zur Verdauung gingen wir abschließend noch auf Wandersaft. Ausgehend vom Katzenstein wanderten wir ca. 2-3 Stunden durchs Tal der Schwarzen Pockau.



Abbildung: Brennoven zur Herstellung von Branntkalk

### **Bowlingmeisterschaften der Professur am 17.11.2005**

Nach längerer Pause konnten wir uns in diesem Jahr wieder zu einer sportlichen Betätigung überwinden. Am frühen Abend trafen wir uns in entspannter Runde zu einem kleinen professurinternen Bowlingturnier. Diejenigen, die hier regelmäßig aktiv sind, waren klar im Vorteil. So schwankten die Emotionen häufig zwischen Euphorie und Verzweiflung. Abschließend durfte natürlich auch das leibliche Wohl nicht zu kurz kommen.

## **Weihnachtsfeier 2005 am 08.12.**

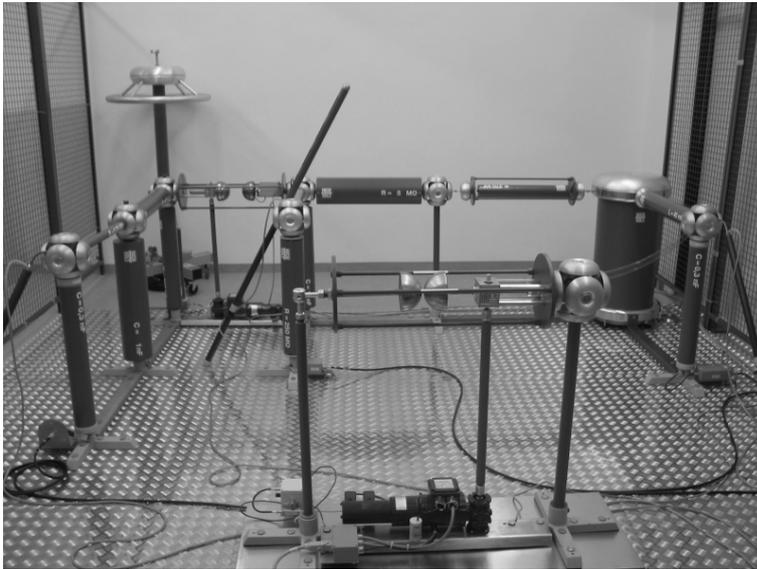
In entspannter Atmosphäre und weihnachtlichem Ambiente fand unsere Weihnachtsfeier im Schlossgasthaus Lichtenwalde statt. Bei einem guten Essen, Glühwein und kühlem Bier wurde ausführlich erzählt, diskutiert und in Erinnerungen geschwelgt.

Besonderer Höhepunkt des Abends war der Besuch des Weihnachtsmanns, siehe Abbildung. So hatte jeder noch einmal die Gelegenheit darüber nachzudenken, ob er im vergangenen Jahr auch immer artig war.

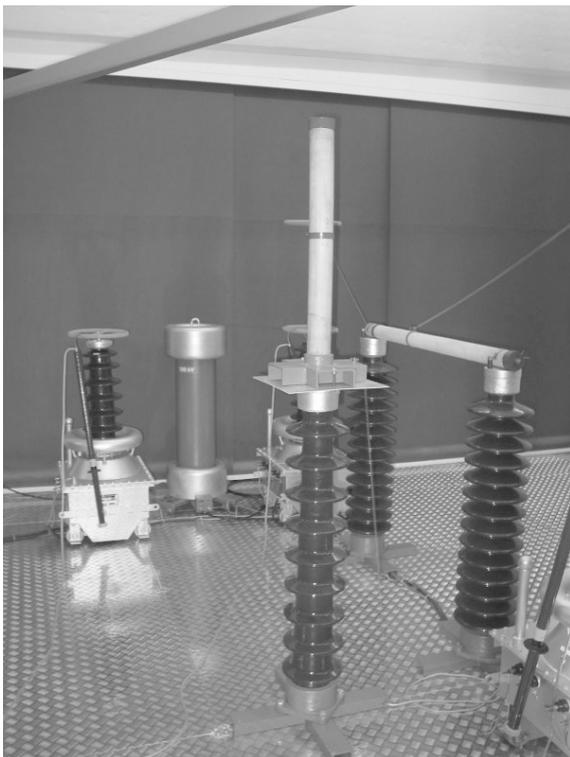


Abbildung: Besuch des Weihnachtsmanns

## 8. Ausstattung mit Prüf- und Messtechnik



Bausteinsystem zur Erzeugung von Gleich-, Wechsel- und Stoßspannungen bis 100 kV mit moderner Computersteuerung, Durchführung von Praktika zum Messen von hohen Gleich-, Wechsel- und Impulsspannungen sowie der Untersuchung des Durchschlagverhaltens von Funkenstrecken



