

Jahresbericht 2010

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:

Name:	Telefon:	Fax:	e-mail:
Prof. W. Schufft	+49 371 531 33343	+49 371 531 24239	wolfgang.schufft@etit.tu-chemnitz.de
Prof. D. Amft	+49 371 531 33341	+49 371 531 24239	dietrich.amft@etit.tu-chemnitz.de
Sekretariat: A. Wickleder	+49 371 531 33342	+49 371 531 24239	angelika.wickleder@etit.tu-chemnitz.de
Sekr. Nachw.-FG: K. Grünert	+49 371 531 38925	+49 371 531 800269	kerstin.gruenert@et.it.tu-chemnitz.de
M. Al-Maamoory	+49 371 531 37186	+49 371 531 800269	samir-sami-mahmood.al-maamoory@ etit.tu-chemnitz.de
D. Barsch	+49 371 531 36560	+49 371 531 800269	dietrich.barsch@etit.tu-chemnitz.de
Dr. T. Bocklisch	+49 371 531 32133	+49 371 531 800269	thilo.bocklisch@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
A. Hoshmeh	+49 371 531 37824	+49 371 531 800269	abdullah.hoshmeh@etit.tu-chemnitz.de
S. Krell	+49 371 531 38725	+49 371 531 800269	stefan.krell@et.it.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
A. M. Massunda	+49 371 531 38638	+49 371 531 800269	alvaro-mateus.massunda@et.it.tu-chemnitz.de
M. Paulitschke	+49 371 531 39395	+49 371 531 800269	martin.paulitschke@et.it.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
A. Wenzel	+49 371 531 38344	+49 371 531 800269	anne.wenzel@et.it.tu-chemnitz.de

Redaktion: Uwe Schmidt

1 Vorwort

Sehr geehrte Freunde und Partner,

am Ende des Jahres 2010 ist es nun wieder Zeit zu berichten und zu resümieren. Erfreuliche Entwicklungen als auch solche, die mich eher mit Sorge erfüllen, halten einander die Waage und lassen weder Euphorie noch Resignation aufkommen.

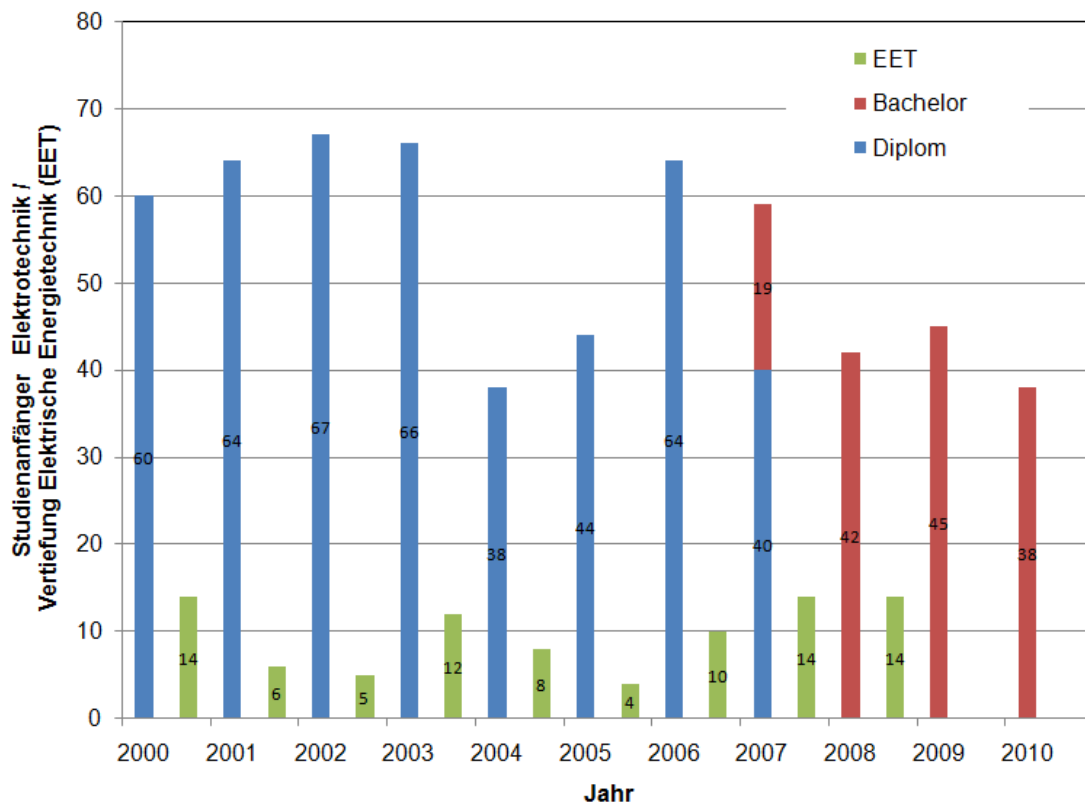


Den Bologna-Prozess in seinem Lauf halten weder Ochs noch Esel auf. So hat die Universitätsleitung im Sommer in einem Kraftakt die Einstellung der letzten Diplomstudiengänge durchgesetzt. Damit sind die TU Chemnitz und die Hochschule Mittweida die einzigen sächsischen Hochschulen mit technischem Profil, die zum Wintersemester 2010 ausschließlich in Bachelor- und Masterstudiengänge immatrikuliert haben. Das einst positiv besetzte Wort *Ingenieur* erfährt einen pejorativen Wandel und überlebt im Studienangebot der TU Chemnitz einzig und allein im Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen.

In großer Sorge um die Entwicklung unserer Universität habe ich mit zwei weiteren Professorenkollegen der Mathematik und der Wirtschaftswissenschaften Anfang Juli die Initiative „Pro Diplom“ gestartet, den entsprechenden Aufruf finden Sie am Ende des Vorwortes. Leider haben sich von den etwa 170 Professoren der Universität nur knapp 30 diesem Aufruf angeschlossen, von den 17 Professoren der eigenen Fakultät mochten gar nur drei den Aufruf unterschreiben. Es gibt an der TU Chemnitz derzeit keine demokratische Mehrheit für die Weiterführung modularisierter und damit Bologna-konformer Diplomstudiengänge.

Der akademische Grad Diplom-Ingenieur, den Wilhelm II im Jahre 1900 zur Aufwertung und Gleichstellung der Ingenieure gegen den Widerstand von Natur- und Geisteswissenschaftlern eingeführt hat, ist an der TU Chemnitz vorerst Geschichte - ohne Not abgeschnitten wie ein alter Zopf. Vor einigen Monaten hat nun auch noch die Hochschule Mittweida die Wiedereinführung von Diplomstudiengängen angekündigt. Damit wird die Fahrt der TU Chemnitz, deren Leitung sich auf der Überholspur nach Bologna wähnt, endgültig zu einer Geisterfahrt.

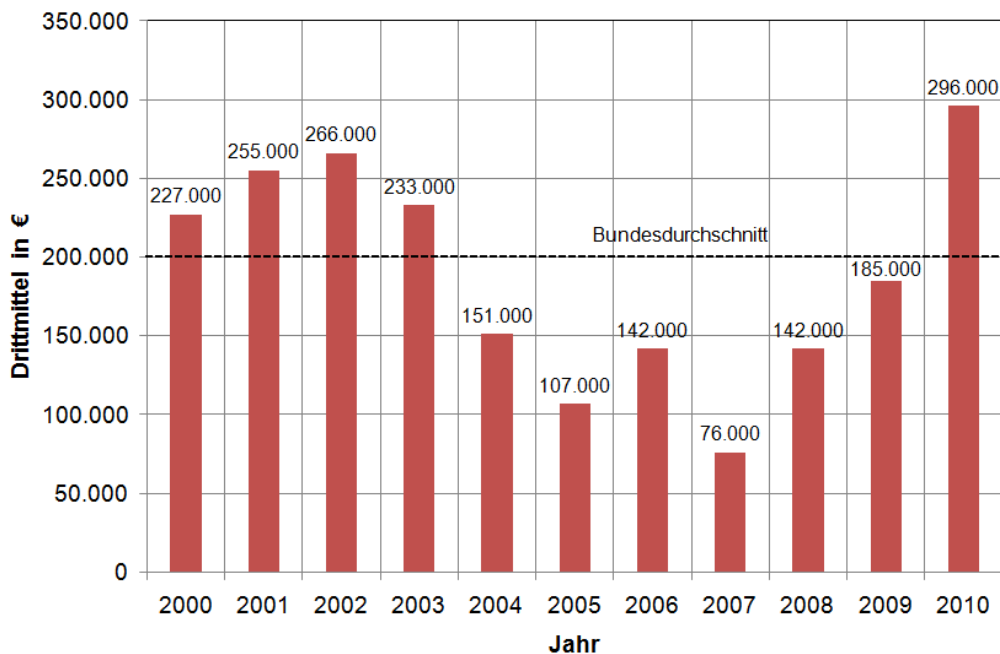
In der Entwicklung der Studienanfängerzahlen im Kernstudiengang Elektrotechnik zeichnet sich nunmehr deutlich der Nachwende-Geburtenknick ab, siehe Grafik. Das Absinken der Studienanfängerzahlen wird durch die Einstellung des Diplomstudienganges Elektrotechnik verstärkt, denn unsere Mitbewerber können nahezu konstante Anfängerzahlen vorweisen. Erfreulich ist dabei hingegen, dass sich ein größerer Anteil der Studenten im Studiengang Elektrotechnik für eine Vertiefung der Elektrischen Energietechnik entscheidet. Die Herausforderungen der Energieversorgung der Zukunft sind also bei den jungen Menschen angekommen.



Zur Erklärung: Von den 42 Studienanfängern im Bachelorstudiengang Elektrotechnik im Jahr 2008 haben sich 14 im Jahr 2010, d.h. im 5. Semester, für die Vertiefung der Elektrischen Energietechnik entschieden.

Im April ist es uns gelungen, eine fakultätsübergreifende Nachwuchsforschergruppe „Intelligente dezentrale Energiespeichersysteme“ (IDE) zu etablieren, die aus dem Programm „Hochschule und Forschung“ des Europäischen Sozialfonds und des Freistaates Sachsen über einen Zeitraum von drei Jahren mit einer Fördersumme von 1,8 Millionen € finanziert wird. Der Großteil der konzeptionellen Arbeit, wie auch der Antragstellung wurde von Dr. Thilo Bocklisch und Jens Teuscher von unserer Professur geleistet. Mit diesen Mitteln können im Wesentlichen neun Nachwuchswissenschaftler über einen Zeitraum von drei Jahren finanziert werden. Dabei besteht die Erwartung, dass sich weitere, mit dem Thema Energiespeicherung befasste Wissenschaftler, mit dieser Nachwuchsforschergruppe assoziieren werden. Neben unserer Professur sind die Professuren Systemtheorie (Prof. Steffen Bocklisch), Mess- und Sensortechnik (Prof. Olfa Kanoun), Leistungselektronik und elektromagnetische Verträglichkeit (Prof. Josef Lutz), Technische Thermodynamik (Prof. Bernd Platzer) und Computerphysik (Prof. Karl Heinz Hoffmann) beteiligt. Die Professur Energie- und Hochspannungstechnik ist dabei mit drei Nachwuchswissenschaftlern in der Nachwuchsforschergruppe vertreten und leistet den Großteil der konzeptionellen und organisatorischen Arbeit. Im Rahmen der Aktivitäten der Forschergruppe wurde am 28.10.2010 der Workshop „Dezentrale Energiespeichertechnologien“ mit namhaften Referenten veranstaltet, der mit ca. 100 Teilnehmern eine erfreuliche Resonanz gefunden hat.

Am 01.04.2010 konnte ich auf eine zehnjährige Tätigkeit in Chemnitz zurückblicken. Das sollte Anlass sein, auf die Entwicklung einiger „Geschäftszahlen“ zu sehen. Die nachfolgende Grafik zeigt die Entwicklung der Drittmittel über den Zeitraum von 2000 bis 2010.



