

# Jahresbericht 2009

**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  
 D-09107 Chemnitz

**Dienstsitz:**

Reichenhainer Str. 70  
 A.-F.-Weinholdbau, Zi. 564  
 D-09126 Chemnitz  
 Tel.: +49 371 531 33343  
 Fax: +49 371 531 24239

**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 33343	+49 371 531 24239	wolfgang.schufft@etit.tu-chemnitz.de
Sekretariat: A. Wickleder	+49 371 531 33342	+49 371 531 24239	angelika.wickleder@etit.tu-chemnitz.de
M. Al-Maamoory	+49 371 531 37186	+49 371 531 800269	samir-sami-mahmood.al-maamoory@ etit.tu-chemnitz.de
Prof. D. Amft	+49 371 531 33341	+49 371 531 24239	dietrich.amft@etit.tu-chemnitz.de
D. Barsch	+49 371 531 36560	+49 371 531 800269	dietrich.barsch@etit.tu-chemnitz.de
T. Bocklisch	+49 371 531 32133	+49 371 531 800269	thilo.bocklisch@etit.tu-chemnitz.de
S. Coban	+49 371 531 37824	+49 371 531 800269	selma.coban@etit.tu-chemnitz.de
A. Götz	+49 371 531 37199	+49 371 531 800269	andreas.goetz@etit.tu-chemnitz.de
S. Hadid	+49 371 531 38579	+49 371 531 800269	suleiman.hadid@etit.tu-chemnitz.de
S. Hetzel	+49 371 531 33587	+49 371 531 800269	steffen.hetzel@etit.tu-chemnitz.de
A. Hoshmeh	+49 371 531 37824	+49 371 531 800269	abdullah.hoshmeh@etit.tu-chemnitz.de
J. Lippold	+49 371 531 33341	+49 371 531 800269	juergen.lippold@etit.tu-chemnitz.de
K. Malekian- Boroujeni	+49 371 531 37648	+49 371 531 800269	kaveh.malekian-boroujeni@ etit.tu-chemnitz.de
U. Schmidt	+49 371 531 36561	+49 371 531 800269	uwe.schmidt@etit.tu-chemnitz.de
A. Shirvani- Boroujeni	+49 371 531 37186	+49 371 531 800269	ali.shirvani-boroujeni@etit.tu-chemnitz.de
M. Stark	+49 371 531 33364	+49 371 531 800269	michael.stark@etit.tu-chemnitz.de
J. Teuscher	+49 371 531 37752	+49 371 531 800269	jens.teuscher@et.it.tu-chemnitz.de

Redaktion: Uwe Schmidt

# 1 Vorwort

Sehr geehrte Freunde und Partner,

das Jahres 2009 geht dem Ende entgegen. Es ist wieder Zeit, zu reflektieren und zu resümieren. Was hat uns bewegt, was konnten wir erreichen?

Zum Ende dieses Jahres ist die Bologna-Reform nun auch bei der deutschen Studentenschaft angekommen. Besonders die Studenten der Geisteswissenschaften realisieren endlich, dass das universitäre Studium für den Großteil von ihnen wohl auf drei vollgefüllte Jahre eines Bachelor-Studiums beschränkt bleiben soll. So ist die zweite Streikwelle des Jahres auch bis Chemnitz gerollt. Seit dem 25. November 2009 ist ein Hörsaal besetzt und es gibt im Rahmen des „Bildungsstreik 2009 Chemnitz“ einen Forderungskatalog an die Universitätsleitung. Dieser Forderungskatalog reflektiert die Nachteile und Schwachstellen der Bachelor-Master-Studiengänge, aber auch Forderungen aus einer anderen Welt, wie das Recht auf ein zeitlich unbegrenztes, kostenloses Studium.



Im Ergebnis der Landtagswahlen im September wurde die große Koalition in Sachsen durch ein schwarz-gelbes Regierungsbündnis abgelöst. Mit Frau von Schorlemmer haben wir nun eine neue Ministerin für Wissenschaft und Kunst. Das ist immerhin der vierte Ministerwechsel in zehn Jahren. Trotzdem gibt es eine gewisse Kontinuität in der sächsischen Hochschulbildungspolitik: Studiengebühren stehen derzeit nicht zur Debatte und Diplomabschlüsse dürfen in der Entscheidungshoheit der Universitäten erhalten bleiben. In einem Interview vom 09. Dezember 2009, welches im Anschluss an das Vorwort widergegeben ist, bezeichnet Frau von Schorlemmer Diplomabschlüsse gar als eine gute Tradition der Ingenieurwissenschaften in Sachsen. Damit enttäuscht sie den Altdekan und den noch amtierenden Rektor, die sich mit der voreilend durchgedrückten Abschaffung der Diplomstudiengänge als Bologna-Aktivisten profilieren wollten. Es kommt einfach kein Dank auf für die unbedachte Einführung der Bachelor-Master-Abschlüsse, weder von den Studenten noch von der Industrie.

Hervorzuheben ist das ESF/EFRE-Förderprogramm der Landesregierung, mit dem einem drohenden Fachkräftemangel in Sachsen entgegengewirkt werden soll. Im Rahmen dieses Förderprogramms realisieren wir seit Mai ein Industriepromotionsprojekt, welches zur Hälfte von den Stadtwerken Chemnitz und vom Freistaat finanziert wird.

Wie schon im letzten Jahr ist die Anzahl der Neueinschreibungen an der Fakultät leicht rückläufig. Erfreulicherweise nimmt aber das Interesse an der elektrischen Energietechnik eher zu. Auch konnten wir die Neueinschreibungen im nichtkonsekutiven Master-Studiengang Nachhaltige Energieversorgungstechnologien weiter erhöhen. Dieser interdisziplinäre Master-Studiengang, der von den Fakultäten für Maschinenbau, für Wirtschaftswissenschaften und für Elektrotechnik und Informationstechnik getragen wird, findet zunehmend bundesweite und internationale Resonanz.

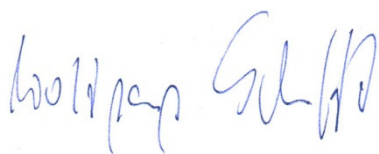
Auch im Jahre 2009 konnten wir weitere ausländische Promovenden an der Professur begrüßen. So stärken Herr Suleiman Hadid und Herr Abdullah Hoshmeh aus Syrien und Herr Mahmood Al-Maamoory aus dem Irak seit September unsere Reihen. Nach Herrn Tobias Schnelle im Jahre 2008 erhält nun Frau Stefanie Schubert seit Oktober eines der begehrten RWE-Stipendien für Studierende, welche mit monatlich 500,- € dotiert sind.

Ein Höhepunkt des vergangenen Jahres war der Workshop Windkraftintegration am 18.10.09, zu dem wir fünf namhafte Referenten und 80 Teilnehmer begrüßen durften; siehe auch gesonderter Bericht.

Wir sehen optimistisch dem kommenden Jahr 2010 entgegen, wünschen auch Ihnen viel Glück, Erfolg und persönliches Wohlergehen und freuen uns auf eine weitere, gute Zusammenarbeit.

Chemnitz im Dezember 2009

Wolfgang Schufft





## Dresdner Neueste Nachrichten vom 11.12.09

### DREI FRAGEN AN ...

#### ... Sabine von Schorlemer (parteilos), Sachsens Wissenschaftsministerin

*Unterstützen Sie die Reform des Bachelor-Studienganges, dessen Verlängerung auf bis zu acht Semester, verbunden mit weniger Wochenstunden und Prüfungen?*

Die Beschlüsse, die heute von der Kultusministerkonferenz nach Beratung mit der Hochschulrektorenkonferenz gefasst wurden, zeigen, die Politik hat gehandelt. Unsere Studenten werden entlastet, Prüfungslasten abgebaut, und es wird mehr Mobilität ermöglicht. Das hilft dem Bologna-Prozess insgesamt.

*Was hat das für Konsequenzen für die Hochschulen?*

Ich glaube, die sächsischen Hochschulen werden die bestehenden Möglichkeiten nutzen, um die Studiengänge zu optimieren und damit die Bedingungen für die Studierenden zu verbessern. Dies ist unser gemeinsames Anliegen, das wir mit dem KMK-Beschluss noch einmal bekräftigt haben. An diesem Prozess sollten auch Studierende aktiv be-

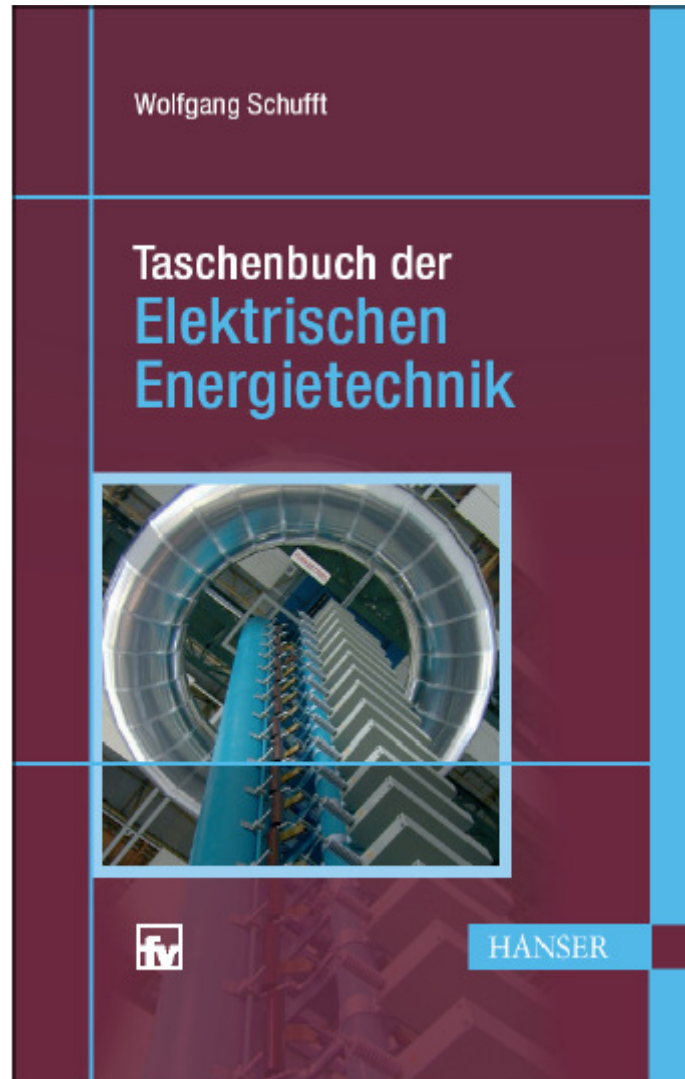


Foto: ddp

teiligt werden. Ich begrüße auch ausdrücklich die Vorschläge der Bundesregierung zu einem Bologna-Qualitäts- und Mobilitätspakt. Damit können wir noch einmal etwas für die Hochschulen und die Qualität der Lehre tun.

Warum haben in Sachsen im Jahr 2008 die wenigsten Studenten im bundesweiten Vergleich auf Bachelor umgestellt?

Das Entscheidende des Bologna-Prozesses ist nicht die Umstellung auf Bachelor- und Masterabschlüsse, sondern die Modularisierung der Studieninhalte. Im sächsischen Hochschulgesetz ist die Möglichkeit des Diplomabschlusses weiter erhalten geblieben. Die Einführung gestufter Studiengänge, Bachelor und Master, liegt in der Verantwortung der Hochschulen. Die Diplomstudiengänge wurden vor allem in den Ingenieurdisziplinen beibehalten. Hier spielt die wissenschaftliche Tradition der sächsischen Hochschulen eine wichtige Rolle. Interview: Anita Kecke



Inhalt:

1. Energiebegriff, allgemeine Grundlagen (W. Schufft)
2. Elektroenergiebereitstellung (U. Rindelhardt, T. Sander, J. Zschernig)
3. Betriebsmittel in Elektroenergienetzen (T. Hiller)
4. Planungsaspekte für elektrische Netze und Anlagen (J. Backes, H. Bauer, P. Schegner)
5. Beanspruchungen von Betriebsmitteln (W. Schufft, S. Großmann, H. Löbl)
6. Hochspannungstechnik (W. Schufft)
7. Schaltgerätetechnik (F. Berger)
8. Elektrische Maschinen und Antriebe (W. Hofmann)
9. Leistungselektronik (W. Hofmann)
10. Elektroenergieanlagensicherheit (K.-H. Freytag, P. Schegner)
11. Elektroenergiewirtschaft (N. Menke)

## Inhalt

1	Vorwort .....	3
	Inhalt.....	7
2	Personelle Besetzung .....	8
3	Lehre .....	10
	Abfolge der aktuellen Lehrfächer im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik und im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme.....	10
	Beschreibung der Lehrfächer.....	10
4	Forschungsschwerpunkte .....	14
	Risikoanalyse der Einbindung einer Windenergieanlage in ein Industrienetz .....	16
	Detailed Modeling of Wind Power Plants Incorporating Variable-Speed Synchronous Generator.....	18
	A model for lightning over-voltage calculations in case of interconnection of 400 kV-overhead-lines to cable lines .....	20
	Bewertung von Investitionsalternativen in MS-Kabelnetzen.....	22
	Optimierendes Energiemanagement für intelligente dezentrale Photovoltaik- Brennstoffzelle-Direktspeicher-Energieversorgungseinheiten.....	24
	Praktizierte Instandhaltung von Trafostationen .....	27
	Elektrofahrzeuge - Bausteine eines Smart Grids.....	29
5	Studien-, Diplomarbeiten, Dissertationen .....	31
	Dissertationen .....	31
	Studienarbeiten .....	32
	Bachelor-Arbeiten .....	33
	Aktuelle Dissertationsprojekte.....	34
6	Veröffentlichungen.....	35
7	Externe Aktivitäten und Kontakte .....	37
	Teilnahmen an Konferenzen, Tagungen, Kolloquien.....	37
	Exkursionen .....	38
	Gäste an der Professur .....	40
	Höhepunkte.....	41
8	Ausstattung für Praktika und Prüfungen in der Hochspannungstechnik .....	43
	Laborausstattung .....	46
	Software .....	48
9	Dienstleistungen .....	49
	Dielektrische Prüfungen.....	49
	Diagnose .....	49
	Prüfung der Stromtragfähigkeit .....	49
	Spezielle Messaufgaben .....	49
	Virtueller Stoßspannungsgenerator .....	50
	Netzanalysen .....	50
10	Referenzen .....	51