Versuchslabor für die Untersuchung der Eigenschaften von Isolieranordnungen bei Wechselspannungen bis 200 kV, Durchführung von Praktika zum Verhalten von Stützern, Durchführungen und Kappenisolatoren bei Wechselspannungsbeanspruchung



Geschirmte Meßkabine mit integriertem Meßplatz zur Teilentladungs- und Verlustfaktormessung (Grundstörpegel  $< 0,2 \text{ pC}$ ), Durchführung von Praktika zur Teilentladungs- und Verlustfaktormessung sowie zur Untersuchung des dielektrischen Verhaltens von Isolierstoffen



Stoßspannungsgenerator zur Erzeugung von Blitzstoß- und Schaltstoßspannungen bis 600 kV mit modernisierter Computersteuerung, Durchführung von Praktika zum Thema Stoßspannung und Untersuchung des Einflusses der Elemente des Stoßkreises auf den Spannungsverlauf



Wechselspannungs-Prüfsystem bis 200 kV mit modernisierter Computersteuerung, geeignet z.B. für die Durchführung des FGH-Stufentests an Kabelproben, Dieses wird auch für Prüfaufgaben von regional ansässigen Unternehmen genutzt.



Leistungsstarkes Vor-Ort-Prüfsystem auf der Basis einer frequenzabgestimmten Resonanzprüfanlage kombiniert mit modernster Diagnose-technik, eingebaut in zwei Kleintransporter, Mit dieser Anlage können Mittelspannungskabel, aber auch andere kapazitive Prüfobjekte zur Zustandsbewertung geprüft und diagnostiziert werden.

## 8.1 Hochspannungs- und Hochstromlabor

1. Netzanschlüsse  
6 kV, 10 kV, 380 V, 660 V Drehstrom
2. Schaltleistungsprüfung  
Wechselspannung  $U = 220 \text{ V}$ ,  $I = 50 \text{ kA}$ ,  $\cos \varphi = 0,70$   
 $U = 380 \text{ V}$ ,  $I = 10 \text{ kA}$ ,  $\cos \varphi = 0,65$   
(je eine Halbwelle)  
Gleichspannung  $U = 500 \text{ V}$ ,  $I = 500 \text{ A}$
3. Hochspannungsprüfung  
Wechselspannung  $U = 200 \text{ kV}$   
Gleichspannung  $U = 200 \text{ kV}$   
Stoßspannung  $U = 600 \text{ kV}$
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 100/12, 100 Megasample pro s, 12 bit  
Transienten-Meß-System TR-AS 100/8 100 Megasample pro s, 8 bit  
umfangreiche Auswerte- und Protokollsoftware
6. Dielektrischer Analysator DIANA  
Verlustfaktormessung bis 4 kV, Erfassungsgrenze  $\tan \delta = 10^{-4}$   
Kapazitätsmessung
7. Digitales Kapazitäts- und Verlustfaktormeßsystem LDV-5  
Auflösung  $\tan \delta$  bis  $10^{-6}$   
Meßbereich Kapazität 0,1 pF - 5  $\mu\text{F}$   
Frequenzbereich 10 - 400 Hz
8. Digitales Kapazitäts- und Verlustfaktormeßsystem LDV-6  
Auflösung  $\tan \delta$  bis  $10^{-8}$   
Meßbereich Kapazität 0,1 pF - 5  $\mu\text{F}$   
Frequenzbereich 5 Hz - 50 kHz
9. Digitales Teilentladungsmeß- und Diagnosesystem LDS-6  
TE-Meßbereich 1 -  $10^5 \text{ pC}$   
obere Grenzfrequenz 30 MHz
10. TE-Fehlstellenortung  
Abtastrate bis 250 Megasample pro s  
Ortungsgenauigkeit bis 0,1% der Kabellänge
11. Kabeldiagnosesystem CDS  
dreiphasige IRC-Analyse an PE- und VPE-Kabeln  
dreiphasige RVM-Analyse an Papier-Masse-Kabeln
12. Ölprüfeinrichtung, transportabel  
verschiedenste Spannungsformen und Hochlaufkurven