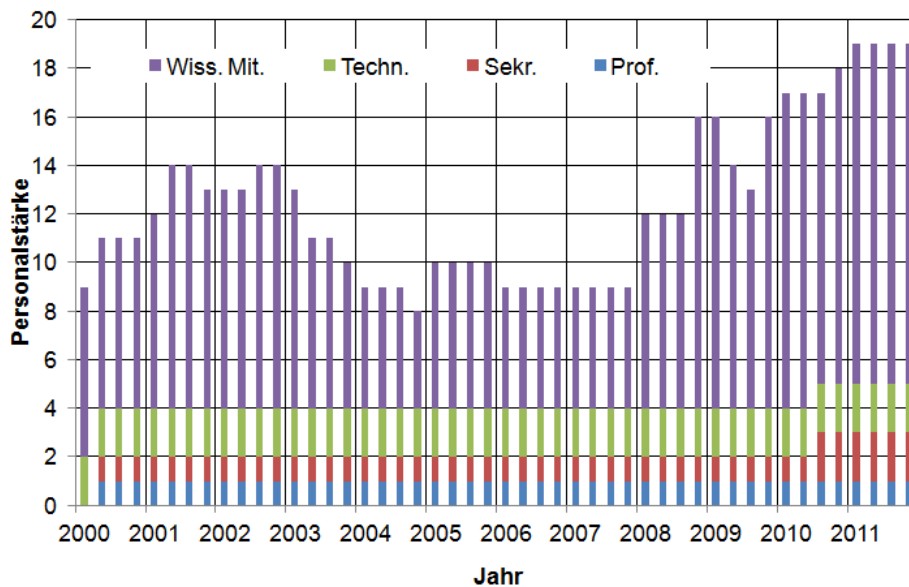
Zum Anfang der Dekade konnten wir zusammen mit meinem Vorgänger Prof. Dietrich Amft noch beträchtliche Drittmittel mit Aufgabenstellungen auf dem Gebiet der Schaltgerätetechnik einwerben. Auch bedingt durch widrige Umstände mussten wir dieses Tätigkeitsfeld mehr oder weniger aufgeben. Die Phase der Umorientierung fiel mit meiner Amtszeit als Dekan (2003 - 2006) zusammen. Seit 2008 spiegelt sich die Konzentration auf unsere aktuellen Forschungsthemen der elektrischen Energietechnik in steigenden Drittmitteleinnahmen wider. Im Jahr 2010 konnten wir mit etwa 300.000 € gar ein Rekordergebnis erzielen. Ich danke allen Mitarbeitern, die zu diesem guten Ergebnis beigetragen haben, insbesondere auch Frau Wickleder, die die entsprechende Papierarbeit leisten musste.

Die Drittmittel summieren sich in den elf Berichtsjahren auf etwas über 2 Millionen €. Das sind im Durchschnitt knapp 200.000 € pro Jahr, womit wir annähernd den Bundesdurchschnitt für Ingenieurprofessuren erreichen. Wenn man bedenkt, dass es in Chemnitz keine ausstattungstechnische Alleinstellungsmerkmale, dabei aber eher gewisse Standortnachteile gibt, so ist dieses Ergebnis doch einigermaßen zufriedenstellend.

Die Drittmittel stammen zu etwa zwei Dritteln aus der privaten Wirtschaft und zu einem Drittel aus staatlicher Förderung (*DFG, AiF, SAB/ESF*). Der Großteil der Drittmittel aus der privaten Wirtschaft kommt von namhaften Großunternehmen (*Siemens, Moeller, AREVA*), für die wir anspruchsvolle technische Aufgabenstellungen bearbeiten durften. Leider ist es uns noch nicht ausreichend gelungen, die regionalen Unternehmen, die bislang nur zu einem geringen Teil unseres Drittmitteleinkommens beitragen, von unserer Problemlösungskompetenz zu überzeugen. Ausnahmen bilden die Stadtwerke Chemnitz (jetzt *eins energie in sachsen GmbH & Co. KG / Netzgesellschaft mbH Chemnitz*) und die *ENSO Netz GmbH*, Dresden, bei denen wir uns für eine langjährige, kontinuierliche und kollegiale Zusammenarbeit bedanken.

Mit den eingeworbenen Drittmitteln konnten wir über die Jahre im Durchschnitt etwa vier Drittmittelstellen finanzieren. Die Personalentwicklung der Professur ist in der folgenden Grafik abgebildet. Seit etwa drei Jahren verstärken ausländische Stipendi-

aten die Reihen unserer wissenschaftlichen Mitarbeiter. Auch unsere Personalstärke erreicht zum Ende des Jahres 2010 ein Maximum



Im Berichtszeitraum 2000 bis 2010 konnten wir fast 100 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Tagungsbänden platzieren. Unser Schwachpunkt ist eine Promotionsrate von derzeit etwa 0,6 Promotionen pro Jahr.

Im Jahre 2010 begrüßten wir mit Herrn Alvaro Mateus Massunda aus Mosambik einen weiteren ausländischen Promovenden an der Professur. Zudem stärkt Herr Stefan Krell seit März unsere Reihen. Frau Kerstin Grünert kümmert sich seit Juni um die Verwaltung der Fördermittel der Nachwuchsforschergruppe „Intelligente dezentrale Energiespeichersysteme“. Als weiteren Lehrbeauftragten konnten wir Herrn Prof. Rainer Haller gewinnen, der an der Westböhmischen Universität Pilsen tätig ist. Mit Frau Julia Süptitz gelang es wieder, eine unserer Studentinnen erfolgreich zu einem der mit monatlich 500,- € dotierten RWE-Stipendien zu führen.

Wir freuen uns auf das kommende Jahr 2011 und auf eine weitere, gute Zusammenarbeit. Dazu wünschen wir auch Ihnen viel Glück, Erfolg und persönliches Wohlergehen.

Chemnitz, Dezember 2010

Ihr

Initiative „Pro-Diplom“

1. Der universitäre Diplomabschluss ist ein weltweit anerkanntes deutsches Markenzeichen.
2. „Das entscheidende des Bologna-Prozesses ist nicht die Umstellung auf Bachelor- und Masterstudiengänge, sondern die Modularisierung der Studieninhalte.“ (Zitat Staatsministerin v. Schorlemmer vom 11.12.09)
3. „So sollten die Hochschulen auch ihre Fakultäten frei entscheiden lassen, welches Studienangebot und welche Studienabschlussbezeichnungen diese anbieten wollen“ (Zitat Staatsministerin v. Schorlemmer in einem Brief an die Rektoren vom 01.12.09)
4. Diplomstudiengänge sind neben dem Verzicht auf Studiengebühren ein potenzielles Alleinstellungsmerkmal sächsischer Hochschulen im härter werdenden Wettbewerb um zukünftige Studenten.
5. Fast alle unsere Mitbewerber in der sächsischen Hochschullandschaft haben nach wie vor Diplomstudiengänge im Angebot, einige sogar ausschließlich.
6. Die forcierte Abschaffung der Diplomstudiengänge an der TU Chemnitz wird sich unter dem Vorzeichen dramatisch sinkender Studienanfängerzahlen wohl demnächst als Handicap erweisen.
- 7. Die Einführung modularisierter Diplomstudiengänge an der TU Chemnitz ist zwingend im Kampf um den Klassenerhalt unserer Universität.**
8. Diese Diplomstudiengänge neuer Art sind nicht die Gegenreformation zum Bologna-Prozess, sondern dessen konsequente Fortführung unter dem Dach einer weitsichtigen sächsischen Hochschulpolitik.

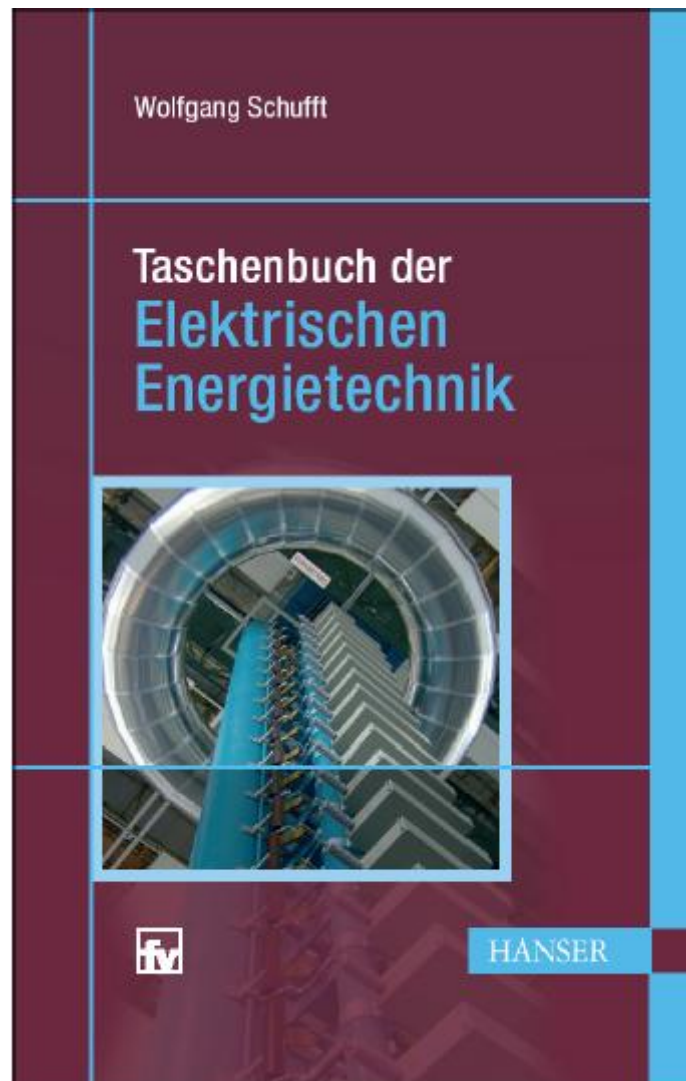
Wenn Sie diese Kernaussagen unterschreiben können, so schließen Sie sich der Initiative Pro-Diplom an.

Chemnitz, d. 06.07.2010

Prof. Dr. Dieter Happel

Prof. Dr. Joachim Käschel

Prof. Dr. Wolfgang Schufft



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
2	Personelle Besetzung	10
3	Lehre	12
	Abfolge der aktuellen Lehrfächer im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik und im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme.....	12
	Beschreibung der Lehrfächer.....	12
4	Forschungsschwerpunkte	16
	Failure Risk Calculation of Lightning Over-Voltages using EMTP and MATLAB ...	18
	Detaillierte Modellierung von Windenergieanlagen mit doppelt gespeistem Asynchrongenerator.....	22
	Transients by switching off filter banks at high-voltage grid	24
	Bewertung von Investitionsalternativen in Mittelspannungs-Kabelnetzen.....	27
	Strom- und Spannungsmessung am Anschlusspunkt eines Windparks	30
	Intelligente dezentrale Energieversorgungseinheiten mit Kurzzeit-Batterie- und Langzeit-Wasserstoff-Speicherpfad.....	33
	Belastbarkeit von Niederspannungsnetzen hinsichtlich zukünftiger Verbraucher- und Einspeiserstrukturen	35
	Integration einer hohen Anzahl von Elektrofahrzeugen im Niederspannungsnetz.	38
	VIG2011beta - Aktuelle Version des Virtuellen Impulsgerators (VIG) in der Testphase	40
5	Dissertationen, studentische Arbeiten	41
	Dissertationen	41
	Diplomarbeiten/Masterarbeiten.....	42
	Aktuelle Dissertationsprojekte.....	45
6	Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	46
7	Externe Aktivitäten und Kontakte	47
	Teilnahmen an Konferenzen, Tagungen, Kolloquien.....	47
	Gäste an der Professur	48
	Höhepunkte.....	49
8	Ausstattung für Praktika und Prüfungen in der Hochspannungstechnik..	52
	Laborausstattung	55
	Software	57
9	Dienstleistungen	58
	Dielektrische Prüfungen	58
	Diagnose	58
	Prüfung der Stromtragfähigkeit	58
	Spezielle Messaufgaben	58
	Virtueller Stoßspannungsgenerator	58
	Netzanalysen	59
10	Referenzen	60

2 Personelle Besetzung



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



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



Dipl.-Ing. (FH) Dietrich Barsch



Dr.-Ing. Thilo Bocklisch



M.Sc. Selma Coban,
Stipendiatin, bis 06/10



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



Dipl.-Ing. Andreas Götz,
Industriepromovend



Dipl.-Ing. Steffen Hetzel,
bis 03/10



Kerstin Grünert,
Sokr. Nachwuchsforschergroup,
seit 07/10



M.Sc. Suleiman Hadid



Prof. Dr.-Ing. habil. Rainer Haller,
Lehrbeauftragter



B.Sc. Abdullah Hoshmeh,
Stipendiat



Dipl.-Ing. Stefan Krell,
seit 04/10



Jürgen Lippold,
Technischer Angestellter



M.Sc. Kaveh Malekian-
Boroujeni



M. Sc. Alvaro Mateus Massunda,
Stipendiat, seit 01/10



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



Dipl.-Ing. Martin Paulitschke,
seit 12/10



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



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



Dipl.-Ing. Uwe Schmidt



Tobias Schnelle,
RWE-Stipendiat 2008



Stefanie Schubert,
RWE-Stipendiatin 2009



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



Dr.-Ing. Dietmar Siegmund,
Lehrbeauftragter



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



Julia Süptitz,
RWE Stipendiatin 2010



Michael Stark,
Technischer Angestellter



Dipl.-Ing. Jens Teuscher



M. Sc. Anne Wenzel,
seit 12/10



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 I	Schufft				2 1 0		
Netze und Betriebsmittel II	Haller					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	
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 I

Vertiefungsmodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 6. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übungen

Prof. Schufft

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

Netze und Betriebsmittel II

Vertiefungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 1. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übungen

Prof. Schufft, Prof. Haller

Inhalt: Aufbau des Elektroenergienetzes, Spannungsebenen und Netzformen, 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

Beanspruchung von Betriebsmitteln

Vertiefungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 1. 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, 1. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übungen

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, 2. Semester

Umfang: 7 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, 2. 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, 1. 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

Schutztechnik

Ergänzungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 1. 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, 2. 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 leistungsstarker Off-Shore-Windparks 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 leistungsstarker Windparks
- Einfluss des Einsatzes leistungsstarker HVDC-Systeme auf die Netzstabilität
- Implementierung leistungsstarker HVDC-Systeme
- Entwicklung geeigneter Modelle von Windenergieanlagen zur Beschreibung des Systemverhaltens

Dezentrale Erzeuger-, Speicher- und Verbrauchersysteme

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

Asset Management

- Bewertung von Mittelspannungsnetzen 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
- Vor-Ort-Untersuchungen mit einem mobilen Diagnose- und Messsystem

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

Brennstoffzellen-Hybridsysteme:

- experimentelle Untersuchung, Modellierung und Simulation von Brennstoffzellen, Wasserstoffspeichern und Elektrolyseanlagen
- optimale Auslegung von Energieversorgungssystemen mit Wasserstoff-Speicherpfad
- Verfahren zur optimalen Regelung und Energiemanagement von Energieversorgungssystemen mit Wasserstoff-Speicherpfad
- Konzepte und Verfahren für Hybridsysteme mit Batterie- und Wasserstoff-Speicherpfad zum Ausgleich dynamischer Erzeuger- und Verbraucherschwankungen im Kurz- und Langzeitbereich



Failure Risk Calculation of Lightning Over-Voltages using EMTP and MATLAB

Ali Shirvani-Boroujeni

In order to have a proper insulation-coordination, it is necessary to investigate lightning over-voltages and their damage risk for installed equipments. The destruction ability of a lightning depends on its power, crest value, and shape which have to be taken into account to improve the accuracy of investigations. EMTP is used for simulations of direct strikes against the overhead phase and earth (for back-flashovers) wires. The parameter calculations of different lightning impulses are done in MATLAB. A useful tool to link EMTP und MATLAB is designed and presented as well.