## 2 Personelle Besetzung



M.Sc. Samer Sami  
Mahmood Al-Maamoory,  
DAAD-Stipendiat seit 01.10.09



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



Dipl.-Ing. (FH) Dietrich Barsch



Dipl.-Ing. Thilo Bocklisch



M.Sc. Selma Coban,  
Stipendiatin



Dr.-Ing. Reinhardt Fuchs,  
KEMA-IEV, Dresden  
Lehrbeauftragter



Dipl.-Ing. Andreas Götz,  
Industriepromovend



M.Sc. Suleiman Hadid,  
Stipendiat seit 01.10.09



Dipl.-Ing. Steffen Hetzel



B.Sc. Abdullah Hoshmeh,  
Stipendiat seit 01.10.09



Dr.-Ing. Eva Marie Kurscheid  
bis 28.02.09



Jürgen Lippold  
Technischer Angestellter



M.Sc. Lan Liu  
bis 30.06.098



M.Sc. Kaveh Malekian-  
Boroujeni



Prof. Dr.-Ing. Norbert Menke,  
Würzburger Versorgungs- u.  
Verkehrs-GmbH,  
Lehrbeauftragter



Dr. rer. nat. Ralf Pietsch,  
HIGHVOLT Prüftechnik  
Dresden GmbH,  
Lehrbeauftragter



Stefanie Schubert,  
RWE-Stipendiatin



Prof. Dr. rer. nat. habil.  
Udo Rindelhardt,  
Forschungszentrum Rossendorf,  
Lehrbeauftragter



Dipl.-Ing. Uwe Schmidt



Tobias Schnelle,  
RWE-Stipendiat



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schufft,  
Leiter der Professur



M.Sc. Ali Shirvani-Boroujeni,  
DAAD-Stipendiat



Dr.-Ing. Dietmar Siegmund,  
Lehrbeauftragter



Michael Stark,  
Technischer Angestellter



Dipl.-Ing. Jens Teuscher  
seit 01.04.09



Angelika Wickleder,  
Sekretariat

### 3 Lehre

#### Abfolge der aktuellen Lehrfächer im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik und im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme

Lehrfach	Verantwortlicher	Bachelor Elektrotechnik				Master Energie- u. Autom.-syst.	
		3. Sem.	4. Sem.	5. Sem.	6. Sem.	7. Sem.	8. Sem.
<i>Basismodule:</i>							
Elektrische Energietechnik	Schufft, Werner, Lutz	2 1 0*					
Hochspannungstechnik	Schufft			3 1 2			
Elektroenergieübertr. u. -vert.	Schufft				3 1 2		
<i>Vertiefungsmodule:</i>							
Netze und Betriebsmittel	Haller, Schufft				2 1 0		
Beanspruch. v. Betriebsmitteln	Schufft					3 1 1	
Regenerative Energietechnik I	Rindelhardt					2 1 0	
Regenerative Energietechnik II	Rindelhardt						2 0 1
Statistik u. Isolationskoordination	Schufft						2 1 0
<i>Ergänzungsmodule:</i>							
Umwelt- u. Ressourcenökonomie	n.n.				2 0 0		
Elektroenergiewirtschaft	Menke				1 0 0		
Netzberechnung	Fuchs						2 0 0
Schutztechnik	Fuchs						2 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. Wahlfächer werden für ein bestimmtes Semester empfohlen, z.B. im 8. Semester, auch eine frühere Belegung (in Klammern), z.B. im 6. Semester, ist möglich.

### Beschreibung der Lehrfächer

#### Elektrische Energietechnik

Basismodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 3. Semester

Umfang: 5 Vorlesungen / 2 Übungen

#### **Prof. Schufft, Prof. Werner, Prof. Lutz**

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

### **Hochspannungstechnik**

Basismodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 5. Semester

Umfang: 23 Vorlesungen / 7 Übungen / 7 Praktikumsversuche

#### **Prof. Schufft**

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

### **Elektroenergieübertragung und -verteilung**

Basismodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 6. Semester

Umfang: 23 Vorlesungen / 7 Übungen / 7 Praktikumsversuche

#### **Prof. Schufft**

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

### **Netze und Betriebsmittel**

Vertiefungsmodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 6. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übungen

#### **Prof. Schufft, Prof. Haller**

Inhalt: Aufbau des Elektroenergienetzes, Spannungsebenen und Netzformen, Systematisierung der Betriebsmittel, Aufbau und stationäres Verhalten von Betriebsmitteln, wie Leitungen, Transformatoren, Wandler, Reaktoren, Schalter

### **Beanspruchung von Betriebsmitteln**

Vertiefungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 7. Semester

Umfang: 23 Vorlesungen / 7 Übung / 3 Praktikumsversuche

#### **Prof. 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



### **Regenerative Energietechnik I**

Vertiefungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 7. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übung

#### **Prof. 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

### **Regenerative Energietechnik II**

Vertiefungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 8. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 3 Praktikumsversuche

#### **Prof. Rindelhardt**

Inhalt: Solare Energie, Vertiefung zur Theorie, Technologie und Technik solarer Energiesysteme, Biomasse-Kraftwerke, Wasserkraftanlagen, Windenergieanlagen, Praktikumsversuche

### **Statistik und Isolationskoordination**

Vertiefungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 8. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übungen

#### **Prof. 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

### **Umwelt- und Ressourcenökonomie**

Ergänzungsmodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 6. Semester

Umfang: 7 Vorlesung

**n.n.** - angeboten von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Inhalt: Zusammenhänge zwischen der Energiebereitstellung und wirtschaftlichen Kennzahlen, gesetzliche Grundlagen der Energiewirtschaft, Umweltaspekte der Energiebereitstellung

**Elektroenergiewirtschaft**

Ergänzungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 7. Semester

Umfang: 7 Vorlesungen

**Prof. 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

**Netzberechnung**

Ergänzungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 7. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen

**Dr. Fuchs**

Inhalt: Synchronmaschine bei Kurzschluss, Netztopologie, Methoden zur Kurzschlussberechnung im Mittelspannungsnetz (symmetrisch und unsymmetrisch), Lastflussberechnungen, Berechnung von Stich- und Ringnetzen der Mittelspannung, Kurzschlussberechnung in Niederspannungsnetzen, Netzberechnung mit ELEKTRA und EMTP/ATP

**Schutztechnik**

Ergänzungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 7. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen

**Dr. Fuchs**

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**

Ergänzungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 8. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen

**Dr. 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

## 4 Forschungsschwerpunkte

Die Schwerpunkte in der Forschung orientieren sich an den Anforderungen der Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber sowie der Industrie des deutschen und internationalen Marktes. Entwicklungen mit hohem wissenschaftlichem Potenzial sind dabei auf dem Gebiet der Einbindung großer Off-Shore-Windkraftwerke und Integration dezentraler Einspeiser zu verzeichnen. Als Folge zunehmenden Kostendrucks auf die Netzbetreiber verursacht durch die Regulierung des Energiemarktes werden verbesserte Verfahren zur Entwicklung effizienter Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien notwendig. Dazu müssen Kenntnisse vorliegen, die ein Abbild des momentanen Betriebszustandes und der Reduzierung des Isoliervermögens erlauben. Zu den nachfolgenden Forschungsschwerpunkten werden entsprechende Kurzfassungen von aktuellen Arbeiten vorgestellt.

### Netzanbindung leistungsstarker Windparks

- Netzführung großer Windparks
- Einfluss des Einsatzes großer HVDC-Systeme auf die Netzstabilität
- Implementierung großer HVDC-Systeme
- Entwicklung geeigneter Modelle von Windenergieanlagen zur Beschreibung des Systemverhaltens

### Dezentrale Erzeuger-, Speicher- und Verbrauchersysteme

- Belastbarkeit von NS-Netzen hinsichtlich zukünftiger Verbraucher- und Einspeiserstrukturen
- Auswirkungen der Elektromobilität auf das zukünftige Elektroenergie-Versorgungssystem

### Asset Management

- Bewertung von MS-Netzen auf Basis von Netzstruktur und Netzzusammensetzung
- Ableiten von Investitionsoptionen und Strategien unter Berücksichtigung aktueller Rahmenbedingungen

### Zustandsbewertung von Betriebsmitteln

- Durchführung diagnostischer Labor-Untersuchungen an Mittelspannungskabeln
- Durchführung des FGH-Stufentest bis zu einer Spannung von 150 kV
- Materialuntersuchungen an der Isolierung von Mittelspannungskabeln

### **Ausgleichsvorgänge in Elektroenergiesystem**

- Transiente Ausgleichsvorgänge auf langen Kabelstrecken in der Hoch- und Höchstspannungsebene
- Untersuchungen zur Ausbreitung von Blitzstromwellen im Hochspannungsnetz unter Berücksichtigung der frequenzabhängigen Parameter der Betriebsmittel
- Berechnung von Überspannungen bei Schalt- und Fehlervorgängen im Mittelspannungs- und Hochspannungsnetz
- Isolationskoordination in ausgedehnten Industrieanlagen



## Risikoanalyse der Einbindung einer Windenergieanlage in ein Industrienetz

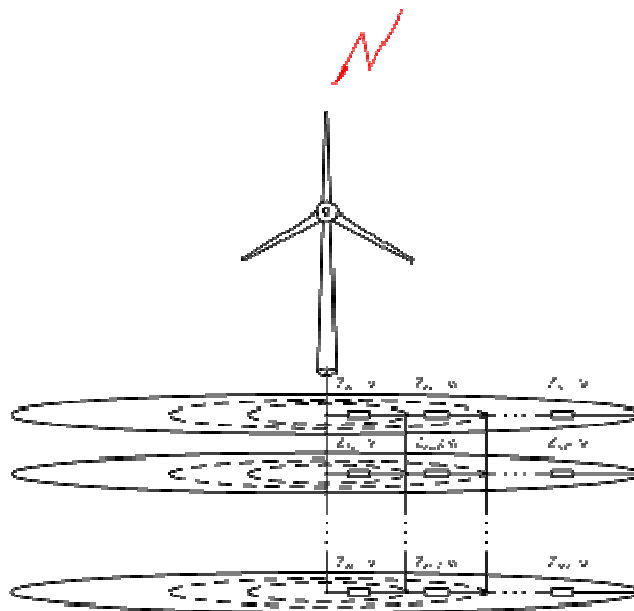
Ali Shirvani-Boroujeni

Aus Grund des zunehmenden Interesses an der Nutzung umweltfreundlicher Energiequellen und entsprechender staatlicher Förderprogramme werden zunehmend Windkraftgeneratoren in Industrieanlagen in Betrieb genommen. Die Einbindung erfolgt dabei in bestehende Infrastrukturen.

Im vorliegenden Projekt wurden die Auswirkungen direkter Blitzeinschläge in eine zu errichtende Windenergieanlage auf örtlich benachbarte Anlagenteile eines städtischen Klärwerkes analysiert. Diese Untersuchung beinhalteten die Simulation von direkten Blitzeinschlägen in die Windenergieanlage sowie die Abschätzung der Einschlagwahrscheinlichkeit von kritischen Blitzstromamplituden auf Grundlage gemessener Blitzstromverteilungen.

Für eine hinreichende Wiedergabe von Spannungen im Mittel- und Niederspannungsnetz wurden Modelle genutzt, die das gesamte Netz abbilden.

Der direkte Blitzeinschlag in die Windenergieanlage und die Berücksichtigung der Spannungsanhebung der Erdungsanlage des Netzes und des Erdreiches wurde auf Basis eines Zylindermodelles (Abbildung 1) berechnet.



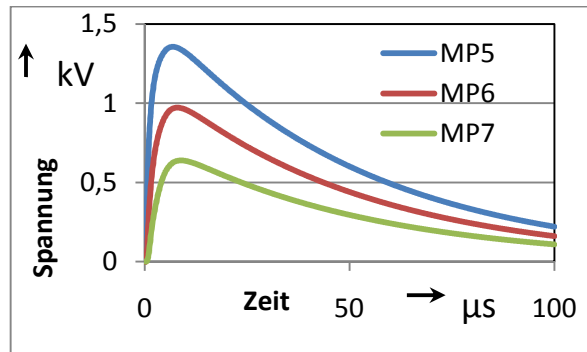
**Abbildung 1:** Zylindermodell zur Beschreibung der Blitzausbreitung im Erdreich (vereinfachte Modellvorstellung)

Das Modell geht von einem radial zum Erder verlaufenden Stromfluss aus, der über entsprechende Wellenwiderstände abgebildet werden kann. Die Anzahl der Layer resultiert aus den durchgeführten Messungen des spezifischen Erdwiderstandes. Dabei werden mehrere

Schichten des Erdreiches und deren Mächtigkeit berücksichtigt. Die im umgebenden Gelände befindlichen Stromleiterelemente (wie z.B.: Wasserbecken, Bahnschienen usw.) wurden bei Berechnung der Elemente des Zylindermodells berücksichtigt.