13. Repetitionsstoßgenerator RSG 500
14. Blitzspannungsprüfeinrichtung SIP 010, transportabel  
Wechselspannung bis 10 kV  
Stoßspannung 1,2/50 bis 10 kV
15. Spannungsteiler  
Ohmsche Teiler bis 200 kV  
Kapazitive Teiler bis 300 kV  
Stoßspannungsteiler bis 600 kV (1,2/50)

## 8.2 Gerätelabor

1. Transientenrecorder / rechnergestützte Oszillografen  
Philips PM 3323 2000 MHz, 500 Megasample pro s, 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)  
Abtastrate bis 10 Megasample pro s  
Speichertiefe: 2MBit pro Kanal  
Auflösung: 10 bit
9. Datenlogger DA 100 (YOKOGAWA) mit maximal 300 Kanälen  
kürzestes Meßintervall: 0,5 s  
Speichertiefe: nur begrenzt durch Festplatte des Logger-PC

### **8.3 Vakuummessplatz**

1. Vakuu-Turbomolekular-Pumpstand  
erzeugbares Vakuum bis  $10^{-8}$  Pa
2. Hochvakuum-Bedampfungsanlage mit Öl-Diffusionspumpe  
Vakuummkammer 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

#### **CSM 53**

Feldberechnung von Isolieranordnungen mit Ein- und Zweistoffsystem

#### **Elektra 3.70**

Stationäre Berechnung und Simulation von Lastflüssen und Kurzschlüssen in elektrischen Netzen

#### **FlexPro 6.0.33**

Konvertierung, Bearbeitung und Analyse von Meßwertdatensätzen

#### **FLUX 7.4**

FEM-basierte Berechnung von Feldern

#### **Labview 7.1**

Programmieren, Steuern und Simulieren von elektrischen Geräten (Meßgeräte, elektronische Lasten, Stromversorgungen u.a.)

#### **PC Anywhere**

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

#### **Simplorer 4.2**

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

## **9. Dienstleistungen**

### **I. Prüfung der elektrischen Festigkeit von Isolierstoffen und Isolieranordnungen**

- I.1 Wechselspannungsprüfungen bis 200 kV
- I.2 Stoßspannungsprüfungen bis 600 kV
- I.3 Gleichspannungsprüfungen bis 200 kV
- I.4 FGH-Stufentest an Mittelspannungskabeln
- I.5 Spannungsprüfungen von Vakuumanordnungen
- I.6 Vor-Ort-Prüfungen an Mittelspannungskabeln und anderen kapazitiven Prüfobjekten mit einem mobilen Resonanzprüfsystem

### **II. Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften von Isolierstoffen und Isolieranordnungen**

- II.1 Verlustfaktor-Messungen im Labor und Vor-Ort
- II.2 Teilentladungs-Messungen im Labor und Vor-Ort
- II.3 Kabelfehlerortung an Mittelspannungskabeln
- II.4 Isotherme Relaxationsstrom-Analyse (IRC) an Energiekabeln
- II.5 Messungen von Isolations- und Ableitwiderständen
- II.6 Ladungsmessungen
- II.7 Messung kleiner Ströme

### **III. Prüfung der Stromtragfähigkeit von Kontakt- und Leiteranordnungen**

- III.1 Wechsel-, Gleich- und Stoßstromprüfungen
- III.2 Prüfungen mit von 50 Hz abweichenden Frequenzen
- III.3 Erwärmungsprüfungen
- III.4 Prüfungen an Niederspannungs-Schaltkontakten

### **IV. Messung von Netzdaten**

- IV.1 Messung der Oberschwingungen von Strom und Spannung
- IV.2 Langzeitmessungen (Monitoring) der Effektivwerte von Strom und Spannung
- IV.3 Messungen der Netzimpedanz

### **V. Spezielle Meßaufgaben**

- V.1 Messungen magnetischer, elektrischer und elektromagnetischer Felder
- V.2 Messungen mit Isoliermeßverstärkern
- V.3 Schnelle, berührungslose Bewegungsmessung (Laserdistanzmessungen)
- V.4 Präzisionswägung und Dichtebestimmung
- V.5 Mikroschnitte an PE-/VPE-Kabeln zum Nachweis von Wasserbäumchen (water trees)