A new algorithm to simulate strike effects of all possible lightning impulses with different parameters and to estimate the strike probability of a critical lightning is presented in this work (figure 1).

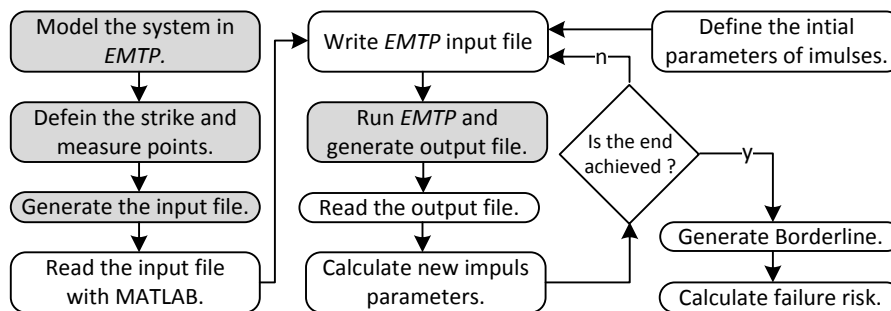


Figure 1: MATLAB-EMTP link

The goal is to specify the risky lightning impulses which will be shown in the current-steepness coordination (see Fig. 6 and 7). Based on the calculated probability, the position and type of protecting measures (e.g. earth wires and arresters) can be chosen. A 220/110 kV transformer substation is chosen as a case study. A general view of the substation model used to calculate direct strike as well as back-flashover over-voltages is shown in figure 2. An over-voltage measuring point at the transformer high-voltage terminal is demonstrated as well. The transformer BIL of the transformer primary side is assumed to be 650 kV.

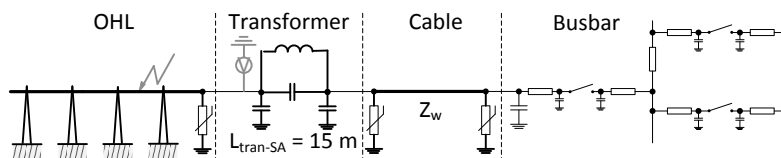


Figure 2: Transformer substation

The overhead line (OHL) wave parameters are calculated based on the geometrical data shown in figure 3. The overhead line model used in simulations is shown in figure 4. Jmarti-Model is used to represent the behavior of overhead line segments. The overhead line length is 4 km, and for each tower, a unit of back-flashover is applied between the earth wire and the phase wires. The method suggested in the CIGRE-Guide is used to estimate the velocity of the streamer after each lightning strike in time.

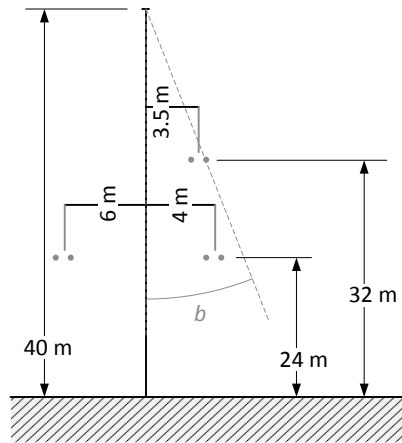


Figure 3: Tower structure outline

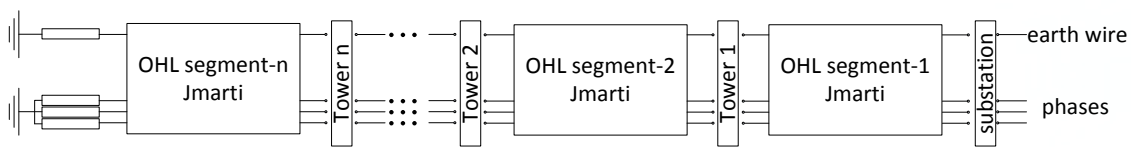


Figure 4: Overhead line model

Figure 5 shows the tower and phase voltages well as the streamer development of a 330 kV overhead line. As shown in this figure, the spark gap breakdown has been happened after approx. 6 μ s. At this moment, the streamer length has achieved the insulator length 4.5 m.

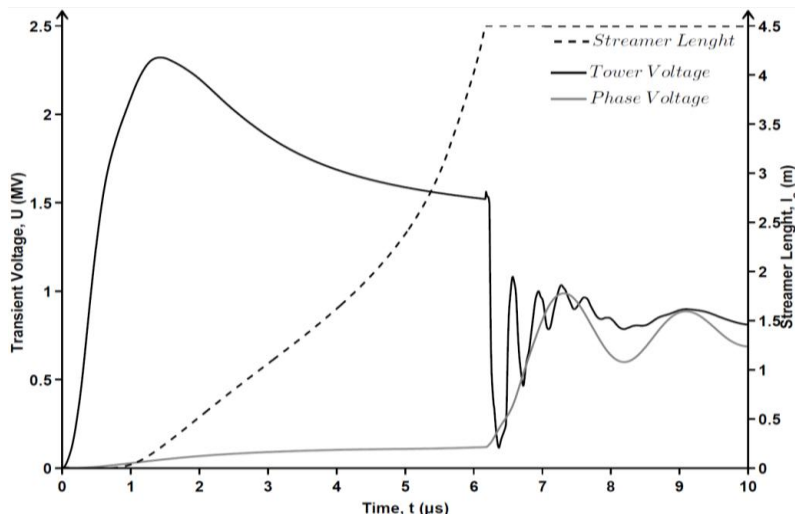


Figure 5: Back-flashover simulation results

The suggested method has been applied to the substation and the over-voltages of different strikes have been simulated. The resulted borderlines of 650kV for direct strikes against a phase wire in the distances of 0, 1, 2, and 3 km from transformer are shown in figure 6. As expected, the over-voltages after direct strikes in front of the transformer have the greater risky zone than those from the strikes which are far from the transformer. Because of damping effects of overhead lines, the over-voltages become smaller till arriving to the transformer terminals. The impulses with lower steepness than approx. 10 kA/ μ s will be damped from arrester regardless of their current crest value. For each point of impact, there is a minimum current crest value which leads to over-voltages greater than 650 kV. As it can be seen in figure 7, the minimum current crest value is approx. 6 kA for the impacts in front of the transformer and 7 kA for those in 3 km away in overhead line. These two facts make the probability calculation possible without the necessity of the calculation of over-voltages below these margins.

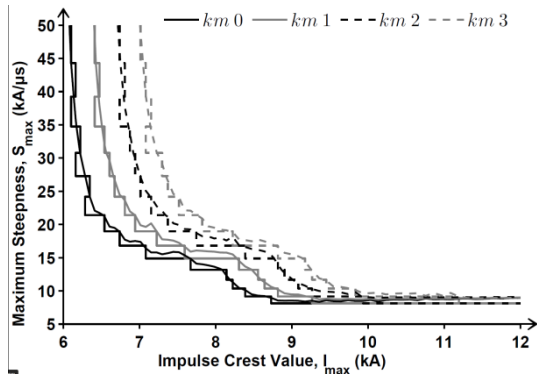


Figure 6: Simulation results, flashovers

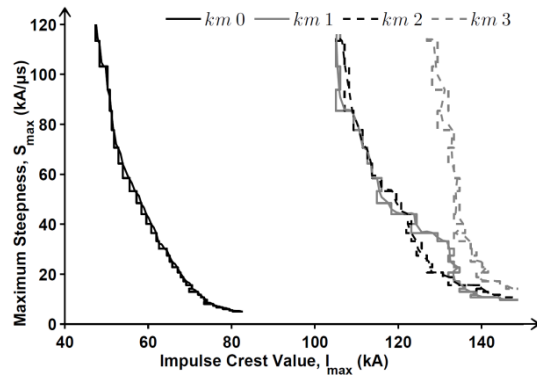


Figure 7: Simulation results, back-flashovers

In the actual study, the corona effects are not taken into account because they are not the main purpose of this study. They can be considered with the steepness damping effects per unit length.

Figure 5 shows the simulation results of back-flashovers after lightning strikes at the same distances of overhead line. In comparison with the direct flashovers, back-flashovers have a smaller risky zone. The lower margin of current crest value is here about 45 kA (very greater than 6 kA for direct impact to the phase wires).

Figure 9 and figure 10 show the risky zone of flashover and back-flash over as well as the relative width of strike attractive area (see figure 8). Considering that the lightning impulses greater than 19 kA will be absorbed by the overhead line earth wire (calculated from the tower structure shown in figure 3).

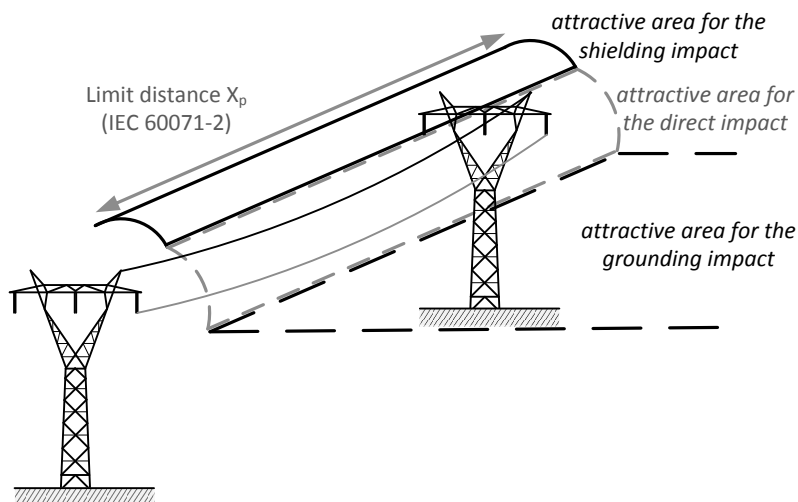


Figure 8: Attractive area for direct and shielding strikes

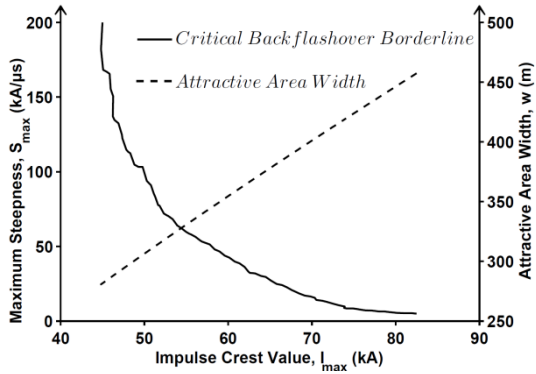


Figure 9: Risky zones and attractive areas, Back-flashovers

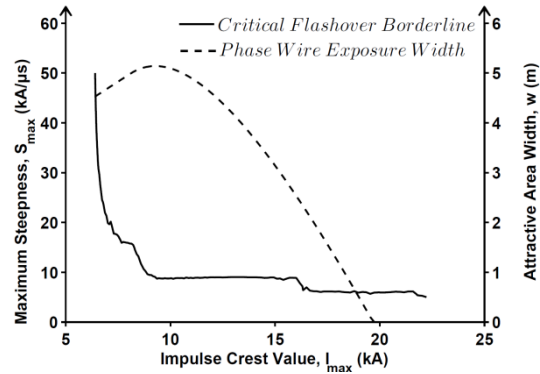


Figure 10: Risky zones and attractive areas, Flashovers

Based on the calculated failure risks, the position and type of protecting measures (e.g. earth wires and arresters) can be determined. Usually, the value of one failure per three hundred years can be accepted. If the calculated failure risk is not below the acceptable margin, the protection system must be improved.