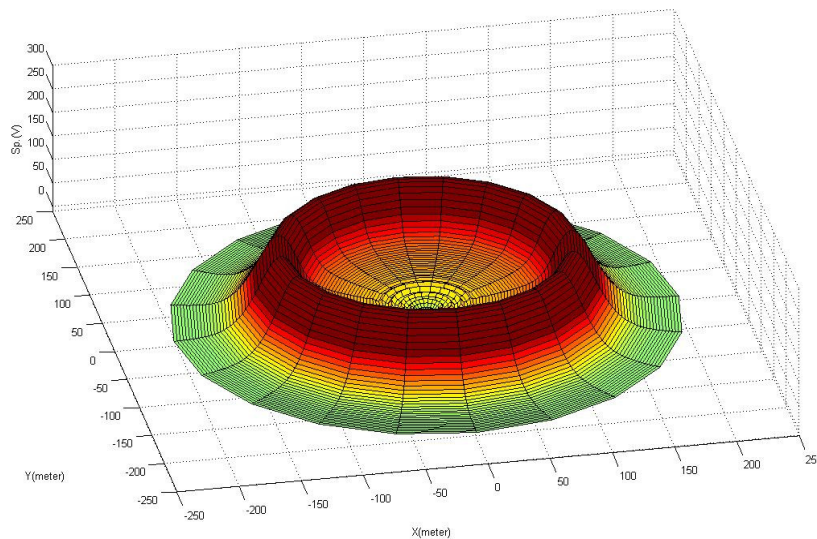
In Abbildung 2 sind beispielgebend die an drei Knotenpunkten in unterschiedlicher Entfernungen der Windenergieanlage resultierenden Spannungen dargestellt.

Infolge des Blitzstoßes entsteht eine Welle der Spannung und Strom, die sich von Windenergieanlagen entfernen, und dadurch die Spannungsverteilung abhängig von Zeit wird.



**Abbildung 2:** Zylindermodell zur Beschreibung der Blitzausbreitung im Erdreich (vereinfachte Modellvorstellung)

In Abbildung 3 ist die resultierende Spannungsverteilung im Erdbereich nach den zweiten Mikrosekunden des Blitzstoßes dargestellt.



**Abbildung 3:** Zylindermodell zur Beschreibung der Blitzausbreitung im Erdreich (vereinfachte Modellvorstellung)

Eine Abschätzung der Einschlagwahrscheinlichkeit und die Größenordnung möglicher Blitzströme des Direkteinschlages wurden auf der Basis elektromagnetischer Modelle abgeschätzt.

Die Untersuchung führte zu folgenden Ergebnissen:

- Überspannungsableiter begrenzen die Spannungsdifferenzen am Einbauort auf die Ableiter-Restspannung. Um kritische Überspannungen auch als Folge induzierter Spannungen zu vermeiden, werden Überspannungsableiter an den Kabelendverschlüssen der Mittelspannungskabel von den Windenergieanlagen zur Übergabestation installiert.



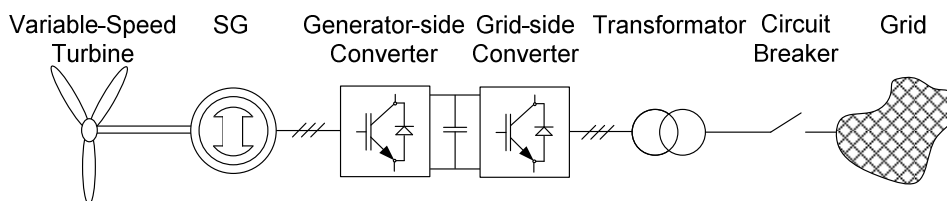
## Detailed Modeling of Wind Power Plants Incorporating Variable-Speed Synchronous Generator

Kaveh Malekian-Boroujeni

The modelling of wind power plants incorporating synchronous generators and full-converters for using in power system simulations is presented in this work. In other words, all components of the above-mentioned power plant using typical values as well as their corresponding control systems are in details modelled and also simulated. The control strategy of the variable-speed wind turbine is the maximum power point tracking strategy which guarantees gathering the maximum possible wind energy under normal operation of power plant. The generator is controlled using two back-to-back converters with current vector control method. Having these full-controlled converters and pitch control system, the electric grid requirements can be satisfied by controlling active and reactive power at the point of common coupling. Unlike old wind power plants, this ability aids the power system to be more stable.



Generally, a typical wind power plant incorporating direct-driven synchronous generator is composed of variable-speed wind turbine, synchronous generator, two back-to-back power electronic converters, and transformer. Fig. 1 illustrates a mainstream configuration for the SG wind plant. To simulate a realistic response of a SG wind plant, the main electrical components as well as the mechanical parts and the controllers have to be considered in the model.

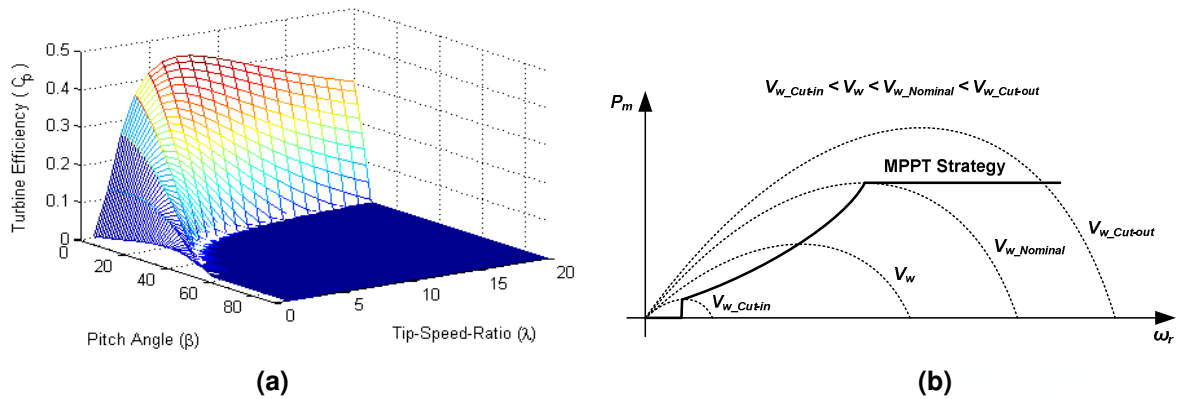


**Figure 1:** General configuration of the simulated wind power plant

The turbine efficiency which is specific for each wind turbine type can be controlled by pitch angle control system. In other words, by regulating pitch angle, the aerodynamic power can be controlled. In the normal operation, in order to achieve the maximum power from wind, the

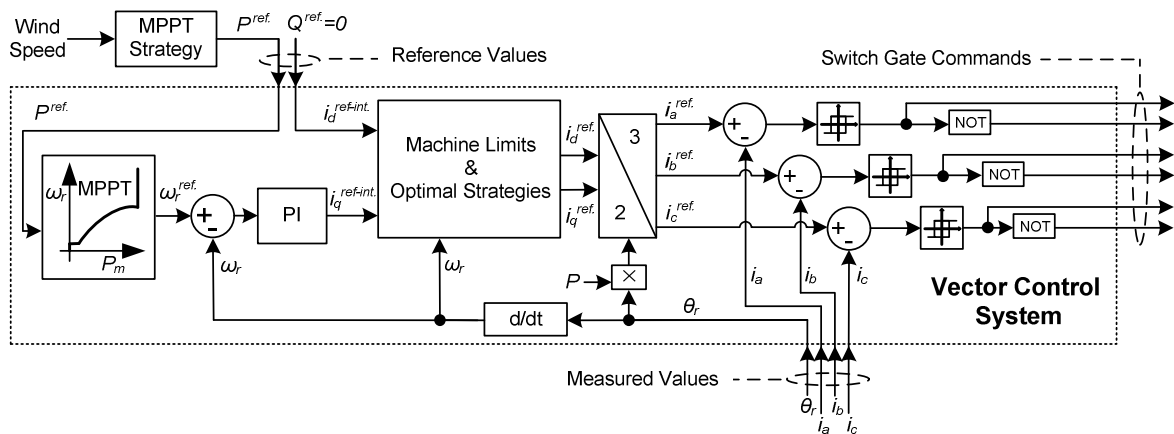


Maximum Power Point Tracking (MPPT) strategy is usually employed. Fig. 2 shows the turbine efficiency applied in simulations as well as MPPT strategy.



**Figure 2: Turbine efficiency (a) and maximum power point tracking strategy (b)**

In order to model Synchronous Generator (SG), the space-phasor coordinates with orthogonal direct (d) and quadrature (q) axes are used. For injecting the electrical power converted by SG into the electric grid, two back-to-back full-scale power electronic converters are usually used as the interface between the stator of SG and the grid [1]. Control system of the generator-side converter which plays an important role at simulations is shown in Fig. 3.



**Figure 3: Control system of the generator-side converter**

Simulations have been carried out using PSCAD to investigate the model performance. To verify the proposed model, electrical variables at a 2-MW wind power plant with similar configuration in Germany have been measured, and the voltage and current during the same scenarios are recorded to be compared with those obtained from simulations. The proper coincidence between simulation and practical results has proved the validity of modeling not only during the normal operation but also during the emergency case. As future work, it would be interesting to investigate the level of acceptable simplification of the wind power plant model that can match the results of the proposed detailed model.

[1] Yazdani, A., Iravani R.: A Neutral-Point Clamped Converter System for Direct-Drive Variable-Speed Wind Power Unit; IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 21, no. 2, pp. 596-607, June 2006.



## A model for lightning over-voltage calculations in case of interconnection of 400 kV-overhead-lines to cable lines

Uwe Schmidt

Before the installation of cable line sections within a line system is realized, it is necessary to have knowledge about the occurrence of over-voltages. In particular, the lightning impact on the overhead lines (OHL) is very important for the over-voltage protection of cable lines (Figure 1). After a flashover, the insulation of overhead lines is self-restoring. The breakdown of cable insulation must be avoided with a high probability. In order to calculate over-voltages at connection points between 400 kV-overhead line and the 400 kV-cable line (figure 1), a model is described considering the physics of surge propagation.

Models used for calculations of over-voltages must describe the line and tower elements (figure 2) over a wide frequency range. The used model is implemented in ATP/EMTP. Currents and voltages at nodes between line segments are frequency dependent. Using the

JMARTI model, the overhead line segments impedances are determined over a wide frequency range. The model considers resistive, reactive and capacitive coupling of overhead line conductors. Damping effects by the skin effect are also taken into account. An additional module for the consideration of corona damping is also implemented in the model.

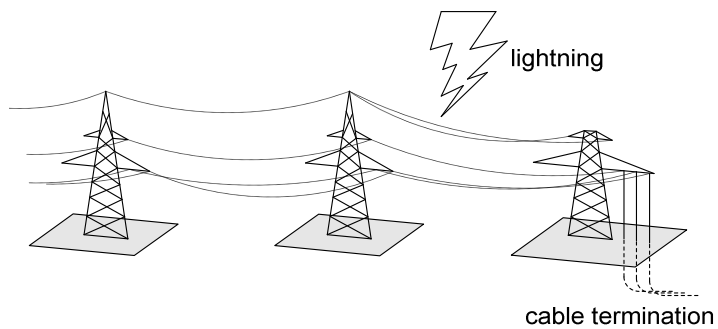


Figure 1: Principle of investigated network

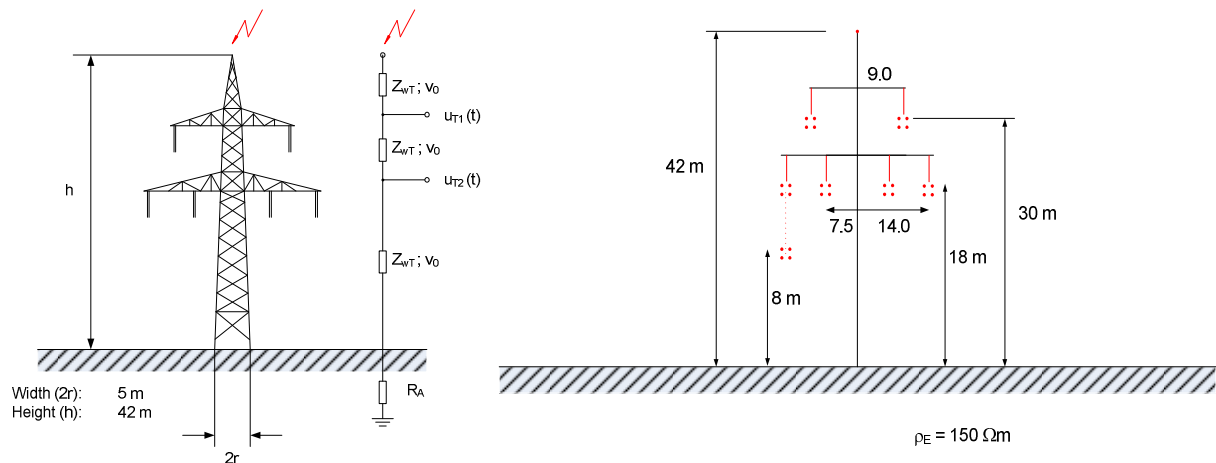


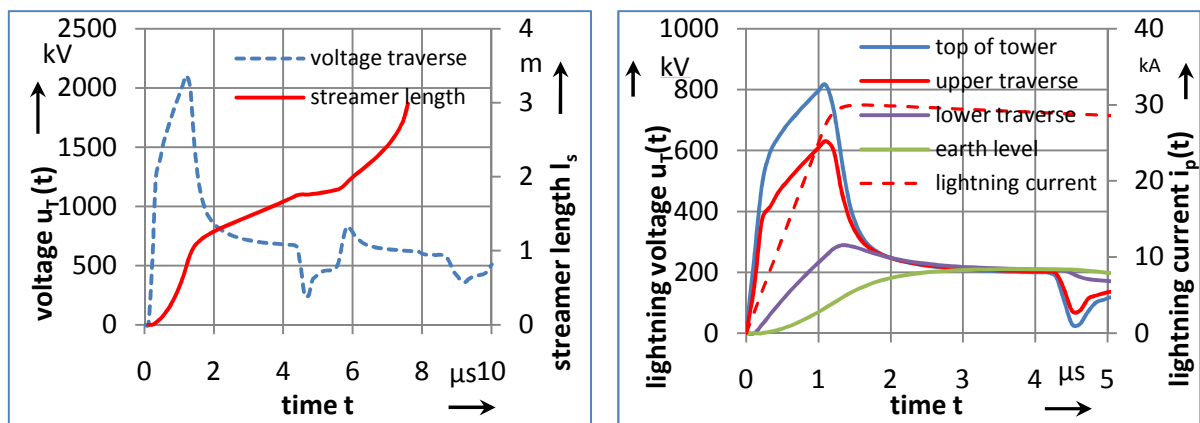
Figure 2: Dimensions of the 400-kV-line tower in front of the cable line

The overhead line insulation is implemented by an algorithm, which realizes the time-dependent breakdown-behavior of a spark gap.

The streamer results in a back flashover, if the lightning voltage  $u_T(t)$  exceeds 1500 kV. In the case of a 1.2/50  $\mu\text{s}$  impulse and a tower earthing resistances of  $R_A = 15 \Omega$ , a peak lightning current of  $\hat{i}_p \geq 88 \text{ kA}$  is expected. The time dependent streamer length  $l_s$  is shown for a peak lightning current of  $\hat{i}_p = 100 \text{ kA}$ .

The figure 3 shows a sequence of voltages after a 30 kA-impact in the earth-wire assuming a tower earthing resistance  $R_A$  of  $15 \Omega$ . After 0.3  $\mu\text{s}$ , the reflection from the earth-point superposes with the initial surge. This reflection reduces the first steepness of the impulse.

The reduction of voltage by the arresters is limited by the over-voltage across the insulation of the cable. This voltage reduction has no effect on the screens of the cables. The incoming surge causes a potential difference between the screen and the earth. Its amplitude depends on the potential gradient of tower potential and puts voltage stress on the sheath (Figure 3).



**Figure 3: Time dependent grows of streamer length and representative surges across the tower (100 kA; 1.2/50  $\mu\text{s}$ )**

The striking distance for the phase/earth wires and the striking distance for the earth surface open a critical area for the direct lightning impact. The critical area becomes larger for smaller lightning currents. In the considered configuration, the maximum critical current value of direct impact  $I_C$  is  $\geq 23 \text{ kA}$ . The streamer propagation time by a spark gap length of 3 m is larger than 5  $\mu\text{s}$ , in the case of a front time of about 1  $\mu\text{s}$ . In the investigated network, the mean time between back flashovers is approximately 900 years and the critical current value of back flashover ICFO is 90 kA (1.2/50  $\mu\text{s}$ , tower earthing resistance  $R_A = 15 \Omega$ ).

By installing arresters, there is no critical over-voltage across the cable insulation. Peak lightning currents  $\hat{i}_p$  larger than 10 kA can cause damaging of the cable sheath.

[1] Schmidt, U., Schufft, W.: A model for lightning over-voltage calculations in case of interconnection of 400 kV-overhead-lines to cable lines; 16. International Symposium on High Voltage Engineering ISH; Capetown 2009



## Bewertung von Investitionsalternativen in MS-Kabelnetzen

Steffen Hetzel

Insbesondere mit Blick auf die künftigen Herausforderungen an die Betreiber von Mittelspannungsnetzen, wie die Integration dezentraler Einspeiser aber auch die sich abzeichnenden Entwicklungen zur Elektromobilität sind die bestehenden Netze umfassend neu zu bewerten. Zur Wahrung einer angemessenen Versorgungssicherheit und -qualität sind auch mit Blick auf die künftigen Anforderungen kontinuierliche Investitionen notwendig. Diese sind optimal zu platzieren.

Innerhalb einer Promotion wurde an der Professur Energie- und Hochspannungstechnik Ein Tool zur systematischen Bewertung des Zustandes realer Mittelspannungs-Kabelnetze entwickelt. Als Ergebnis werden im Netz vorhandene kritische Schutzbereiche identifiziert. Gleichzeitig sind die Auswirkungen von Investitionen speziell auf die Kriterien der Zuverlässigkeit darstellbar. Somit ist eine umfassende Unterstützung der Netz und Investitionsplanung gegeben.

Neben der betriebsmittelgenauen, topologisch richtigen Abbildung des jeweils vorhandenen Netzes hat die Zuordnung der erwarteten Störungserwartungen sowie deren Entwicklung eine besondere Priorität. Diese wurden auf Basis realer Daten auf Basis der Maximum-Likelihood-Schätzung ermittelt. Ermittelt wurden diese Werte erstmals unter Berücksichtigung des innerhalb des Netzes vorhandenen Gesamtbestandes.

Hierbei wurde davon ausgegangen, dass das vorhandene Netz innerhalb des Betrachtungszeitraumes aus vielen 1-Meter-Kabelstücken besteht, von denen innerhalb des Beobachtungszeitraumes eine bestimmte Anzahl ausgefallen und eine entsprechende Anzahl weiterhin in Betrieb ist. Die Ermittlung der Verteilungsparameter erfolgte numerisch. Um die Daten zeitnah aktualisieren zu können, wurde hierzu ein Kalkulationstool auf Microsoft Excel-Basis entwickelt, dass sich auch zum Einsatz beim Netzbetreiber eignet. Für die weitere Bewertung erfolgt eine Einteilung des Netzes in vorhandene (oder geplante) Schutzbereiche. Ausgehend hiervon können auf Basis netzbezogener Fehlerstatistiken die Ausfallerwartungen der Schutzbereiche ermittelt werden.

Dies erlaubt die Identifikation kritischer Bereiche (siehe Abbildung 1). Der gewählte Ansatz erlaubt zusätzlich das Einbeziehen weiterer Störungskennzahlen, wie beispielsweise von

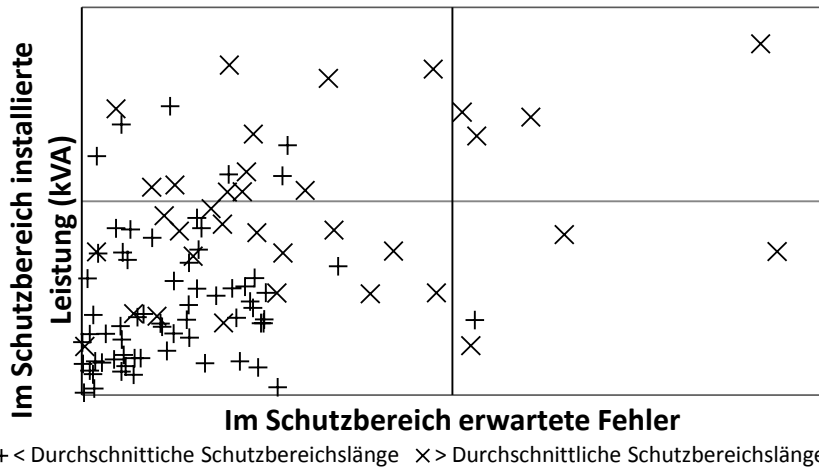


Abbildung 1: Bewertungsmatrix

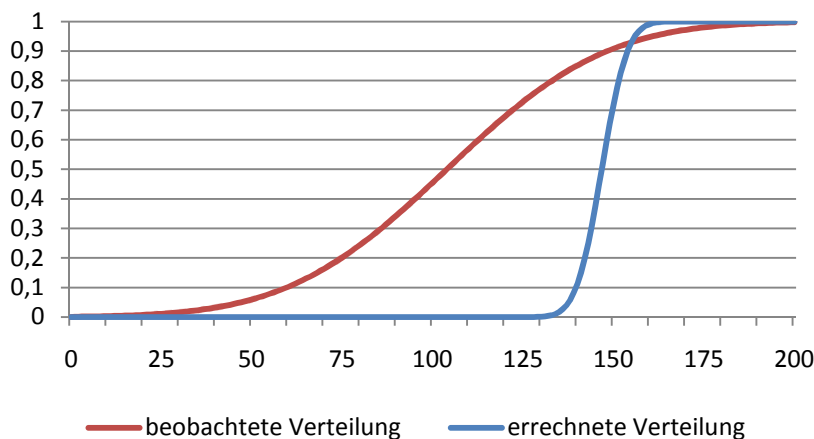


Abbildung 2: Modellgütebetrachtung

werden also mehr altersbedingte Ausfälle erwartet, als in der Realität beobachtet wurden. Dies wird in Abbildung 2 verdeutlicht. Werden den Schutzbereichen erwartete Ausfallkosten zugeordnet, die sich aus den nicht realisierten Netznutzungsentgelten sowie den Kosten für die Reparatur der Schäden zusammensetzen, ist, ebenfalls mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation eine Abschätzung der erwarteten Störungsbeseitigungskosten möglich.

- [1] Hetzel, S., Schufft, W.; Ermittlung der Ausfallcharakteristik betriebsgealterter Mittelspannungskabel; ETG-Kongress 2009, , Düsseldorf FT4 Paper 2.2
- [2] Hetzel, S., Schufft, W.: Identification and assessment of possible and necessary investments in history grown medium-voltage grids; 16. International Symposium on High Voltage Engineering ISH; Capetown 2009

Ortsnetzstationen oder Schaltanlagen.

Im Ergebnis erhält man die Ausfallwahrscheinlichkeit der innerhalb des Netzes vorhandenen Schutzbereiche.

Basierend auf diesen Daten konnte ergänzend mittels Monte-Carlo-Simulationen die erwartete Anzahl von altersbedingten Ausfällen von MS-Kabel ermittelt werden.

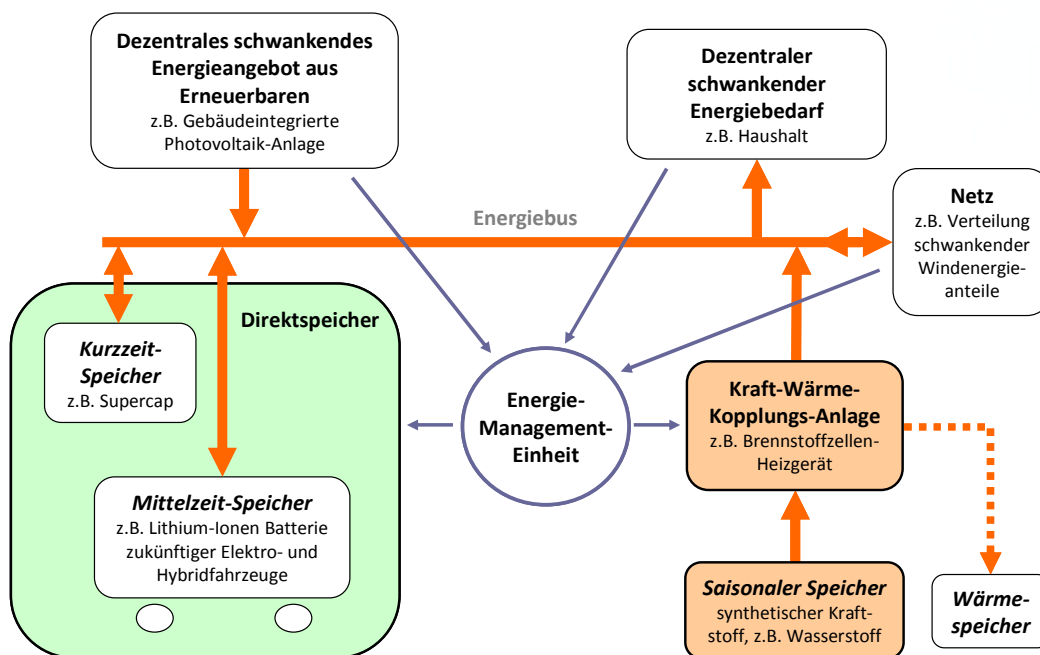
Ein Vergleich mit der innerhalb der Jahre 1997 – 2006 beobachteten Ausfälle zeigt, dass das entwickelte Modell in 93 % der Fälle auf der statistisch sicheren Seite ist. Es



## Optimierendes Energiemanagement für intelligente dezentrale Photovoltaik-Brennstoffzelle-Direktspeicher-Energieversorgungseinheiten

Thilo Bocklich

Intelligente dezentrale Energieversorgungseinheiten (Abbildung 1) bestehend aus einer Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK)-Anlage, einem saisonal verfügbaren chemischen Energieträger und einem elektrischen Direktspeicher können zukünftig einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilisierung leisten und damit den Ausbau fluktuierender Erneuerbarer Energiequellen unterstützen.



**Abbildung 1: Grundstruktur einer intelligenten dezentralen Energieversorgungseinheit**

Neben der Führungsrolle der Windenergie belegen aktuelle Studien ein hohes Potenzial für die dezentrale Photovoltaik in einem zukünftigen Energiemix [1]. Wichtige Vorteile der Photovoltaik (PV) sind die weiträumige Verfügbarkeit des Solarenergieangebots, die Modularität der Wandlungstechnologie und der minimale Wartungsaufwand. Dies ermöglicht flexibel ausbaubare, regional angepasste Energieversorgungsstrukturen in Verbrauchernähe mit minimalen Kosten für den Energietransport. In Deutschland existiert laut [2] ein Potenzial von 120 GW installierbarer PV-Leistung allein im Gebäudeintegrierten Bereich. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts SUN-AREA zeigen, dass in Deutschland ca. 20 % der vorhandenen Dachflächen für die solare Energienutzung geeignet sind. Die dezentrale Photovoltaik spielt auch für die Elektrifizierung in den Entwicklungsländern eine entscheidende Rolle [3].