As a conclusion, a MATLAB-EMTP tool has been used for a series of network simulations and calculations of over-voltages in power systems after lightning strikes in this work. The lightning properties have been changed in each simulation in order to define the critical lightning properties. Based on the probabilistic data of lightning parameters, the occurrence probability of the critical lightning strikes has been calculated. The protection system, which was designed only upon standard over-voltage shapes, can be finally tested against a variety of lightning shapes.

Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

SHIRVANI, A., MALEKIAN, K., SCHMIDT, U., SCHUFFT, W.; A New Power Transformer Model over Wide Frequency Rang for EMTP; UPEC 2010, Cardiff, Wales, UK.;

SHIRVANI A., MALEKIAN K., SCHMIDT U., SCHUFFT W.; Failure Risk Calculation of Lightning Over-Voltages using EMTP and MATLAB; EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference



Detaillierte Modellierung von Windenergieanlagen mit doppelt gespeistem Asynchrongenerator

Kaveh Malekian-Boroujeni

Unter Berücksichtigung der zunehmenden Windenergieeinspeisung ist die Untersuchung des transienten Verhaltens der Windenergieanlagen (nachfolgend WEA) notwendig, um die Stabilität im Netz zu wahren. Zu den wichtigsten transienten Netzszenarien gehört der Spannungseinbruch (Fault Ride Through). In diesem Fall sind die Anforderungen des Transmissioncodes und ggf. der SDLWindV-Richtlinie zu erfüllen.

Bei Fehlern im Netz, die außerhalb des Schutzbereichs der WEA liegen, darf keine Trennung vom Netz erfolgen. Während der Fehlerdauer ist ein Blindstrom in das Netz einzuspeisen. Aufgrund der eingesetzten Anlagentechnik kann diese Anforderung nicht immer erfüllt werden. Als ein problematischer Fall wird die Anwendung der Crow-bar bei doppelt gespeisten Asynchrongeneratoren (Abbildung 1) in vorliegender Arbeit untersucht.

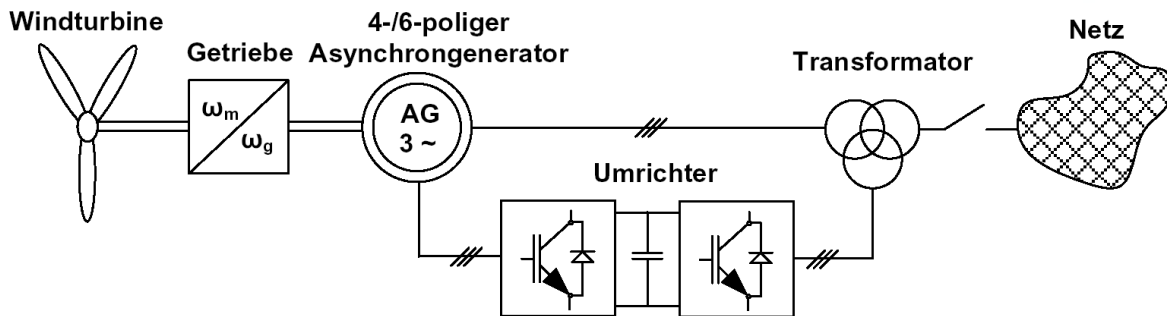


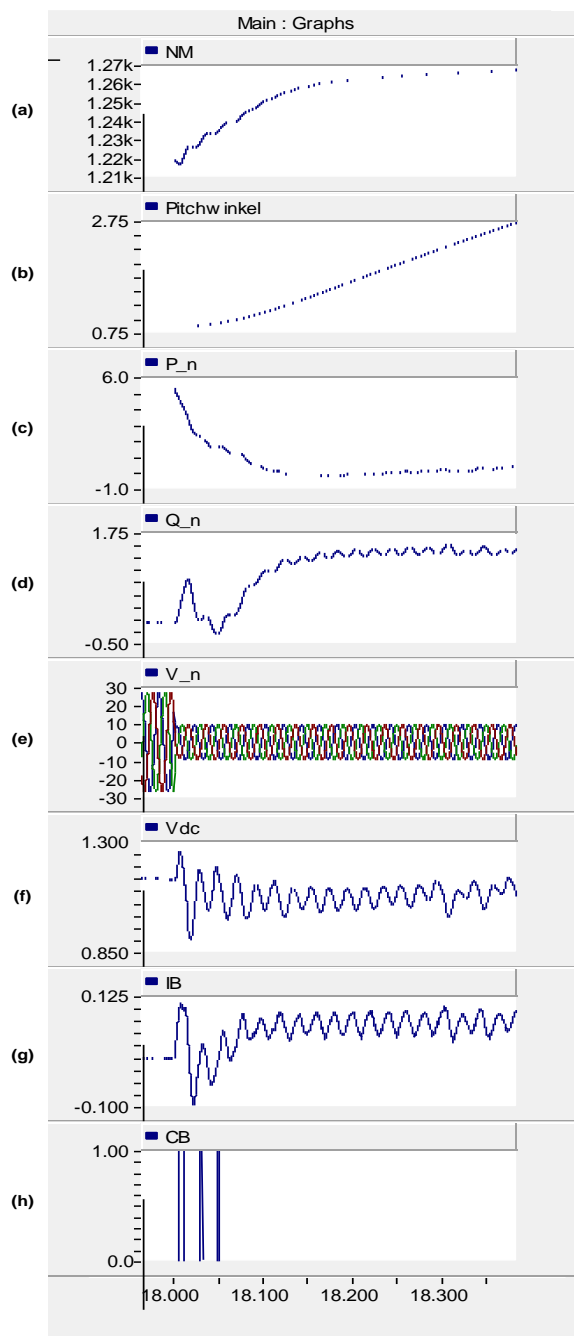
Abbildung 1: Windenergieanlage mit doppelt gespeistem Asynchrongenerator

Bei Netzkurzschlüssen tritt in den Leitern der Rotorwicklung starke Stromveränderung auf, die zur Überspannung im Zwischenbereich führt. Überschreitet die Zwischenkreisspannung eine bestimmte Grenze, muss die Crow-bar gezündet und dabei der generatorseitige Umrichter blockiert werden. Dadurch fängt die Spannung im Zwischenkreis an, zu sinken. Sobald die Zwischenkreisspannung wieder ihren Nennwert erreicht, soll die Crow-bar ausgeschaltet werden. Sollte die Spannung wieder steigen und die Obergrenze überschreiten, wird der ganze Vorgang wiederholt. In manchen Fällen wird die Zwischenkreisspannung nach mehrmaliger Zündung der Crow-bar stabilisiert. Aber es gibt auch einige Fälle, bei denen die Zündung der Crow-bar bis Ende des Kurzschlusses wiederholt wird, da die Stabilisierung der Zwischenkreisspannung durch Regelungseinschränkungen nicht möglich ist.

Abbildung 2 zeigt die zeitlichen Verläufe elektrischer und mechanischer Größen der WEA während eines Spannungseinbruchs. Hier ist der wichtigste Punkt, dass der Asynchrongenerator bei der Betätigung der Crow-bar nicht mehr geregelt werden kann, weil der generatorseitige Umrichter blockiert ist und der Rotor durch die Crow-bar Widerstände kurzgeschlossen ist. Da hier keine Regelungsmöglichkeit vorhanden ist, ist die Blindstromeinspeisung bei gezündeter Crow-bar nicht möglich.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Bei Netzspannungseinbrüchen gibt es kein stabiles Verhalten und die Crow-bar Zündung hindert die Einspeisung des geforderten Blindstroms zur Spannungsstützung.

Abbildung 2: Simulationsergebnisse:
 die Abszisse: Zeit, s; (a) Drehzahl, rpm;
 (b) Pitchwinkel, Grad;
 (c) Wirkleistung, MW;
 (d) Blindleistung, Mvar;
 (e) Spannung an Netzanschluss, kV;
 (f) Spannung im Zwischenkreis, kV;
 (g) Blindstrom, kA; und (h) Crow-bar Signal



Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

MALEKIAN, K., MAJIDI, MONFARED; Modified direct torque control for saturated interior permanent synchronous motors; COMPEL, Journal Paper, Nottingham, UK

SCHMIDT, U., MALEKIAN, K., SCHUFFT, W.; Transients by switching offilter banks at high-voltage grid; EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference

SHIRVANI, A., MALEKIAN, K., SCHMIDT, U., SCHUFFT, W.; A New Power Transformer Model over Wide Frequency Rang for EMTP; UPEC 2010, Cardiff, Wales, UK.;

SHIRVANI A., MALEKIAN K., SCHMIDT U., SCHUFFT W.; Failure Risk Calculation of Lightning Over-Voltages using EMTP and MATLAB; EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference



Transients by switching off filter banks at high-voltage grid

Uwe Schmidt

The insulation co-ordination studies are fundamental studies for the design of power systems. Overvoltage calculations are required as input data for insulation co-ordination. In industrial networks in the megawatt power range, it is necessary to connect at high-voltage (HV) level. Therefore, considerable power and voltage oscillations as well as harmonics should be directly compensated at the same voltage level. A typical case would be steel industry. figure 1 shows the simplified layout of a steelwork network with its filter equipments at the 110-kV-busbar.

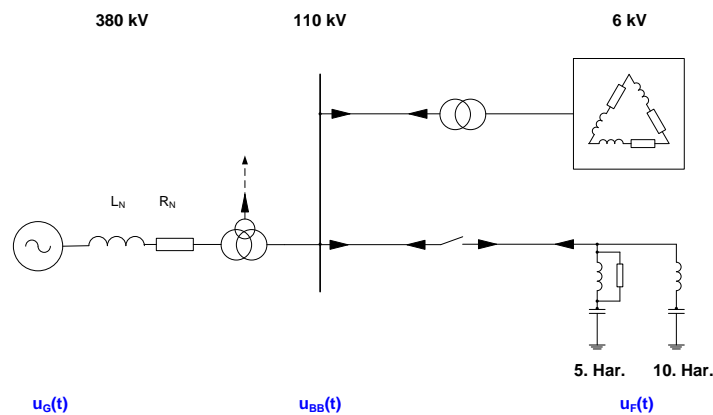


Figure 1: Simplified layout of a steelwork network with its filter equipments at high-voltage busbar.

Energizing filters can lead to an inrush current, which is considerably higher than rated current of the filter equipments. Figure 2 shows the 110 kV equivalent circuit used to analyze transient current and voltage during energizing filters in the case study which shown in figure 1.

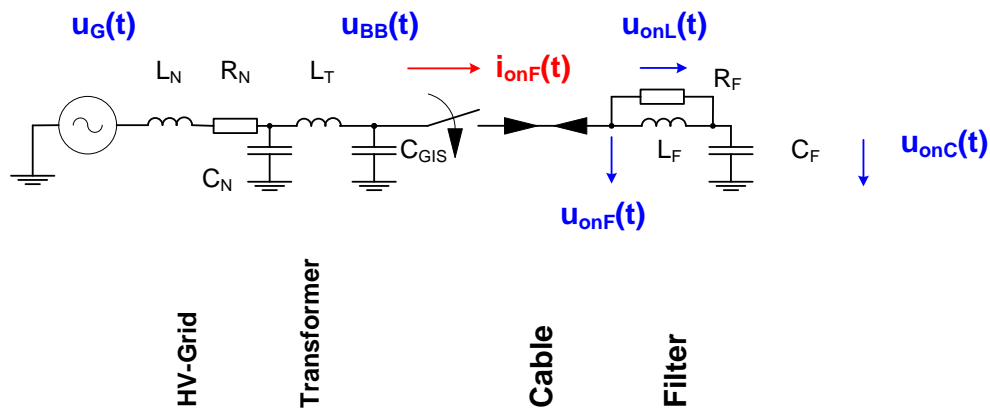


Figure 2: Equivalent circuit used to analyze energizing filters

The current transients due to traveling waves are depicted in figure 3.

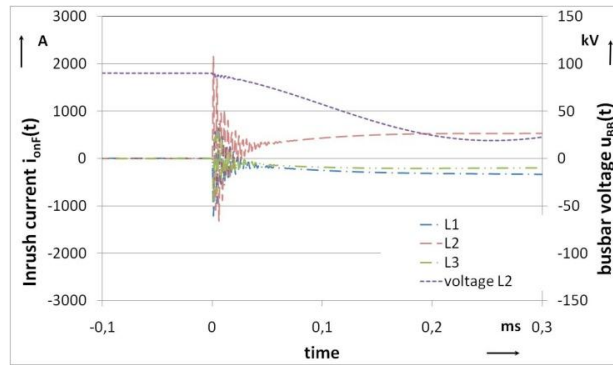


Figure 3: Current transient $i_{onF}(t)$ during energizing the filter bank

Simultaneously to traveling wave transients (the first phenomenon), the filter capacitor is charging (the second phenomenon). The amount of the second part of inrush current $\hat{i}_{onF(I)}$ (referred by index I) depends significantly on the parameters of the high-voltage grid as well as the configuration of filter circuit (filter eigenfrequency ω_e). Without having damping resistance R_F , $\hat{i}_{onF(I)}$ can achieve its maximum possible value by connecting the filter bank at moment of the busbar voltage amplitude \hat{u}_{BB} .

Beside the current transients, the corresponding voltage transients occur. As the current transients, the voltage transients show two phenomena: the traveling waves (referred again by index W) and eigenfrequency transients. The over-voltage due to traveling waves can achieve the double value of the phase-to-ground busbar voltage amplitude \hat{u}_{BB} in the worst case. In figure 4, the filter transient voltage $u_{onF}(t)$ after energizing the filter bank is shown.

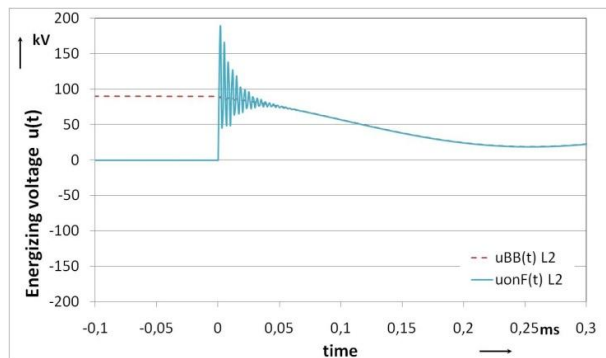


Figure 4: Voltage transient $u_{onF}(t)$ after connecting the filter bank (with R_F)

At the normal energizing operation, the filter capacitor C_F is not charged. Therefore, the complete voltage $u_{onF(W)}(t)$ appears across the filter inductor L_F after connecting the filter bank. De-energizing the filter bank can lead to high stress above all for the circuit breaker, which is comparable with switching of large capacitors. The equivalent circuit used by simulations to analyze de-energizing the filter bank is shown in figure 5.

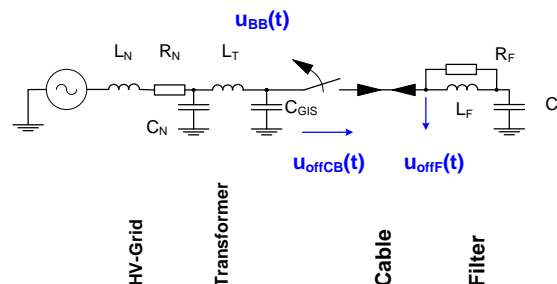


Figure 5: Equivalent circuit to analyze de-energizing the filter bank

By grounded filter bank, the voltage across circuit breaker contacts achieves in 10 ms after current zero crossing its maximum value. Figure 6 depicts the simulation results by de-energizing of the grounded filter bank.

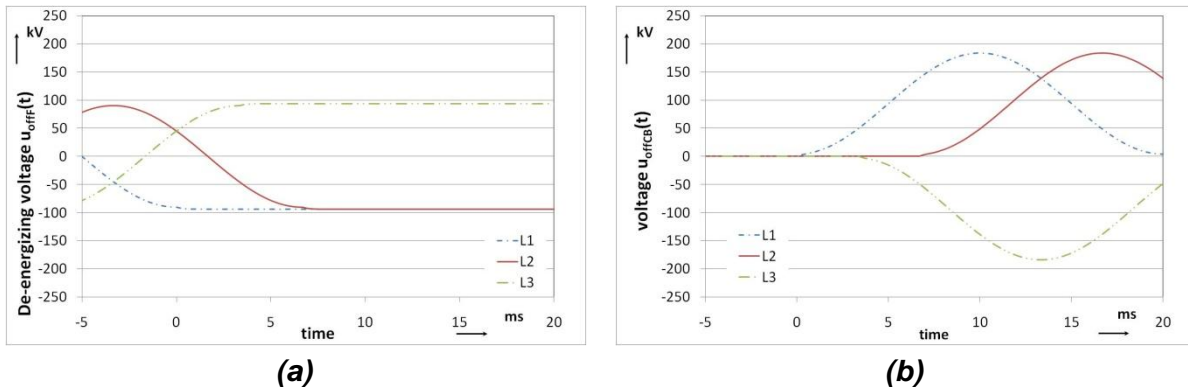


Figure 6: Voltages after disconnecting the grounded filter bank: (a) filter voltage $u_{off}(t)$ and (b) Voltage across circuit breaker contacts $u_{offCB}(t)$

In the case of ungrounded filter bank, which is not usual for the high-voltage networks, the voltage across circuit breaker contacts can achieve in 10 ms after switching its maximum. In the case of restriking near to the busbar voltage amplitude, it is possible to appear a high steep over-voltage. The resulted wave transients with amount of 2 p.u. lead to an over-voltage for the filter inductor L_F with a maximum value of 4 p.u. The high frequency transient may overlap each other. Through an equivalent model for the filter bank, the over-voltage for each switching operation has been calculated. The derived over-voltages can be used as input information by choosing electrical equipment as well as over-voltage protection devices.

The simulated values are considerably greater than analytically calculated ones. It can be a result of overlapping different transients which are related to GIS as well as the cables connected to it. The maximum value of over-voltage can happen by the filter inductor L_F and damping resistance R_F . By energizing the cable, some over-voltages can appear which are greater than the double value of busbar voltage amplitude \hat{u}_{BB} .

If the calculated over-voltages exceed the rated voltage of filter elements (impulse withstand level, SIL), it is necessary to take over-voltage protection measures.

A phase-to-ground over-voltage protection at the filter bank limits the filter voltage under its residual value u_{res} . But the voltage across inductor $U_{onL}(t)$ cannot be only slightly affected.

In order to protect the filter elements L_F and R_F , surge arresters should be installed across the filters elements. In this way, the inductor and also damping resistance voltage can be effectively limited.

Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

SCHMIDT, U., BARSCH, D.; Bestimmung von Restspannungsfestigkeiten an Polyethylen-Mittelspannungskabeln, ew Jg. 109 (2010), Heft 23-24, ISSN 1619-5795-D9785D

SCHMIDT, U., XU, L., SCHUFFT, W.; Ermittlung der Durchschlagspannung von PE/PVC-Materialien zur Verwendung bei Außenmänteln von Hochspannungskabeln, ew Jg. 110 (2010), Heft 25-26, ISSN 1619-5795-D9785D

SCHMIDT, U.; Grundsätze des Einsatzes von Überspannungsableitern im Hochspannungsnetz“; Fachveranstaltung: Hochspannungs-Schaltanlagen; Vortrag; Haus der Technik, Essen, 26. Oktober 2010

SCHMIDT, U., MALEKIAN, K., SCHUFFT, W.; Transients by switching of filter banks at high-voltage grid; EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference

SHIRVANI, A., MALEKIAN, K., SCHMIDT, U., SCHUFFT, W.; A New Power Transformer Model over Wide Frequency Rang for EMTP; UPEC 2010, Cardiff, Wales, UK.;

SHIRVANI A., MALEKIAN K., SCHMIDT U., SCHUFFT W.; Failure Risk Calculation of Lightning Over-Voltages using EMTP and MATLAB; EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference



Bewertung von Investitionsalternativen in Mittelspannungs-Kabelnetzen

Dietrich Barsch

In den Netzen vieler ostdeutscher Energieversorgungsunternehmen sind Polyethylen-Mittelspannungskabel (PE-Kabel) vom Typ NA2YHCaY („TGL-Kabel“) installiert, die zum Teil über 30 Jahre im Einsatz sind. Im Gegensatz zu den Problemen (water-treing) von VPE-Kabeln der ersten Generation der Alt-Bundesländer können die Ursachen der Alterung der PE-Kabel nur schwer spezifiziert werden. Neben der Alterung der PE-Aderisolierung wird eine fortschreitende Zersetzung der Bestandteile des konzentrischen Leiters und des Korrosionsschutzes der Kabel beobachtet.

Ergänzend zu dielektrischen Diagnoseverfahren, die in der Sensibilität ihrer Ergebnisse nicht immer zufriedenstellende Schlussfolgerungen zulassen, können zerstörende Prüfverfahren klare Hinweise auf den Alterungszustand und die Restspannungsfestigkeit geben.

Im Rahmen von Kabelnetz-Sanierungsmaßnahmen der Stadtwerke Rostock Netzgesellschaft mbH wurden zerstörende Prüfungen in Form des FGH-Stufentests durchgeführt.

Die Ermittlung der Restspannungsfestigkeit erfolgte an 81 Kabelproben des Typs NA2YHCaY aus 27 Kabelstrecken. Alle Prüflinge stammen aus ausgewählten städtischen 20-kV-Mittelspannungs-Kabelstrecken mit niederohmiger Sternpunktterdung (NOSPE). Der Zeitraum der Verlegung umfasst die Jahre zwischen 1975 bis 1982. Die durchschnittliche Fehlerrate des untersuchten Kabeltyps unterscheidet sich nicht wesentlich vom Mittelwert der Fehlerrate des gesamten Kabelnetzes der Stadtwerke Rostock Netzgesellschaft mbH.

Die Bestimmung des verbleibenden Isoliervermögens mit dem FGH-Stufentest ist eine geeignete Methode zur Beschreibung des Alterungszustandes von Kabeln. Bei dieser Prüfung wird eine Wechselspannung stufenweise (U_0 Stufen) bis zum Durchschlag gesteigert. Die Spannung U_0 entspricht dabei dem Leiter-Erde-Wert der Nennspannung des Kabels. In Abbildung 1 ist die Spannungssteigerung des regulären und des erweiterten FGH-Stufentestes aufgezeigt. Im Rahmen der Prüfungen wurde der erweiterte Test angewendet.

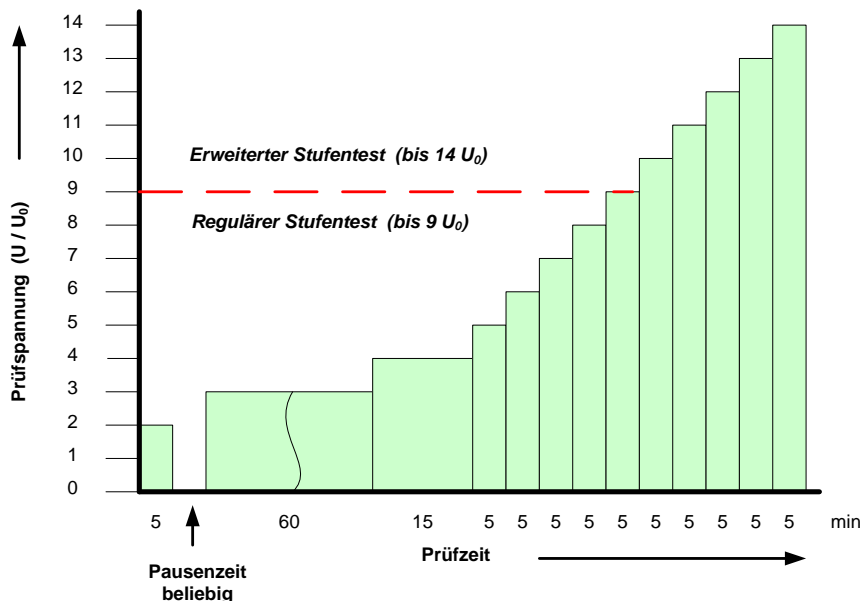


Abbildung 1: Ablauf des FGH-Stufentests

Die letzte Spannungsstufe vor dem Durchschlag (U_d ; Durchschlagspannung) charakterisiert das verbleibende Isoliervermögen bzw. die Isolier-Restspannung U_{RF} des Kabels. Für den

FGH-Stufentest werden 150-kV-Wasser-Prüfendverschlüsse (Hersteller HIGHVOLT) verwendet (Abbildung 2).



Abbildung 2: 150-kV-Prüfendverschlüsse zur Durchführung des FGH-Stufentestes

Die Prüfendverschlüsse ermöglichen Prüfspannungen von bis zu $12 \cdot U_0$ für 20-kV-Kabel und von bis zu $25 \cdot U_0$ für die Prüfung von 10-kV-Kabeln.

Die ermittelten Restspannungsfestigkeiten der Kabelproben liegen zwischen $2 \cdot U_0$ und $11 \cdot U_0$. In Abbildung sind die Ergebnisse der Spannungsprüfungen in ansteigender Reihenfolge ihrer Restspannungsfestigkeiten dargestellt. Besonders auffällig sind jeweils eine Kabelprobe der Kabelabschnitte F und N mit einer Restspannungsfestigkeit von $2 U_0$.