Dezentrale KWK-Anlagen können zur verbrauchernahen hoch effizienten Wandlung eines saisonal verfügbaren chemischen Energieträgers in Strom und Wärme eingesetzt werden. Dabei werden unter Verwendung moderner Wandlertechnologien, wie z.B. Brennstoffzellen,

im Vergleich zu einer zentralen Energieversorgung durch Kraftwerke höhere elektrische Wirkungsgrade und höhere Brennstoffausnutzungsgrade erreicht. Netzübertragungsverluste werden vermieden. Die Energiewandlung durch KWK-Anlagen sollte sich zukünftig vor allem am dezentralen Strombedarf orientieren. Ziel ist die Maximierung der Wandlungseffizienz von chemischer in elektrische Energie und der schonende und Lebensdaueroptimale Betrieb der KWK-Anlage. Weiterhin gestattet die KWK-Anlage auf der Basis des saisonal verfügbaren chemischen Energieträger (z.B. lokal gespeicherter oder über das Gasnetz verteilter Wasserstoff oder Biogas) den Ausgleich jahreszeitlich und tageszeitlich bedingter Defizite an Solarenergie. Außerdem kann ein Beitrag zur aktiven Vermittlung zwischen schwankendem Energieangebot und Energiebedarf geleistet werden. Dies reduziert dynamische Netzurückwirkungen und unterstützt eine Netzstabilisierung „von unten“.

Der Direktspeicher dient primär der Abfederung dynamischer Erzeuger- und Verbraucherschwankungen in einem mittleren Zeitbereich (Sekunden bis Stunden). Er eröffnet einen steuerungstechnischen Freiheitsgrad zur Optimierung der Betriebsführung der KWK-Anlage. Wichtigste Option für den Direktspeicher sind Lithium-Ionen Batterien. Diese können zukünftig entweder stationär in Verbindung mit der Photovoltaik-Anlage installiert werden oder als Kapazitätsanteile an Fahrzeugbatterien von Elektrofahrzeugen vorliegen. Neben Batterien können auch Supercaps einen Anteil am Direktspeicher bilden, zur Abfederung hoher Leistungsgradienten sowie Erzeuger-/Verbraucherspitzen. Ziel des Hybridsystemverbunds ist die Kombination der Vorteile der einzelnen Speichertechnologien (s. Tabelle 1).

**Tabelle 1: Typische Kennwerte unterschiedlicher Speichertechnologien**

	PEM-Brennstoffzelle	H2-Druckspeicher (200bar)	H2-Metallhydridspeicher (in Luft/Wasser)	Lithium-Ionen Batterie	Supercap
Energiedichte (Wh/kg)	-	ca. 400	ca. 300	90-150	ca. 5
Leistungsdichte (W/kg)	60-120	-	50-300	150-3000	bis zu 4000
Energie je Speicherkosten (Wh/€)	-	40-100	ca. 1.5	ca. 0.5	ca. 0.1
Leistung je Kosten (W/€)	ca. 0.2	-	0.25-1.5	ca. 1	bis zu 50
Lebensdauer (Zyklen)	>1000h	sehr hoch	>1000	500-2000	>500000
Wirkungsgrad (%)	40-60	-	-	ca. 90	ca. 95
Selbstentladung	-	minimal	minimal	mittel	mittel

Abbildung zeigt die im Rahmen der Dissertation [4] untersuchte Struktur eines Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridsystems sowie die entwickelten neuen Modellierungs- und Energie-



management-Konzepte. Die erarbeiteten Methoden, Modellierungs- und Simulationswerkzeuge sind dort und in den aktuellen Veröffentlichungen [5] und [6] näher beschrieben.

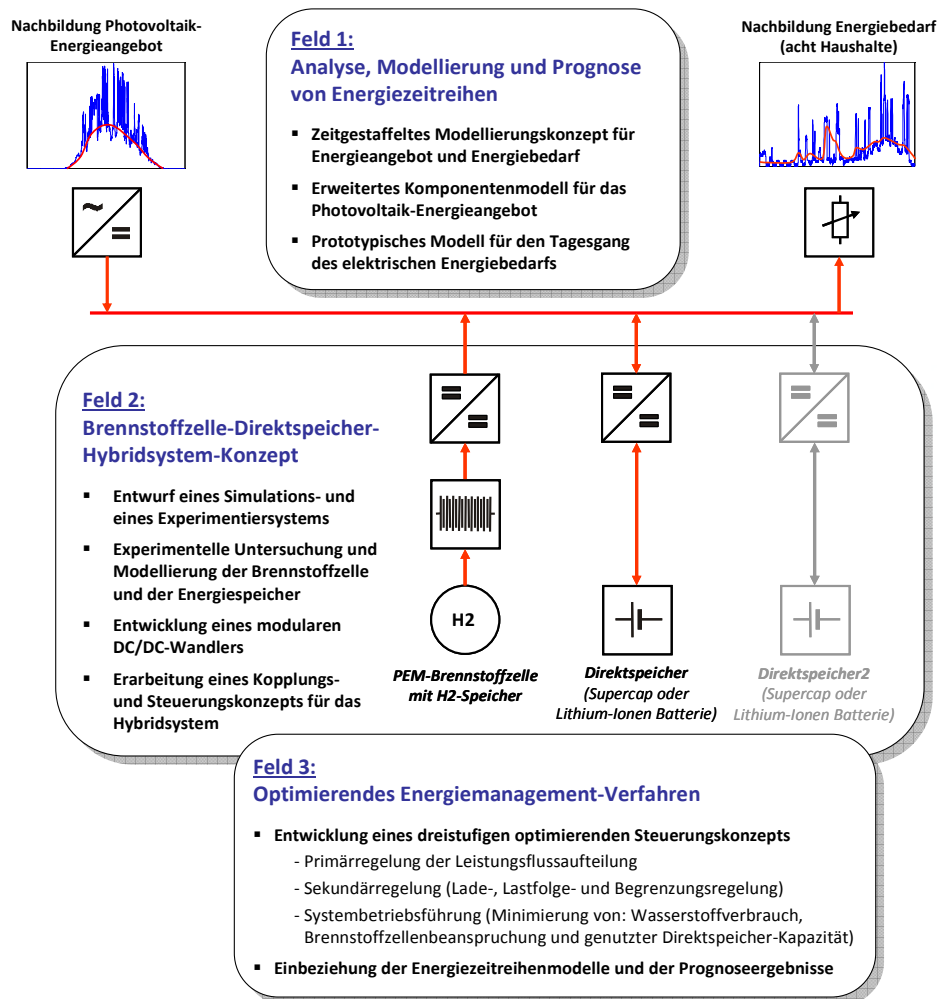


Abbildung 2: Kernidee für ein Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridsystem [4]

[1] Fontaine, B.; Fraile, D.; Latour, M.; Lenoir, S. Philbin, P.; Thomas, D.: "Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013", European Photovoltaic Industry Association (EPIA), April 2009

[2] Bitsch, R.; Erge, T.; Zacharias, P.: "Technische Anforderungen an dezentrale Versorgungsstrukturen in Europa", Forschungsverbund Sonnenenergie, 2001

[3] Landau, M.; Schmid, J. et. al: „Ländliche Elektrifizierung – ein integrativer Ansatz“, 20. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, 2005

[4] Bocklisch, Th.: „Optimierendes Energiemanagement von Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridssystemen“, Dissertation an der TU Chemnitz, eingereicht 2009

[5] Bocklisch, Th.; Schufft, W.; Bocklisch, S.: „Optimierendes Energiemanagement für intelligente dezentrale Photovoltaik-Brennstoffzelle-Direktspeicher-Energieversorgungseinheiten“, 4th International Renewable Energy Storage Conference (IRES 2009), Bonn: eurosolar, 2009

[6] Bocklisch, Th.; Beckhaus, P. et al.: "Control-oriented, optimizing energy management concept for fuel cell hybrid systems", PCIM Conference, Nürnberg, 2009



## Praktizierte Instandhaltung von Trafostationen

Andreas Götz

Hinsichtlich einer sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung liegt für eine Netzgesellschaft ein besonderes Augenmerk auf der Instandhaltung aller Betriebsmittel, wie z.B. Transformatoren, Kabel, Schaltanlagen und Schutzeinrichtungen. Prinzipiell lässt sich die Instandhaltung gemäß Abbildung 1 untergliedern.

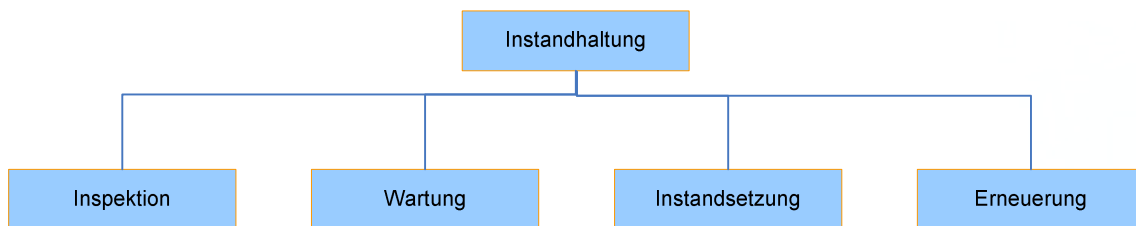


Abbildung 1: Gliederung der Instandhaltung [1]

Die vier Teilgebiete der Instandhaltung lassen sich durch eine einfache Zustandserfassung (Inspektion), der Erhaltung der Gebrauchsfähigkeit (Wartung), der Wiederherstellung bzw. Verbesserung der Gebrauchsfähigkeit (Instandsetzung) und durch Tätigung von Ersatzinvestitionen (Erneuerung) beschreiben. Um zu entscheiden, wann welche der Tätigkeiten durchgeführt werden, sind folgende Vorgehensweisen üblich (Abbildung 2).

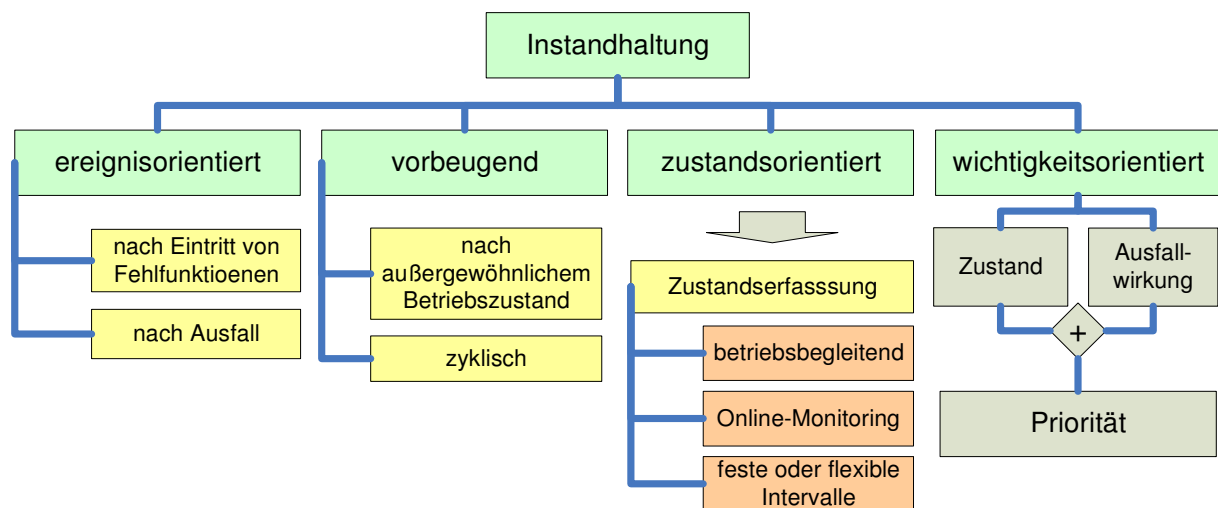
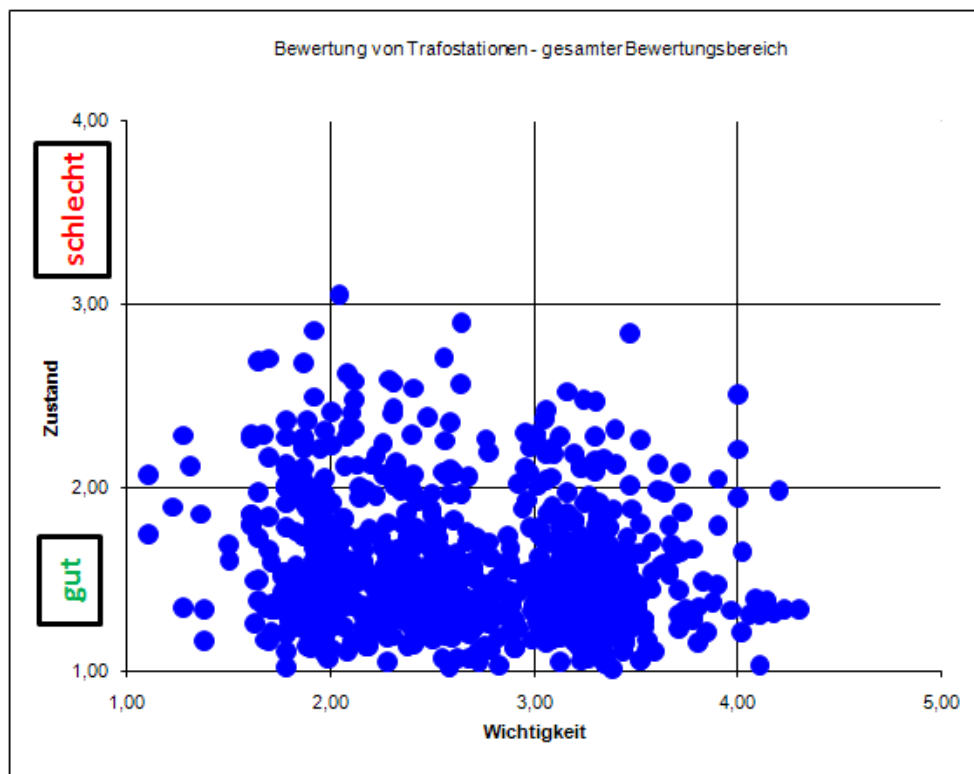


Abbildung 2: Schema der Instandhaltung [2]

Da es hinsichtlich der Versorgungssicherheit und der Öffentlichkeitswirkung am ungünstigsten wäre, ein Betriebsmittel bis zu dessen Abnutzungsgrenze hinaus zu betreiben, ist es besser, unter Kenntnis des Zustandes und der mittleren technischen Lebensdauer eines Betriebsmittels eine wichtigkeitsorientierte Instandhaltung durchzuführen. So ist ein ökonomisch optimales Ausnutzen der Betriebsmittellebensdauern gewährleistet.