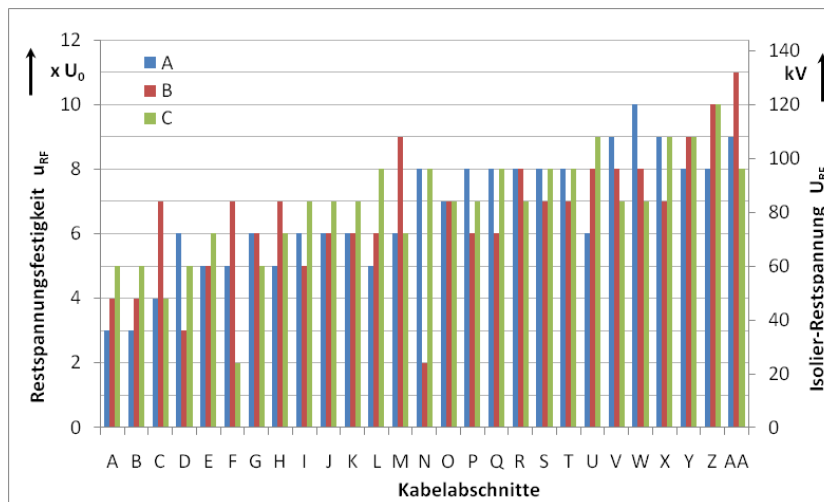


Abbildung 3: Ermittelte Restspannungsfestigkeiten der geprüften Kabelproben

Aus Abbildung lässt sich der gleichmäßige Alterungszustand des jeweiligen Kabelabschnittes erkennen.

Mit fortschreitender gleichmäßiger Alterung der Kabel und der sich daraus ergebenden Absenkung der Restspannungsfestigkeit im Kabelnetz auf Werte unter $4 U_0$ ist nur noch eine bedingte Betriebssicherheit gewährleistet. Es kommt dann zu einer erhöhten Fehlerrate. Im Extremfall ist eine Inbetriebnahme der Kabelstrecke nach einem Fehler und dessen Behebung nicht mehr möglich.

In Netzen mit Resonanz-Sternpunktterdung (RSPE) werden Kabel mit Restspannungsfestigkeiten $\leq 2 \cdot U_0$ zu Fehlern führen. Ursache ist die Spannungsanhebung über der PE-Aderisolierung auf den $\sqrt{3}$ -fachen Wert der Leiter-Erde-Betriebsspannung. Das bedeutet,

dass in Netzen mit RSPE die untersuchten Kabelstrecken A – D bereits zu einer erhöhten Fehlerrate des Kabelnetzes führen würden.

Mögliche Spannungsanhebungen im 1-poligen Fehlerfall werden in der Regel in Schnellzeit abgeschaltet. Kabel mit geringerer Restspannungsfestigkeit werden im NOSPE-Netz demzufolge später auffällig werden. Aus Abbildung wird jedoch auch deutlich, dass eine fortschreitende alterungsbedingte Absenkung der Restspannungsfestigkeit unter Werte von $2 \cdot U_0$ zu einem Anstieg der Fehlerrate führen wird.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden verschiedene Einflussfaktoren auf ihre Korrelation zur Restspannungsfestigkeit untersucht. Dazu zählten u. a. die örtliche Lage im Netz, das Verlegejahr, die Belastung und der Zustand der Kabel im Schirmbereich. Dabei wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen diesen „äußeren“ Faktoren und der Alterung festgestellt. Offensichtlich spielen die Qualität der damals verwendeten PE-Ausgangs- und Zusatzstoffe (Additive) die entscheidende Rolle.

Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

SCHMIDT, U., BARSCH, D.; Bestimmung von Restspannungsfestigkeiten an Polyethylen-Mittelspannungskabeln, ew Jg. 109 (2010), Heft 23-24, ISSN 1619-5795-D9785D



Strom- und Spannungsmessung am Anschlusspunkt eines Windparks

Kaveh Malekian, Uwe Schmidt

Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Netzanbindung leistungsstarker Off-Shore-Windparks werden Simulationsmodelle von Windenergieanlagen (nachfolgend WEA) entwickelt, die das Off-Shore-Netzverhalten am Anschlusspunkt beschreiben.

Um den bereits vorhandenen Wissensstand zu verifizieren, wurden Messungen am Windpark-Netz in Kooperation mit einem Windparkbetreiber realisiert. Grundsätzlich werden folgende Zielstellungen der durchzuführenden Messungen formuliert:

- Die Erfassung elektrischer Größen am Anschlusspunkt des Windparks bei Änderung äußerer Bedingungen
- Überprüfung der Anschlussbedingungen am 110-kV-Anschlusspunkt.

Die Messungen zur Ermittlung der Netzrückwirkungen und des Netzverhaltens am 110-kV-Verknüpfungspunkt. Die Messung der Größen Strom und Spannung wurden an den Strom- und Spannungswandlern des 110/30-kV-Transformators realisiert. Die Effektivwerte wurden über eine gleitende Mittelwertbildung eines 10-min-Fensters erfasst.

In Abbildung 1 ist der Zeitverlauf des Oberschwingungsgehaltes der Spannung, nachfolgend THDU (Total Harmonic Distortion), des Windparks vergleichend mit der Wirkleistung des Windparks dargestellt.

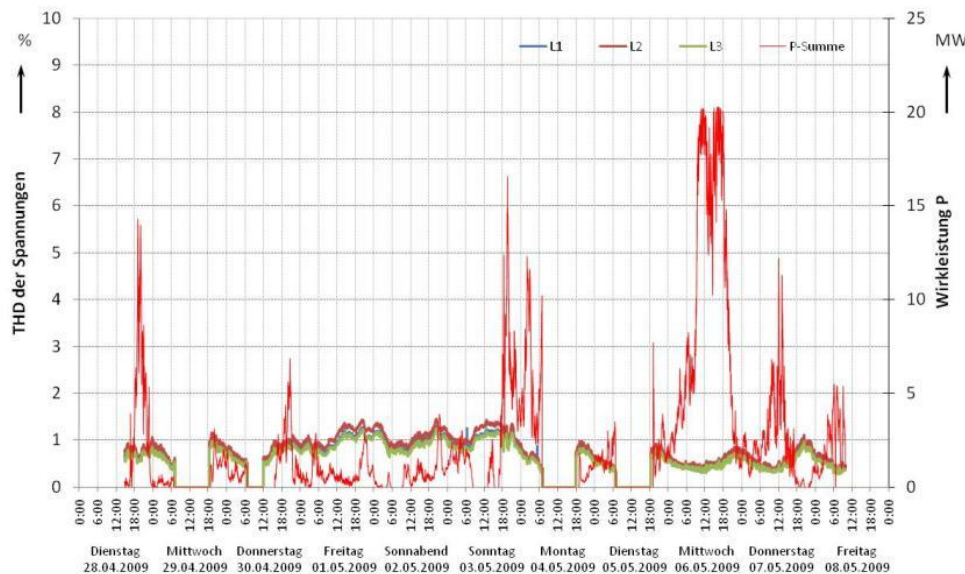


Abbildung 1: Zeitverlauf des THDU am 110-kV-Anschlusspunkt versus Wirkleistung des Windparks

Die Spannungsverzerrung am Anschlusspunkt resultiert im Wesentlichen aus der Oberschwingungs-Vorbelastung des 110-kV-Netzes. Der Größenordnung des THDU am Anschlusspunkt korreliert nicht bzw. unwesentlich mit dem Lastspiel des Windparks. Eine Zunahme der eingespeisten Wind-Leistung ins 110-kV-Netz führt jedoch zu einer Reduzierung des THDU im 110-kV-Netz.

Ausgewählte Oberschwingungspegel der Spannung am 110-kV-Netzanschluss verletzen zulässige Pegel für den Windpark. Die Pegelverletzungen sind jedoch nicht dem Netz des Windparks bzw. den Windenergieanlagen (WEA) zuzuordnen. Dieser Nachweis erfolgte über

die Bewertung der Zeitverläufe (Effektivwerte) aller gemessenen Oberschwingungspegel der Spannungen.

Die Eigenfrequenz des Windparknetzes kann zu erhöhten 30-kV-Spannungspegeln im Bereich der 22. Harmonischen führen (Parallelresonanz). Aus Sicht des 110-kV-Netzes realisiert das Windparknetzes prinzipiell eine Reihenresonanz. Diese wirkt auf die Spannungspegel der sich im 110-kV-Netz ergebenden Resonanzstelle reduzierend, auf die Strompegel verstärkend. Eine direkte Zunahme der Pegel betreffender Harmonischer zur eingespeisten Windparkleistung besteht nicht (siehe Abbildung 2).

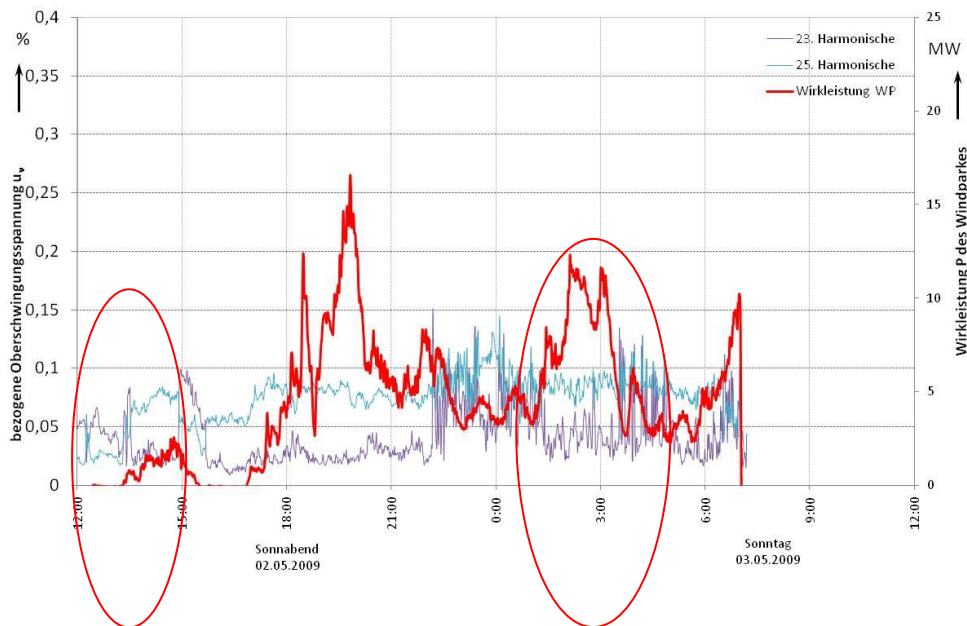


Abbildung 2: Pegel der 23. und 25. Harmonischen der Spannung für einen ausgewählten Zeitraum

Bei erhöhter Windpark-Einspeisung wirken die WEA am 110-kV-Verknüpfungspunkt auf die Pegel der charakteristischen Oberschwingungsspannungen pegelreduzierend.

Ergänzend erfolgte die Auswertung der Anteile aller Oberschwingungsspannungen bis zur 40. Harmonischen nach Vorgabe des Leitfadens für den Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen.

Im Messzeitraum wurden die 95%-Quantile der Oberschwingungsspannungen erfasst. Einzelne Oberschwingungen am Anschlusspunkt liegen oberhalb der Grenzwerte für den Windpark. In Abbildung 3 sind die Oberschwingungen mit Pegeln oberhalb der Grenzwerte nach Abbildung 3 mit ihren bezogenen Pegeln angegeben.

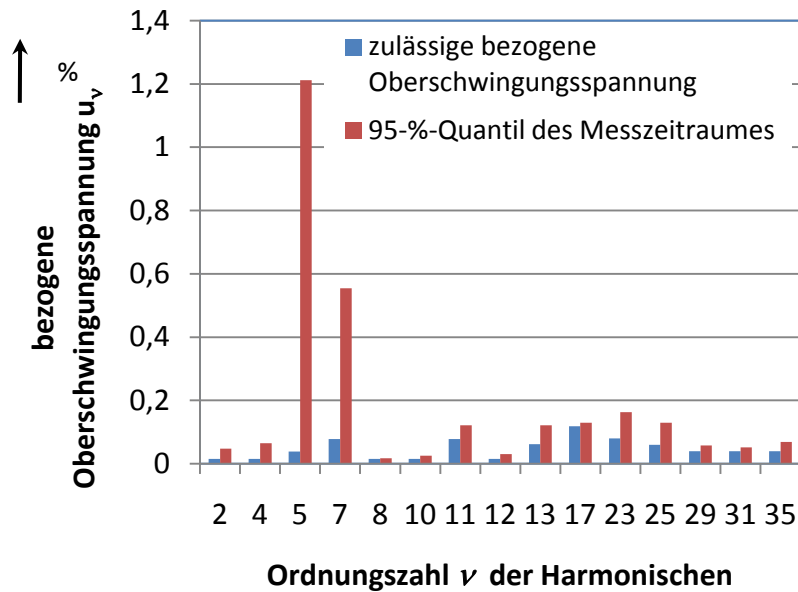


Abbildung 3: Vergleich der Oberschwingungspegel mit zulässigen Werten am Netzanschluss mit 95%-Quantilen bei Netzanschluss von Windenergieanlagen

Die Zuordnung der Pegel auf den Windpark erfolgte über die zeitliche Korrelation der Oberschwingungspegel zur eingespeisten Windparkleistung.

Der direkte Zusammenhang zwischen der Verletzung der Oberschwingungspegel sowie dem Betrieb des Windparks konnte nicht quantifiziert werden. Im Zeitverlauf der Oberschwingungsspannungen ist jedoch deutlich die reduzierende Wirkung der Windkraftanlagen bei Einspeisung zu erkennen.

Die Auswertung der Messungen dient insbesondere der Modellierung des Oberschwingungsverhaltens der Umrichter von Windenergieanlagen.



Intelligente dezentrale Energieversorgungseinheiten mit Kurzzeit-Batterie- und Langzeit-Wasserstoff-Speicherpfad

Dr. Thilo Bocklisch

Neben der Führungsrolle der Windenergie belegen aktuelle Studien ein hohes Potenzial für die dezentrale Photovoltaik in einem zukünftigen erneuerbaren Energiemix. Wichtige Vorteile sind die weiträumige Verfügbarkeit des Solarenergieangebots, die Modularität der Wandlungstechnologie und der minimale Wartungsaufwand. Dies ermöglicht flexibel ausbaubare, regional angepasste Versorgungsstrukturen in Verbrauchernähe mit minimalen Kosten für den Energietransport. Laut können in Deutschland etwa 120 GW Solarleistung allein auf ideal geeigneten Dach- und Fassadenflächen von Gebäuden geerntet werden. Ende 2010 waren in Deutschland Solaranlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 15.5 GW installiert.

Nachteil fast aller erneuerbarer Energieformen ist die eingeschränkte Steuerbarkeit und der Anteil nichtvorhersagbarer Schwankungen. Die Solarenergie zeigt besondere Unterschiede zwischen Tag und Nacht sowie Sommer- und Winterperiode und komplizierte stochastische Schwankungsanteile, welche auf die komplizierte nichtlineare Wetterdynamik und Wolkenbildungsprozesse zurückzuführen sind.

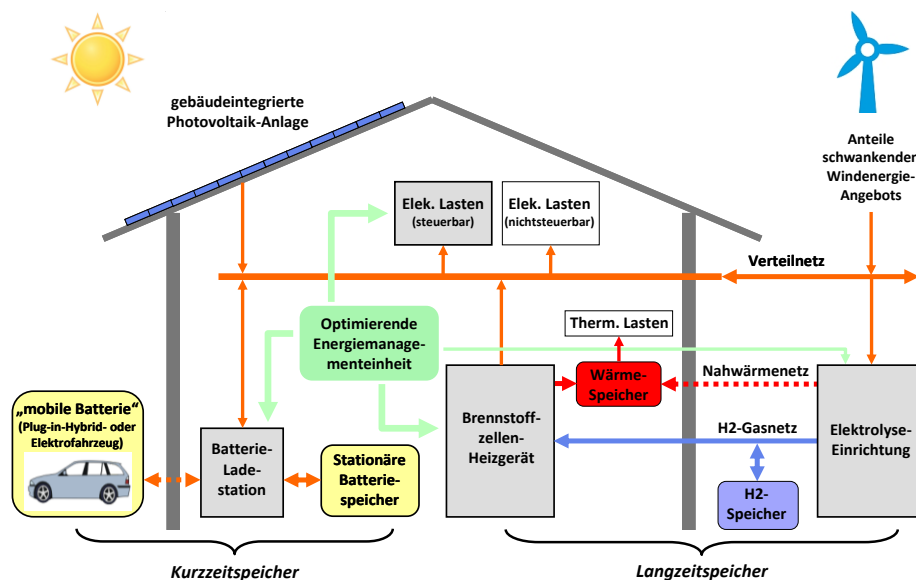


Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau einer intelligenten dezentralen Energieversorgungseinheit

Trotz dieser Probleme können sich Photovoltaik-Anlagen im Verbund mit Energiespeichersystemen in besonders attraktiver Weise aktiv am Netzbetrieb beteiligen und zukünftig wichtige Zusatzfunktionen und Systemdienstleistungen anbieten. Hierzu gehören:

- Verbesserung der Spannungsqualität und Kompensation von Blindleistung
- Minimierung von Übertragungsverlusten im Niederspannungsnetz
- Reduzierung von Spitzenlast und Engpassmanagement
- Funktion zur unterbrechungsfreien Stromversorgung
- perspektivische Teilnahme am Regelenergiemarkt und Energiehandel

Die Arbeitsgruppe „intelligente dezentrale Energieversorgungssysteme“ an der Professur Energie- und Hochspannungstechnik beschäftigt sich mit der optimalen Auslegung und Be-

triebsführung von Energiespeichersystemen im Verbund mit dezentralen Photovoltaik-Anlagen (siehe Abbildung 1). Für den Ausgleich kurzfristiger Unterschiede zwischen Energieangebot und Energiebedarf und zur Eigenverbrauchsoptimierung im Tagesbereich werden hierbei Batteriespeicher favorisiert. Diese können zukünftig entweder stationär gemeinsam mit der Photovoltaik-Anlage installiert werden oder aus Kapazitätsanteilen von Batterien von Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeugen bestehen. Auf der Basis von Simulationsuntersuchungen und real gemessenen Lastprofilen erscheint eine Batteriekapazität von etwa 2kWh bis 10kWh je Haushalt bei einer 1kW bis 5kW Photovoltaik-Anlage ausreichend. Für den Ausgleich langfristiger Unterschiede zwischen Energieangebot und Energiebedarf im Jahresbereich werden die dezentrale Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse und die dezentrale Rückverstromung von Wasserstoff durch Brennstoffzellen-Heizgeräte favorisiert. Dabei sind nach Simulationsuntersuchungen relativ kleine Brennstoffzellenleistungen (je Haushalt bei einer 1kW bis 5kW Photovoltaik-Anlage nur etwa 300 W bis 1000 W) ausreichend. Die lokale Verteilung des Wasserstoffs kann über ein Gasnetz erfolgen. Je Niederspannungsnetzabschnitt kann ein größerer saisonaler Wasserstoff-Druckspeicher mit einem vorgeschalteten Wasserstoff-Kompressor vorgesehen werden.

Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

BOCKLISCH, TH.; Optimierendes Energiemanagement für dezentrale Energieversorgungseinheiten; Solarzeitalter 1/2010, Eurosolar, ISSN 0937-3802;

BOCKLISCH, TH.; PAULITSCHKE, M.; BOCKLISCH, ST. ET AL.; Modelling and control of a DC/DC-converter system for fuel cell-direct storage-hybrid units; International Exhibition and Conference for Power Electronics Intelligent Motion Power Quality; VDE Verlag GmbH Berlin Offenbach, ISBN 978-3-8007-3229-6;

BOCKLISCH, TH.; Optimizing Energy Management of Decentralized Photovoltaic-Fuel Cell-Direct Storage-Power Supply Units; 5th European Conference PV-Hybrid and Mini-Grid, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Inst. e.V. (OTTI); Regensburg, ISBN 978-3-941785-15-1;

BOCKLISCH, TH.; Optimierendes Energiemanagement von Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridsystemen; Dissertation an der TU Chemnitz, Universitätsverlag Chemnitz; ISBN 978-3-941003-13-2

BOCKLISCH, TH.; Balancing of Local Energy Supply and Demand Fluctuations by Means of Controllable Cogeneration and Battery Storage Devices; 2nd European Conference Smart Grids and E-Mobility 2010, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI); Regensburg, ISBN 978-3-941785-14-4;

BOCKLISCH, TH.; HÄHNEL, H.; Advanced energy management for decentralized power supply units; 5. Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien IRES 2010, Eurosolar



Belastbarkeit von Niederspannungsnetzen hinsichtlich zukünftiger Verbraucher- und Einspeiserstrukturen

Andreas Götz

Im Rahmen der Industriepromotion mit dem Industriepartner *eins energie in Sachsen GmbH und Co. KG* (ehem. Stadtwerke Chemnitz AG) wurden die grundlegenden Recherchearbeiten abgeschlossen und einige Teilaufgaben bearbeitet. So wurde zum Einen der Einfluss der Elektromobilität auf den Gleichzeitigkeitsgrad betrachtet. Zum Anderen wurde mit der Bewertung des Einsatzes von elektronischen Haushaltszählern begonnen, um das Potential an Elektroenergie zu ermitteln, welche durch den Endnutzer zeitlich verlagert werden kann. Zusätzlich wurden die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Netzbetreiber, Erneuerbare Energien, zukünftige Energiezählsysteme und den zukünftigen Energiemix betreffend analysiert. Die Elektromobilität betreffend wird derzeit an der ökonomischen Bedeutung dieser für Netzbetreiber und an einem Vergleich zwischen Ladesäulen und Batteriewechselstationen gearbeitet. Um die soziologischen Entwicklungen im Stadtgebiet Chemnitz zu kennen und in die Betrachtung der zukünftigen Netzbelastung einfließen zu lassen, wurde eine ausführliche Bevölkerungsprognose durchgeführt. Mit Hilfe dieser lässt sich der Elektroenergiebedarf für Chemnitz und somit dem Versorgungsgebiet des Industriepartners bis in das Jahr 2030 prognostizieren. All diese Teilprojekte dienen resultierenden Aussagen zukünftige Lastprofile betreffend, um eine langfristig optimale Niederspannungs-Netzplanung realisieren zu können. Im Folgenden sollen die einzelnen Teilprojekte und deren Ergebnisse näher erläutert werden:

Elektromobilität und ihre Einflüsse

Derzeit ist der Begriff „Elektromobilität“ in vielen Bereichen der Wissenschaft und des Alltags zu hören. Genauso vielseitig sind deren Einflüsse auf unser zukünftiges Leben. Hier wurde speziell untersucht, wie ein Ladelastprofil für eine bestimmte Anzahl von Elektrofahrzeugen aussieht. Dazu mussten bestimmte Kennwerte als Randbedingungen für die Berechnungen heraus gefunden werden. So wurden eine durchschnittliche tägliche Fahrleistung eines Elektrofahrzeugs mit 25 km und ein Durchschnittsverbrauch von 0,2 kWh/km angenommen. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Ladeenergie eines Elektrofahrzeugs von 5 kWh. Abbildung 1 zeigt ein resultierendes Ladelastprofil für 100 Elektrofahrzeuge und einer jeweiligen Ladeleistung von 3 kW.

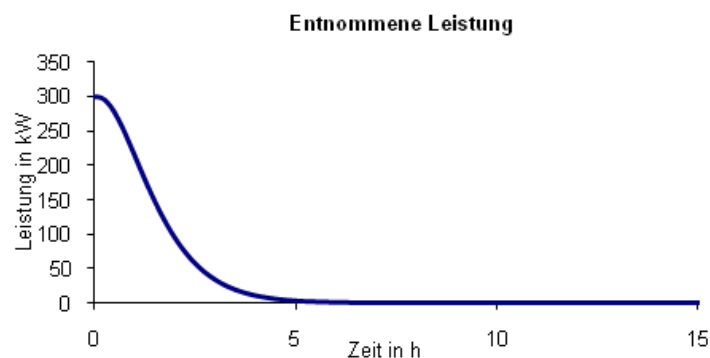


Abbildung 1: Ladelastprofil für Elektrofahrzeuge

Der Berechnung liegt hier jedoch keine normalverteilte Tagesfahrstrecke zugrunde, da mehr Elektrofahrzeuge weniger als 25 km täglich fahren werden als mehr Kilometer. Demnach wurde eine Chi-Quadrat-Verteilung angewandt (Abbildung 2).

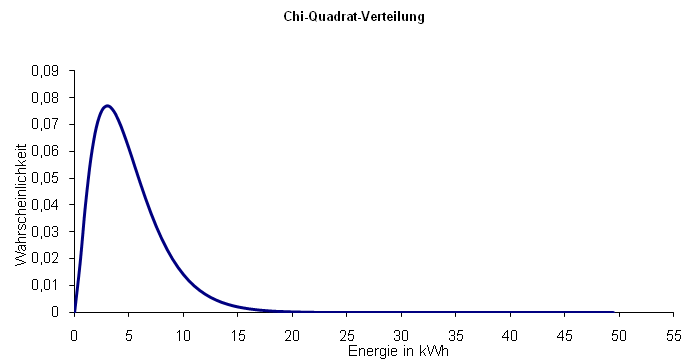


Abbildung 2: Wahrscheinlichkeitsverteilung des täglichen Ladeenergiebedarfs

Aus diesen Diagrammen wird ersichtlich, dass eine ungesteuerte Ladung von Elektrofahrzeugen im Falle eines gleichzeitigen Ladebeginns (Gleichzeitigkeitsgrad $g=1$) einen sehr hohen Leistungsbedarf erfordert. Diese könnten für den Ortsnetztransformator kritisch werden. Genauere Untersuchungen zu den Netzgliedern, welche kritische Größen bei einer hohen Durchdringung von Elektrofahrzeugen im Netz bedeuten, werden derzeit durchgeführt. Dazu zählen die Leitungsbelastungen und die Einhaltung der Qualität der Elektroenergie.

In einem weiteren Teilprojekt bzgl. der Elektromobilität wurde begonnen die ökonomische Bedeutung dieser für einen Netzbetreiber zu ermitteln. Speziell werden hier Netzausbaukosten und Einnahmen gegenübergestellt und bewertet.