Nach der Entwicklung einer Strategie zur wichtigkeitsorientierten Instandhaltung von Ortsnetz-Stationen, einer zeitaufwendigen Datenerfassung und der Entwicklung eines Bewertungsprogramms, ist es gelungen die bisherige Vorgehensweise der Instandhaltung der Netzgesellschaft Chemnitz mbH weiter zu verbessern. So werden mit Hilfe des entwickelten Programms Prioritätslisten für die Instandhaltung erstellt, um einen optimierten Arbeitsablauf zu erhalten. Außerdem lässt sich das erstellte Bewertungsmodul flexibel an Veränderungen bei der Bewertung (Abbildung 3) anpassen und für verschiedene Betriebsmittel erweitern, was einen hohen praktischen Nutzen mit sich bringt. So werden neue Investitionen mittel- bis langfristig optimal eingesetzt.



**Abbildung 3: Ergebnisse der Bewertung von ON-Stationen**

Anhand dieses Diagramms lassen sich die Ortsnetz-Stationen auffinden, welche für das Auftragsmanagement der Instandhaltung von besonderem Interesse sind. D.h. je weiter oben und je weiter rechts der Punkt einer Ortsnetz-Station liegt (Abbildung 3), desto eher besteht Handlungsbedarf [3].

- [1] VDN Fachbericht Instandhaltungsmanagement
- [2] Mehlhorn, K.: Jahresbericht 2007 für Stadtwerke Chemnitz AG; TU Chemnitz, Energie und Hochspannungstechnik, 2008
- [3] Götz, A., Reichel, J., Kliemt, J.: Praktizierte Instandhaltung von Transformatorstationen; ew Nr. 25, November 2009, S. 64 ff



## Elektrofahrzeuge - Bausteine eines Smart Grids

Jens Teuscher

Das Einsatzgebiet von Elektrofahrzeugen ist aufgrund ihrer geringen Reichweite und ihrer lokalen emissionsfreien Betriebsführung zumeist im städtischen und stadtnahen Bereich festzulegen. Eine Integration dieser Elektrofahrzeuge ist somit im Stadtnetz auf der Niederspannungsebene zu untersuchen. Nach derzeitigen Studien kann sich die Anzahl der Elektrofahrzeuge im Jahr 2030 auf bis zu einem Viertel des Gesamtbestandes entwickeln. Mit Hilfe von Lastflussberechnungen wurde überprüft, in welcher Weise sich dieses Szenario auf die Netzparameter (Auslastung der Betriebsmittel, Spannungsband) auswirkt.

Als Grundlage dienen reale Stadtnetze mit hinterlegten Lastgängen, welche überwiegend Mehrfamilienhäuser versorgen. Elektrofahrzeuge sind als Lasten mit einer Anschlussleistung von 10 kW an den Hausanschlüssen simuliert.

Weiterhin wird für die Ladezeiträume die durchschnittliche Tagesfahrleistung in zwei Szenarien festgelegt. Da hier Simulationen im städtischen Bereich betrachtet werden, ergibt dies eine durchschnittliche Fahrleistung von 25 km pro Tag. Ein weiteres Szenario mit 50 km pro Tag Fahrleistung ergänzt den Pendlerverkehr. Bei der Annahme eines Verbrauches von 20 kWh pro 100 km ergibt dies eine Aufladung von ca. 5 kWh bzw. 10 kWh pro Tag. Als Ladezeitraum steht lediglich die Schwachlastzeit von 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr zur Verfügung.

Die Simulationen ergaben, dass in einem städtischen Niederspannungsnetz mit einer dichten Bebauungsstruktur und geringen Leitungslängen der Ortsnetztransformator das kritische Betriebsmittel ist. Bei einer gleichzeitigen Aufladung von 32 Elektrofahrzeugen wird die Belastbarkeitsgrenze erreicht. Im untersuchten Netzgebiet wurde ein Bestand von 428 Fahrzeugen ermittelt. Eine Versorgung von den in 2030 möglichen 107 Elektrofahrzeugen ist ohne Netzausbau nur mittels Energiemanagement gewährleistet. In den vorgesehenen 8 Stunden ist die Aufladung aller 107 Elektrofahrzeuge für beide Szenarien durchführbar. Weiterhin entstehen zeitliche Freiräume, um größere Energiemengen laden oder Regelenergie am Markt anbieten zu können. Dies bedarf jedoch weiterer Analysen.

Eine Erhöhung der Anzahl angeschlossener Elektrofahrzeuge ist durch dezentrale Einspeiser möglich, ohne dadurch den Ortsnetztransformator zu überlasten. Eine Umsetzung ist die Idee der „smart-cells“ (siehe Abbildung 1). Diese Einheiten bestehen aus geregelten und ungeregelten Verbrauchern und Einspeisern, welche mit Hilfe von Prognoseverfahren vorgegebenen Energiezeitreihen folgen. Das Ziel liegt dabei auf dem verlust- und kostenoptimierten Betrieb.

**Abbildung 1: Schema eines Energiemanagement auf Basis der "smart-cell"**

In den nächsten Schritten werden die weiteren Randbedingungen, wie mögliche Photovoltaik-Einspeisung oder der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (Brennstoffzellen) für das geplante Energiemanagement untersucht. Weiterhin ist eine verlustoptimierte Managementstrategie vorgesehen.

## 5 Studien-, Diplomarbeiten, Dissertationen

### Dissertationen

**Eva Marie Kurscheid: Zur Bereitstellung positiver Minutenreserve durch dezentrale Klein-KWK-Anlagen**

Tag der mündlichen Prüfung: 20.11.09

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. W. Schufft  
Prof. Dr. B. Hofmann  
Prof. Dr. rer. nat. habil. U. Rindelhardt,



Ziel der Dissertation war es, die Bereitstellung positiver Minutenreserve durch dezentrale Klein-KWK-Anlagen unter technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten zu bewerten.

Es wird die Eignung dezentraler KWK-Anlagen zur nachhaltigen Bereitstellung von Minutenreserve ganzheitlich diskutiert. Ganzheitliche Nachhaltigkeit umfasst Ökologie, Ökonomie und physikalische Gegebenheiten. Grundvoraussetzung für entsprechende wissenschaftliche Untersuchungen sind Kenntnisse über das Abrufverhalten der vorgehaltenen Reserve. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt daher auf der detaillierten Analyse der Inanspruchnahme positiver Minutenreserve und der mathematischen Modellbildung. Die Untersuchung der Inanspruchnahme um-

fasste eine tiefgehende statistische Analyse, eine Untersuchung der Korrelation externer Faktoren sowie eine Zerlegung der Inanspruchnahme nach klassischen Komponentenmodellen für Zeitreihen.

Auf dieser Basis erfolgen Betrachtungen zur Dimensionierung der Wärmespeicher, zum Netzbetrieb mit hoher Dichte dezentraler Klein-KWK-Anlagen und zur Wirtschaftlichkeit eines solchen Konzeptes. Die abschließende ganzheitliche Betrachtung liefert Hinweise zur optimalen Betriebsweise der Klein-KWK-Anlagen.

## Studienarbeiten

**Liang Xu:** **Beschreibung eines Prüfablaufes zur Ermittlung der Durchschlagspannung des Mantels eines Hochspannungskabels**

Der Mantel von Hochspannungskabeln dient in erster Linie dem Schutz vor mechanischer Beschädigung und vor dem Eindringen von Feuchtigkeit. Ausgleichsvorgänge auf Kabelsystemen führen aufgrund der induktiven und kapazitiven Verkopplung von Leiter und Schirm zu Spannungen über dem Kabelmantel. Als Folge von Ausgleichsvorgängen in Energieversorgungsnetzen kommt es also zu Schirm-Erde-Spannungen, die über dem Mantel den Durchschlag des Mantels bewirken können. Folge solcher Mantelschäden ist eindringende Feuchtigkeit in das Innere der Kabelisolierung. Da mechanische Schäden zu Wassereintrich und damit zu verminderter Lebensdauer führen, müssen Durchschläge des Kabelmantels möglichst vermieden werden.



**Abb. 1:** Kabel-Mantelschaden als Folge von Ausgleichsvorgängen im 110-kV-Netz

Um einen Überspannungsschutz zu dimensionieren, ist die Kenntnis der Durchschlagfestigkeit der Mäntel Voraussetzung. Die Durchschlagfestigkeit des Kabelmantels ist in der Regel jedoch nicht bekannt.

Im Rahmen dieser Studienarbeit wurde ein Prüfaufbau zur Ermittlung der Durchschlagspannung von PE- und VPE-Mänteln entwickelt. Die elektrische Festigkeit des Mantels vom Kabel kann aus Durchschlagsversuchen im homogenen Feld. Die Durchschlagspannung wird im Spannungssteigerungsversuch oder als 50%-Impulsdurchschlagspannung bestimmt. Die elektrische Festigkeit des Isolierstoffes wird dann fast unabhängig vom Elektrodenabstand, wenn der Elektrodenabstand ausreichend groß ist. Die gemessene Festigkeit der Probe wird dann in Abhängigkeit des Elektrodenabstandes ins zylindersymmetrische Feld übertragen. Dabei werden der Feldstärkeverlauf zwischen innerem und äußerem Zylinder und die maximale Feldstärke berechnet.





## Aktuelle Dissertationsprojekte

- Bocklisch, T.:** Intelligentes Energiemanagement von Multispeicher-Hybridsystemen
- Hetzel, S.:** Bewertung der Nachhaltigkeit von Investitions- und Instandhaltungsstrategien in Mittelspannungskabelnetzen
- Mehlhorn, K.:** Berechnung von Verlusten in Energieversorgungsnetzen
- Schmidt, U.:** Modellierung von Kabeln bei transienten Vorgängen
- Shirvani-Boroujeni, A.:** Zur frequenzabhängigen Dämpfung von Spulenordnungen
- Malekian-Boroujeni, K.:** Netzintegration von Off-Shore-Windparks durch HGÜ
- Götz, A:** Belastbarkeit von NS-Netzen hinsichtlich zukünftiger Verbraucher- und Einspeiserstrukturen
- Teuscher, J.:** Nachhaltiges Energiemanagement dezentraler Energieversorgungseinheiten in zukünftigen Niederspannungs-Netzstrukturen

## 6 Veröffentlichungen

- Brumme, D., Schufft, W.: Mögliche Auswirkungen zukünftiger Elektromobilität auf den Strompreis; ew, Jg. 108 (2009), Heft 13, S. 32-36, vwew Energieverlag GmbH, Juni 2009, ISSN 1619-5795-D 9785 D
- Malekian, K., Shirvani, A., Schmidt, U., Schufft, W.: Detailed Modeling of Wind Power Plants Incorporating Variable-Speed Synchronous Generator; Electrical Power and Energy Conference: Sustainable/ Renewable Energy Systems and Technologies; Montreal, Quebec, Canada; 2009.
- Götz, A., Kliemt, J., Reichel, J.: Praktizierte Instandhaltung von Trafostationen; ew, Jg. 108 (2009), Heft 25, vwew Energieverlag GmbH, Dezember 2009, ISSN 1619-5795-D 9785 D
- Bocklisch, Th., Beckhaus, P., Paulitschke, M., Bocklisch, S.: Analyse von Einflussfaktoren auf Netzverluste in Niederspannungsnetzen; Conference on Power Conversion and Intelligent Motion - PCIM, Nürnberg, 2009
- Bocklisch, Th.: Optimizing Energy Management for Photovoltaic-Fuel Cell-Battery-Hybrid Systems; European Conference Smart Grids and Mobility, Würzburg, 2009, ISBN: 978-3-941785-02-1
- Bocklisch, T.: Optimierendes Energiemanagement für dezentrale Photovoltaik-Brennstoffzelle-Direktspeicher-Energieversorgungseinheiten; 4. Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien (IRES2009), Berlin, 24.-25.11. 2009
- Schmidt, U., Schufft, W.: A model for lightning over-voltage calculations in case of interconnection of 400 kV-overhead-lines to cable lines; 16. International Symposium on High Voltage Engineering ISH; Capetown 2009
- Hetzel, S., Schufft, W.: Identification and assessment of possible and necessary investments in history grown medium-voltage grids; 16. International Symposium on High Voltage Engineering ISH; Capetown 2009

## Vorträge und Seminare

- Schmidt, U.: “Grundsätze des Einsatzes von Überspannungsableitern im Hochspannungsnetz”; Fachveranstaltung: Hochspannungs-Schaltanlagen; Vortrag; Haus der Technik, Essen, 10.11.09
- Schufft, W., Hetzel, S.: KEMA Academy-Seminar “Energiekabel - Alterungsphänomene und Instandhaltung”, Dresden, 31.03.09
- Schmidt, U.: KEMA Academy-Seminar „Energiekabel - Probleme beim großflächigen Einsatz in Netzen“, Dresden, 01.04.09
- Teuscher, J., Götz, A.: „Elektrofahrzeuge – Bausteine eines smart grid“, Poster, ETG-Workshop, Berlin, 03.12.2009

## 7 Externe Aktivitäten und Kontakte

### Teilnahmen an Konferenzen, Tagungen, Kolloquien

21. Januar	ELTEC 2009	Shirvani	Nürnberg
26./27. Januar	Elektrische Systeme von Windenergieanlagen	Malekian	Essen
25. - 29. Januar	Environmental Impacts on Power Industry	Schufft, Coban, Teuscher	Pernink, CZ
13. Februar	Sitzung AK CIGR SC D1	Prof. Schufft	München
27. Mai	RWE Sommerfest	Prof. Schufft	Berlin
24. - 28. August	16. Int. Symposium on HV Engineering ISH	Schufft, Hetzel, Schmidt	Kapstadt
07. September	2nd Annual Symposium on Grid Integration of Wind Power of the Vestas Power Program	Malekian	Barcelona
22./23. September	ETG-Tagung: Energiespeicher in Stromversorgungsnetzen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien	Götz, Teuscher	Erfurt
15. Oktober	Workshop Integration großer Windparks in das Hoch- und Höchstspannungsnetz	Schufft & Mitarbeiter	Chemnitz
21./23. Oktober	Electrical Power and Energy Conference: Sustainable/Renewable Energy Systems and Technologies	Malekian	Montreal
26. - 28. Oktober	ETG-Kongress 2009- Energietechnik Schlüsseltechnologien aus Europa	Schufft, Hetzel, Teuscher	Düsseldorf
24./25. November	ETG-Workshop Elektromobilität der Zukunft	Götz	Berlin
03. Dezember	Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien (IRES 2009)	Coban, Bocklisch	Berlin

## Exkursionen

### Hochspannungslabor der TU Dresden und Trafowerk Dresden 06. Februar 2009



Traditionell findet am letzten Freitag des Wintersemesters eine Experimentalvorlesung in der Hochspannungshalle der TU Dresden statt. Im Rahmen einer Einführung wurden die vorhandenen Hochspannungs-Prüfanlagen im Megavolt-Bereich vorgestellt und erklärt, siehe Foto. Auf eine kurze Wiederholung der theoretischen Grundlagen zur Berechnung der Einsetz- und

Durchschlagspannung folgte eine beeindruckende Vorführung entsprechender Durchschlagversuche, um die zuvor berechneten Werte zu verifizieren.

Anschließend ging es zur HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH und zur Siemens Transformatorenwerk Dresden GmbH. Herren Dr. Pietsch, Siebert und Schreiber sei herzlich für die fundierten Erläuterungen gedankt. Auch der gereichte Imbiss war sehr willkommen.



### Studentenaustausch 25. bis 29.05.2009

Vom 25. bis 29.05.2009 fand der 12. Studentenaustausch „rund ums Erzgebirge“ statt. Neben den Kernteilnehmern der Universitäten Pilsen, CZ und Kosice, SK, der TU Graz, A, der FH Amberg und der FH Zwickau nahmen Prof. Schufft, Frau Coban, Herr Teuscher und sechs Chemnitzer Studenten verschiedener Studienrichtungen daran teil. Neben Ausflügen wurden auch in diesem Jahr Fachvorträge gehalten. Von unserer Professur berichtete Frau Coban über das Energieversorgungssystem ihres Heimatlandes Kanada. Herr Sridhar, ERASMUS-Student von der TU Chemnitz, stellte in einem weiteren Vortrag die globalen Möglichkeiten der erneuerbaren Energien dar und rief zu einer aktiven Umsetzung auf.

Weiterhin führten wir an fünf Tagen Exkursionen durch, von denen einer von unserer Professur organisiert wurde. Dabei stand zunächst die Besichtigung des



Kältespeichers der Stadtwerke Chemnitz im Fokus. Anschließend zeigten die Chemnitzer



Studenten mit viel Engagement den anderen Teilnehmern unsere „Stadt der Moderne“. Am Nachmittag besichtigten wir das Pumpspeicherwerk in Markersbach, wo Herr Würzburg von Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG uns auch Details der Anlage nicht vorenthielt. An den weiteren Exkursionstagen besuchten wir im Raum Schwandorf eine Müllverbrennungsanlage sowie eine Biogasanlage (siehe Bild), welche veredeltes Biogas in das Erdgasversorgungsnetz einspeist. Weiterhin wurde in der Nähe von Prag ein Kohlekraftwerk besucht und es fand eine Wanderung durch den Gebirgskamm des Erzgebirges statt. Bei dieser Wanderung wurden uns allen die ökologischen Auswirkungen der fossilen Kraftwerke vor Augen geführt. Natürlich stand auch in diesem Jahr eine Brauereibesichtigung an. Aber dies blieb nicht das einzige kulinarische Ereignis. So fanden jeden Abend im Gasthaus „Motores“ in Pernink gesellige Abende statt, bei denen fachlich wie auch gesellschaftlich angeregt in verschiedenen Sprachen diskutiert wurde.

### **Exkursion nach Nürnberg/Erlangen 17./18.06. 2009**

Von Mittwoch, 17.06. bis Donnerstag, 18.06.2009 fand die jährliche Exkursion für die Studenten der Elektrischen Energietechnik im Raum Nürnberg/Erlangen statt. Am Mittwoch starteten wir pünktlich gegen 7.00 Uhr mit 18 Studenten des 6. und 8. Semesters nach Nürnberg. In der fränkischen Stadt wurden wir bei der Firma Semikron herzlichst empfangen. Den Einstieg bot ein Vortrag über die Firmengeschichte und dem derzeitigen Geschäft des Leistungselektronik-Herstellers.



Im Anschluss daran berichtete ein Jungingenieur über seine Erfahrungen in der Anfangszeit bei SEMIKRON. Schon hier wurde deutlich, dass trotz Wirtschaftskrise ein hoher Bedarf an Fachkräften besteht. Nach einem reichhaltigen Mittagessen in der Kantine besichtigten wir die Modulfertigung und bekamen von den jeweiligen Verantwortlichen sehr ausführliche Erläuterungen. Am Ende wurden den Studenten bei Brezel und Butter die Einstiegsmöglichkeiten schmackhaft gemacht. Danach fuhren wir mit unserem Bus zur Jugendherberge nach Erlangen. Den Abend verbrachten wir dann gesellig mit Bier und Deftigem in einem der vielen Biergärten bis zur Sperrstunde.

Der Donnerstag stand vollständig im Zeichen der Siemens AG. Am Vormittag besichtigten wir das Transformatorenwerk in Nürnberg, wo die derzeit größten Transformatoren gefertigt werden. Nach einem Vortrag wurden wir über das Werksgelände geführt. Wir erhielten dabei einen Eindruck von den Dimensionen der Transformatoren. Besonders die mächtigen Transformatoren für die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung beeindruckten. Im Anschluss

daran fuhren wir mit unseren Bus auf das große Werksgelände der Siemens AG nach Erlangen. Nach dem Mittagessen in der großen Mensa besichtigten wir das HGÜ-Testfeld. In diesem Hallen werden die kompletten Leitzentralen für eine HGÜ-Verbindung aufgebaut und eingefahren. Nach einem einleitenden Vortrag führten uns die Verantwortlichen durch ein derzeitiges Testfeld. Eine Vielzahl von Schaltschränken und Computern dominierten den Anblick. Weiterhin wurde den Studenten das Trainings-Center der Siemens AG kurz vorgestellt. Die Studenten konnten erste praktische Erfahrungen über das Arbeiten an einer Mittelspannungsschaltanlage sammeln. Nach dieser kurzen Lehrstunde traten wir schließlich die Heimreise nach Chemnitz an.

## Gäste an der Professur

14. Januar	Herr Dr. Bessei	fuseXpert, Bad Kreuznach
14. Januar	Herr Seefeld	SIEMENS, Regensburg
14. Januar	Herr Brogl	Ferraz Shawmut, Eggolsheim
14. Januar	Herr Protz	EKL Schaltelektronik Dresden
02. März	Herr Dr. Weißenberg	Brugg Kabel, Schweiz
28. April	Herr Prof. Haim	Hochschule Zittau-Görlitz
10. Juni	Herr Dr. Geitner, Herr Rabold	ELEKTRONIKON Kondensatoren, Gera
12. Juni	Frau Fischer, Herr Fischer	Fischer & Partner, Bonn
30. Juni	Herr Prof. Mühlbacher, Herr Dr. Vlk, Herr Bugava	Westböhmisches Universität Pilsen, CZ
01. Juli	Herr Prof. Lay-Ekuakile	Universität Salento, Italien
22. Juli	Herr von Freyberg, Herr Reiningger	Konstruktion T. Eisenschmidt
28. Juli	Herr Prof. Al-Masri	Al-Bath University Homs, Syrien
02. September	Herr Dr. Stahl	VEM Sachenwerk GmbH, Dresden
29. Oktober	Herr Wunsch	RAC Service GmbH, Chemnitz

## Höhepunkte

### Workshop: Integration großer Windparks in das Hoch- und Höchstspannungsnetz

Die Installation großer Windkraftwerke in Nord- und Ostsee setzt die Kenntnis des Verhaltens von Windenergieanlagen am Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz voraus. Das Thema der Modellbildung der Netze von Windparks mit der Abbildung von Windenergieanlagen ist ein wesentlicher Bestandteil der Forschungstätigkeit an der Professur.

Verschiedene Projekte der TU Chemnitz mit Herstellern von Windkraftanlagen (BARD, ENERCON) und die Zusammenarbeit mit Errichterfirmen der Übertragungstechnik (AREVA, SIEMENS) zeugen von der Relevanz der Themenstellung. Im Rahmen des



**EET - Sachsen**  
(Elektrische Energietechnik Sachsen)

**Workshop**  
**Integration großer Windparks in das Hoch- und Höchstspannungsnetz**

Zeit: 15. Oktober 2009, 13:00 - 18:00 Uhr  
Ort: TU Chemnitz, Weinholdbau, Reichenhainer Str. 70, Neuer Senatssaal  
Moderation: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schufft

**Programm:**

Eröffnung: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schufft (10 min)

1. Off-Shore Windkraftprojekt (30 min)  
Dr.-Ing. Gerd Hentsche; AREVA Dresden  
Diskussion (20 min)
2. Systemdienstleistungsbonus und Netzanschlussbedingungen (30 min)  
Dipl.-Ing. Jörg Zillmer; KEMA-IEV  
Diskussion (20 min)
3. HVDC+ zur Anbindung von Off-Shore Windparks (30 min)  
Dr.-Ing. Günter Ebner; Siemens AG, Erlangen  
Diskussion (20 min)  
Kaffepause (30 min)
4. Modellbildung von Windkraftanlagen zur Netzintegration (30 min)  
M. Sc. Kavah Malekian; TU Chemnitz  
Diskussion (20 min)
5. Windkraftintegration - Herausforderungen an die Netzschutztechnik (30 min)  
Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner; TU Dresden  
Diskussion (20 min)

Resümee: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schufft (10 min)

Teilnahme kostenlos, Anmeldung erwünscht: [wolfgang.schufft@etit.tu-chemnitz.de](mailto:wolfgang.schufft@etit.tu-chemnitz.de)



Kolloquiums wurden wesentliche Aspekte des derzeitigen Wissenstandes der Professur sowie deren Partner (AREVA, SIEMENS, KEMA, TU Dresden) vorgestellt. Schwerpunkte der Vorträge waren die Modellbildung von Windenergieanlagen, die Auslegung von Windparks, der Systemdienstleistungsbonus sowie die Vorstellung von selbstgeführten HGÜ-Anlagen großer Leistung.

Der hohe Zuspruch von über 60 Zuhörern spiegelt die hohe Aktualität und das hohe Interesse an den vorgestellten Themen wider.

Die Veranstaltung bildet den Auftakt einer Vortrags- bzw. Kolloquiumsreihe, die sich halbjährlich mit relevanten und aktuellen Problemen der Energieerzeugung und der Energieübertragung beschäftigen soll.



**Exkursionstag am 09. Juli 2009**

Das Ziel unserer diesjährigen Exkursion war die Sächsische Schweiz in der Nähe der Landeshauptstadt Dresden.

Der Aufstieg vom Kurort Rathen zur Bastei beinhaltete den sportlichen Teil der Exkursion, bei dem die steile Bergbesteigung ohne Sauerstoffflaschen und Absicherung erfolgen musste. Die Gaststätte am Gipfelkreuz ermöglichte einen kleinen Imbiss, der vor dem gefährlichen Abstieg unbedingt notwendig war. Glücklicherweise vor Einbruch der Nacht und vor



einer drastischen Verschlechterung der Wetterlage konnte das Basislager im Kaffee „Rosengarten“ erreicht werden. Verluste waren nicht zu beklagen.

**Weihnachtsfeier am 10. Dezember 2009**

In entspannter Atmosphäre und weihnachtlichem Ambiente fand unsere Weihnachtsfeier im Gasthaus „An der Schlossmühle“ in Chemnitz statt. In diesem sehr schön eingerichteten ehemaligen Dreiseitenhof, saßen wir in gemütlicher Atmosphäre bei Glühwein, Gänsebraten und andere weihnachtliche Spezialitäten. Besonders unsere ausländischen Mitstreiter waren beeindruckt von unseren deutschen Weihnachtsbräuchen.

Neben den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Professur waren auch weitere Ehemalige gern gesehene Gäste. Der Abend war wie immer viel zu schnell vorbei und wird uns in guter Erinnerung bleiben.



## 8 Ausstattung für Praktika und Prüfungen in der Hochspannungstechnik



Abbildung: Prüfsystem zur Erzeugung von Gleich-, Wechsel-, und Stoßspannungen bis 100kV

Praktika:  
Funkenstrecken

Erzeugung und Messung hoher Gleich- und Wechselspannungen

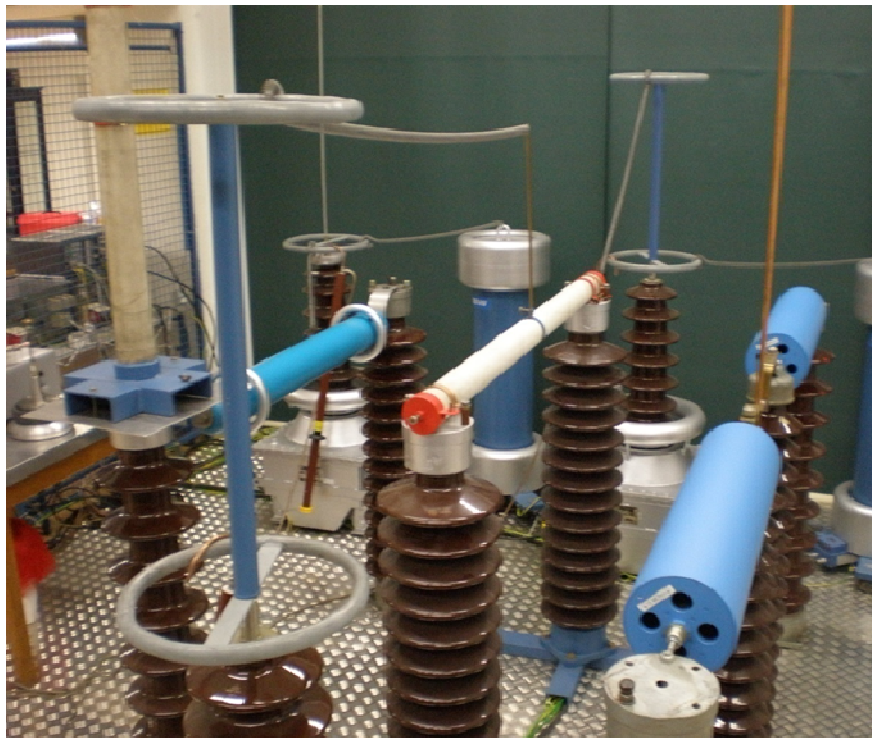


Abbildung: Prüfsystem zur Erzeugung von Wechselspannungen bis 200kV

Praktikum:  
Isolatoren



Praktikum:  
Verlustfaktormessung  
( $\tan \delta$ )

**Abbildung:** Geschirmte Messkabine zur Teilentladungs- und Verlustfaktormessung



Praktikum:  
Erzeugen von Stoßspannungen/  
Einfluss der Elemente des  
Stoßspannungsgenerators

**Abbildung:** Stoßspannungsgenerator zur Erzeugung von Blitzstoß- und Schaltstoßspannungen bis 600 kV





**Abbildung:** Wechselspannungs-Prüfsystem zur Erzeugung von Wechselspannungen bis 200 kV



**Abbildung:** Mobiles Resonanzprüfsystem zur Teilentladungs- und Verlustfaktormessung und Spannungsprüfung

## Laborausstattung

### Hochspannungsprüfung

Wechselspannung  $U_{\max} = 200 \text{ kV}$   
 Gleichspannung  $U_{\max} = 140 \text{ kV}$   
 Stoßspannung  $U_{\max} = 600 \text{ kV}$

### Trennverstärker

Lichtwellenleiter-Isolier-Messsystem HERO® LINK LWL-DC-15 MHz für Messungen auf Mittelspannungspotential

### Vor-Ort-Resonanzprüfsystem

Prüfspannung bis 36 kV, Prüfstrom bis 10 A  
 Frequenzbereich 25 - 300 Hz

### Transienten-Mess-System für Impulsspannungsmessung

TR-AS 100/12, 100 Megasample pro s, 12 bit  
 TR-AS 100/8 100 Megasample pro s, 8 bit  
 umfangreiche Auswerte- und Protokollsoftware

### 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

### Digitales Teilentladungsmess- und Diagnosesystem LDS-6

TE-Messbereich 1 -  $10^5 \text{ pC}$   
 obere Grenzfrequenz 30 MHz

### TE-Fehlstellenortung

Abtastrate bis 250 Megasample pro s  
 Ortungsgenauigkeit bis 0,1% der Kabellänge

### Kabeldiagnosesystem CDS

dreiphasige IRC-Analyse an PE- und VPE-Kabeln  
 dreiphasige RVM-Analyse an Papier-Masse-Kabeln

### transportables Hochspannungsnetzgerät 6,5 kV/ 0,02A für Kabelmantelprüfung

### Repetitionsstoßgenerator RSG 500

### Blitzspannungsprüfeinrichtung SIP 010, transportabel

Wechselspannung bis 5 kV  
 Stoßspannung 1,2/50 $\mu\text{s}$  bis 10 kV

### Spannungsmessteiler

Ohmsche Teiler bis 200 kV  
 Kapazitive Teiler bis 300 kV  
 Stoßspannungsteiler bis 600 kV (1,2/50 $\mu\text{s}$ )

### Mikrotom - Schneidgerät für Untersuchung von Wasserbäumchen (water trees) an PE-Kabeln

Transientenrecorder

8-Kanal Scope Corder DL 708 (YOKOGAWA)  
 Abtaste bis 10 Megasample pro s  
 Auflösung: 10 bit

Datenlogger DA 100 (YOKOGAWA) mit 10 Kanälen

kürzestes Messintervall: 2 s  
 Speichertiefe: nur begrenzt durch Festplatte des Logger-PC

Femtoamperemeter

Lichtmikroskop mit Rechneranschluss und Videoeinrichtung

Magnetfeldmesseinrichtung mit Rechneranschluss bis 10 kHz

Dosisleistungsmessgerät FH 40 G (Eberline Instruments)

Messgröße: Photonendosisleistung

Messbereich: 0,1  $\mu$ Sv/h - 0,99 Sv/h  
 Dosismessbereich: 100 nSv - 10 Sv

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)

Strahlungsmessgerät EMR-20 (Wandel & Goltermann) für isotrope Messung elektrischer Felder

Frequenzbereich: 100 kHz ... 3 GHz  
 Messprinzip: digitale dreiachsige Messung  
 Spezifizierter Messbereich: 1 ... 800 V/m  
 Anzeigeauflösung: 0,01 V/m

Hochstromaggregat ODEN 1000A/ 2,5V TAP 2,5 (Wandlerprüfung)

Gleichspannungsnetzgerät 40V/ 100A

## **Software**

### ATP/EMTP

Simulation dynamischer und transientscher Netzvorgänge der Energieversorgung

### EMTDC/PSCAD

Simulation dynamischer und transientscher Netzvorgänge mit leistungselektronischen Betriebsmitteln in Elektroenergiesystemen

### CSM 53

Feldberechnung von Isolieranordnungen mit Ein- und Zweistoffsystem

### Elektra 3.95.3

Stationäre Berechnung und Simulation von Lastflüssen und Kurzschlüssen in elektrischen Netzen

### FlexPro 8

Konvertierung, Bearbeitung und Analyse von Messwertdatensätzen

### Labview 8

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

### VIG 2002, VIG 2003

Virtueller Impulsgenerator zur Simulation von Stoßspannungsimpulsen im Internet unter:

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

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

## 9 Dienstleistungen

### Dielektrische Prüfungen

Wechselspannungsprüfungen bis 200 kV

Stoßspannungsprüfungen bis 600 kV

Gleichspannungsprüfungen bis 140 kV

FGH-Stufentest an Mittelspannungskabeln

Vor-Ort-Spannungsprüfungen an Mittelspannungskabeln und anderen kapazitiven Prüfobjekten mit einem mobilen Resonanzprüfsystem

### Diagnose

Verlustfaktormessung im Labor

Verlustfaktormessung Vor-Ort mit einem mobilen Resonanzprüfsystem

Teilentladungsmessungen im Labor

Verlustfaktormessung Vor-Ort mit einem mobilen Resonanzprüfsystem

Isotherme Relaxationsstrom-Analyse (IRC) an Energiekabeln

Messungen von Isolations- und Ableitwiderständen

Messungen kleiner Ströme (bis Femto-Ampere-Bereich)

### Prüfung der Stromtragfähigkeit

Widerstandsmessungen von Hauptstrombahnen

Hochstromprüfungen, Erwärmungsprüfungen

- Leiteranordnungen
- Geräte
- Schaltfelder

bis 2000 A (größere Ströme auf Anfrage)

### Spezielle Messaufgaben

Messung magnetischer Felder (5 Hz bis 30 kHz [3 dB]; MB: 100 nT, 1  $\mu$ T, 10  $\mu$ T, 100  $\mu$ T, 1 mT, 10 mT)

Messung elektrischer Felder (100 kHz bis 3 GHz; MB: 1 bis 800 V/m – 0,0027 bis 1700 W/m<sup>2</sup>)

Messung elektromagnetischer Felder

Messungen mit Isoliermessverstärkern

Berührungslose Bewegungsmessung (Laserdistanzmessung)

Mikroschnitte von PE-Kabeln zum Nachweis von Wasserbäumchen (water trees)

## **Virtueller Stoßspannungsgenerator**

zur Simulation des Einflusses der Elemente des Stoßkreises auf den Spannungsverlauf

## **Netzanalysen**

Lastfluss-, Lastgang- und Leitungsfehlerberechnung in Energieübertragungs- und Verteilnetzen

Netzverlustanalysen

Versorgungszuverlässigkeit

Netzoptimierung

## 10 Referenzen

Vor-Ort-Kabeldiagnose (TE-Messung, TE-Ortung, Spannungsprüfung, Verlustfaktormessung)

Stadtwerke Chemnitz AG,  
Stadtwerke Leipzig GmbH,  
ENSO,  
enviaM

Netzanalyse, Versorgungszuverlässigkeit

Stadtwerke Chemnitz AG,  
TOTAL Raffinerie Mitteleuropa GmbH

Betriebsmitteldatenbank

TOTAL Raffinerie Mitteleuropa GmbH

Netzverluste

Stadtwerke Chemnitz AG

Lastprognose

Stadtwerke Chemnitz AG

Erstellung von Lastprofilen Strom/ Gas

Stadtwerke Chemnitz AG

Bewertung von Investitionsstrategien in der Elektroenergieversorgung

ENSO

Isolationsprüfung, Stufentest

Kabelwerk Meißen

FGH-Stufentest an Mittelspannungskabeln

Stadtwerke Rostock

Temperaturbeständigkeit von Isolieranordnungen

Kabelwerk Meißen

Berechnung maximaler Leitungsbelastung

SAG Montagegesellschaft mbH

Kurzschlussstromprüfung Schutzwiderstand

Türk und Hillinger

TE-Messung im Labor

VEM motors Thurm GmbH  
enviro Elektromaschinenbau & Metall GmbH Eibenstock

Dimensionierung Überspannungsschutz

AREVA

Bewertung transientscher Ausgleichsvorgänge in Elektroenergiesystemen

KEMA IEV

AREVA

Spannungsprüfung

Elektrotechnische Geräte Böhlitz-Ehrenberg GmbH



Konzeption der Professur Energie- und Hochspannungstechnik

Teilgebiete	Elektrische Energietechnik			Hochspannungstechnik			
	Regenerative Energiequellen	Energie-management	Elektroenergiesysteme	Beanspruchung von Betriebsmitteln	Überspannungen u. Isolationskoordination	Geräte- und Isoliertechnik	
<b>Modularisierte - Bachelor-Master Studiengänge</b>  <b>Basismodul (Pflicht)</b>  <b>Vertiefungsmodul (Pflicht, Wahlpflicht, Wahl)</b>  <b>Ergänzungsmodul (Pflicht, Wahlpflicht, Wahl)</b>	5.	Bachelor-Studiengang Elektrotechnik					
	3.	Elektrische Energietechnik 2 1 0					
	4.						
	5.						Hochspannungstechnik 3 1 2
	6.	Elektroenergieübertragung u. -verteilung 3 1 2			Netze und Betriebsmittel 2 1 0		
		Umwelt- und Ressourcenökonomie 2 0 0					
	7.	Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme					
		Regenerat. Energietechn. I 2 1 0				Beanspruchung von Betriebsmitteln 3 1 1	
		Elektroenergiewirtschaft 1 0 0					
	8.	Regenerat. Energietechn. II 1 0 1				Statistik und Isolationskoordination 3 1 0	
	Netzberechnung 2 0 0			Schutztechnik 2 0 0			
9.	Praktikum						
10.	Masterarbeit						
<b>Forschungsschwerpunkte:</b>	Asset-Management			Zustandsbewertung von Betriebsmitteln			
	Netzanbindung leistungsstarker Windparks						
	Dezentrale Erzeuger-, Speicher- und Verbrauchersysteme						
	Ausgleichsvorgänge im Elektroenergiesystem						
<b>Vision:</b>	Kompetenzzentrum für technische Belange der Energieversorgung (mit Schwerpunkt auf dem Mittelspannungsbereich)						