Bewertung von elektronischen Haushaltszählern

Ab diesem Jahr war die Installation von elektronischen Stromzählern für Neuanlagen gesetzlich vorgeschrieben. Jedoch sind die technischen Anforderungen an diese Geräte noch nicht deutlich und einheitlich ausformuliert. Bisher können diese dem Endverbraucher Auskunft über den aktuellen Leistungsbezug geben und die Historie des Elektroenergieverbrauchs visualisieren. Dies soll zu Lenkungswirkungen beim Endkunden führen, damit dieser seinen Verbrauch von Elektroenergie verlagern kann. Damit sollen aus Seiten des Energieanbieters Lastspitzen reduziert werden. Aus Sicht des Endkunden sollen dessen Energiebezugskosten reduziert werden. Auf den ersten Blick klingt dies zwar sehr gut. Allerdings gilt es das tatsächliche Verbrauchsverlagerungspotential zu ermitteln, um daraus mögliche Kostenreduzierungen abschätzen zu können. Weiterhin sollen im Rahmen dieses Teilprojektes Aussagen zu zukünftigen Elektrifizierungsgraden getroffen werden, um hieraus Aussagen betreffend zukünftige Verbraucherstrukturen zu generieren.

Vergleich von Ladesäulen und Batteriewechselstationen

In diesem Teilprojekt geht es prinzipiell um eine Aussage, ob sich Batteriewechselstationen gegenüber einer Ladeinfrastruktur mit Ladesäulen für Elektrofahrzeuge durchsetzen könnten. Hier geht es um eine wirtschaftliche Betrachtungsweise, welche die Kapitalwerte beider Systeme vergleicht. Ein Abschluss dieses Projekts wird im ersten Quartal 2011 erwartet.

Bevölkerungsprognose

Eine Soziologische Betrachtung der Verbrauch der Stadt Chemnitz ist für eine langfristig optimale Netzplanung unbedingt notwendig. Dazu wurden Bevölkerungsentwicklungsprognosen der Stadt Chemnitz und des Statistischen Landesamt in Sachsen miteinander verglichen. Daraus resultierten Aussagen zu den zukünftigen Bevölkerungszahlen der einzelnen Stadtteile von Chemnitz. Anhand dieser Zahlen wurden Bevölkerungsprognosen für die Versorgungsgebiete der Umspannwerke im Chemnitzer Versorgungsgebiet errechnet. In Abbildung 3 sind die historischen Werte dargestellt.

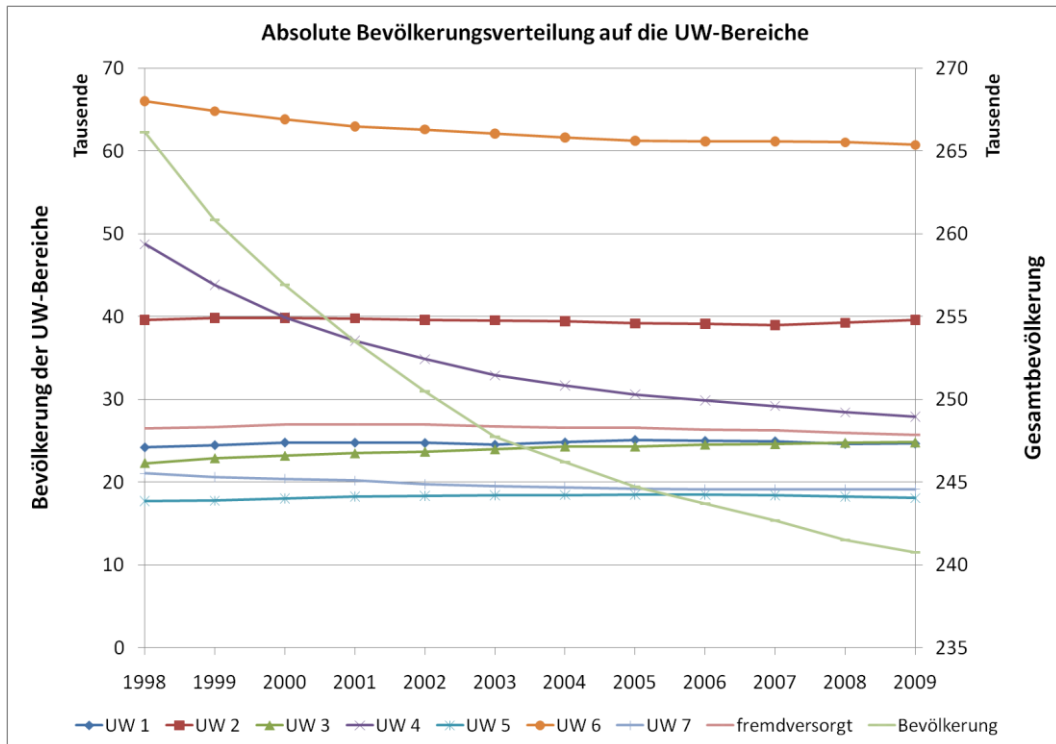


Abbildung 3: Bevölkerungsverteilung der UW-Bereiche im Chemnitzer Versorgungsgebiet

Anhand der errechneten Bevölkerungszahlen wurde der zukünftige Elektroenergiebedarf bis ins Jahr 2020 prognostiziert. Anhand historischer Lastprofile der Umspannwerke könnten zusätzlich Spitzenlastprognosen durchgeführt werden, um Aussagen bzgl. der maximalen Belastung der Transformatoren in den Umspannwerken zu treffen.

Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

GÖTZ, A.; Vorausschauende Planung von Niederspannungsnetzen; Tagungsbandbeitrag VDE-Kongress 2010, IVN2; VDEW VERLAG GMBH, November 2010, ISBN 978-3-8007-3304-0



Integration einer hohen Anzahl von Elektrofahrzeugen im Niederspannungsnetz

Jens Teuscher

Das betrachtete städtische Niederspannungsnetz versorgt ca. 860 Haushalte mit Elektroenergie. Näherungsweise kann angenommen werden, dass jeder zweite Haushalt ein Fahrzeug besitzt. Eine Elektrifizierung des Individualverkehrs von 100 % würde bedeuten, dass ca. 430 Elektrofahrzeuge in diesem Niederspannungsnetz geladen werden müssen. Die ersten Simulationen haben gezeigt, dass bei einem gleichzeitigen Laden von 32 Elektrofahrzeugen das Niederspannungsnetz die Grenzen der Belastbarkeit erreicht. Im Speziellen zeigt sich hier der Ortsnetztransformator als das kritische Element. Spannungshaltung oder Leitungsbelastungen spielen im städtischen Niederspannungsnetz eher eine untergeordnete Rolle. Dies lässt sich anhand der verwendeten kurzen Leitungen sowie deren meist großen Querschnitten erklären. Jedoch ist zu beachten, dass die mit der Elektromobilität verbundene höhere und andauernde Belastung der Leitungen nicht in der ursprünglichen Planung beachtet wurde. Das muss zur Neubewertung des Belastungsgrades führen.

32 Elektrofahrzeuge bedeuten in diesem Fall einen Anteil von 7 % am gesamten Fahrzeugbestand. Wird dieser Anteil mit dem im Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität erklärten Zielen von einer Million Elektrofahrzeugen 2020 beziehungsweise fünf Millionen Elektrofahrzeuge 2030 verglichen, so würde bei einer gleichen Verteilung der Elektrofahrzeuge auf Deutschland der Anteil von 7 % zwischen 2020 und 2030 erreicht werden. Ein Laden von mehr als 32 Elektrofahrzeugen in diesem Niederspannungsnetz ist nur mit Hilfe eines intelligenten Lademanagements möglich.

Eine sehr einfache Möglichkeit bietet sich dabei in einem gesteuerten Laden in der Schwachlastzeit, da sich zu den Nachtstunden die Mehrheit der Fahrzeuge am heimischen Standort befindet. Dabei beginnen von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr in 5-Minuten-Intervallen jeweils immer sechs Elektrofahrzeuge gleichzeitig mit dem Laden. Durch diese einfache Steuerung wird es möglich, dass die Belastbarkeit des Ortsnetztransformators nicht überschritten wird und alle 430 Fahrzeuge in der Schwachlastzeit geladen werden können. In Abbildung 1 ist ein Vergleich der Auslastung des Ortsnetztransformators bei derzeitiger Verbraucherstruktur und mit 430 Elektrofahrzeugen.

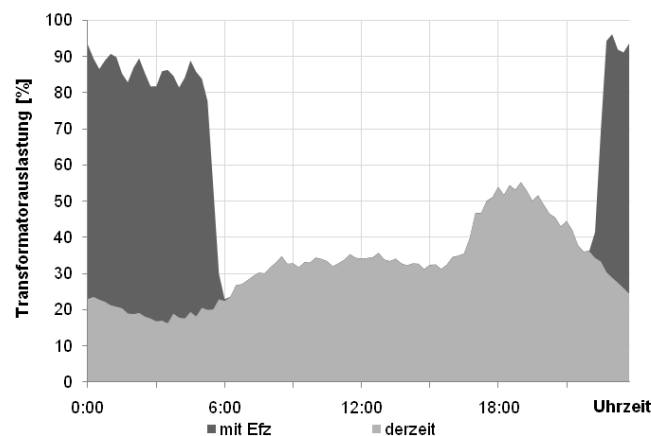


Abbildung 1: Auslastung des Ortsnetztransformators mit und ohne Elektrofahrzeuge

Dabei ist deutlich zu erkennen, wie die Schwachlastzeit in den Nachtstunden verwendet wird, um Elektrofahrzeuge zu laden. Die Schwankungen zur Nachtzeit begründen sich an den verschiedenen Anstiegs- und Abfallzeiten der Ladekurve. Betrachtet wird in diesem Fall ein Elektrofahrzeugbestand von 100 %, was sich für das Netz als schlechtester Fall darstellt.

Dieser Fall wird vermutlich nicht in naher Zukunft eintreten, jedoch wird gezeigt, dass es möglich ist, 430 Elektrofahrzeuge in einem Niederspannungsnetz zu laden. Die Kapazität könnte durch einen Tausch des Ortsnetztransformators oder durch einen zweiten parallelen Ortsnetztransformator weiter erhöht werden. Jedoch wirkt die maximale Belastbarkeit der Leitungen hier einer deutlichen Kapazitätssteigerung entgegen.

Im ländlichen Niederspannungsnetz stellt sich der Anschluss einer hohen Anzahl von Elektrofahrzeugen deutlich komplexer dar. Im Gegensatz zum städtischen Niederspannungsnetz ist hier aufgrund der großen Leitungslängen die Spannungshaltung das begrenzende Kriterium. In Simulationen wurde gezeigt, dass sich dieser Sachverhalt deutlich auf die Anzahl der angeschlossenen Fahrzeuge auswirkt. Je länger die Leitung, desto weniger Elektrofahrzeuge können gleichzeitig geladen werden.

Auch hier ist ein intelligentes Lademanagement, wie es im städtischen Netz verwendet werden kann, sinnvoll. Um jedoch lediglich die Spannungshaltung zu gewährleisten, ist als erster Schritt schon ein regelbarer Ortsnetztransformator ausreichend. Diese werden derzeit in Pilotversuchen getestet und bilden die erste praktische Umsetzung eines intelligenten Netzes. Zu beachten ist jedoch, dass auch im ländlichen Netz bei einer hohen Durchdringung mit Elektrofahrzeugen ein intelligentes Lademanagement unausweichlich wird. Zwar ist die Anzahl der zu versorgenden Fahrzeuge aufgrund der geringeren Bevölkerungsdichte deutlich geringer, jedoch sind auch Leitungen sowie Ortsnetztransformatoren für deutlich geringere Versorgungsleistungen dimensioniert. Daher kann für ländliche Netze je nach Anforderungen ein regelbarer Ortsnetztransformator, ein intelligentes Lademanagement oder ein Netzausbau als Lösung dienen. Eine allgemeingültige Aussage kann aufgrund der deutlichen Unterschiede in Netzstruktur und Verbraucherprofil nicht gegeben werden.

Ein weiterer Schritt sieht eine Verifizierung der simulierten Niederspannungsnetze vor. Dafür werden derzeit Messungen im untersuchten Netzgebiet durchgeführt. Ziel ist es, eine realitätsnahe Simulationsumgebung zu schaffen. Weiterhin liegt der Fokus auf einer Erarbeitung eines Energiemanagements, welches nicht nur das nötige Lademanagement beinhaltet, vielmehr soll hierbei auch ein hoher Anteil erneuerbarer Einspeiser in die Niederspannungsnetze integriert werden. Dabei werden als Optimierungskriterium die Netzverluste im Vordergrund stehen, da schon derzeit etwa 75 % der Netzverluste in der Niederspannungsebene begründet sind. Durch die steigenden Anforderungen auf diese Netzgebiete wird sich auch diese Zahl ohne ein Energiemanagement weiter erhöhen.

Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

TEUSCHER, J.; Verlustoptimiertes Energiemanagement in Niederspannungsnetzen; Tagungsband VDE-Kongress 2010, IVN3; VDEW VERLAG GMBH, November 2010, ISBN 978-3-8007-3304-0



VIG2011beta - Aktuelle Version des Virtuellen Impulsgerators (VIG) in der Testphase

Stefan Krell

Bereits seit 2002 existiert an der Technischen Universität Chemnitz eine einfache und kostenlose Möglichkeit die Parameter zur Anpassung eines HS-Impulsgenerators an das Prüfobjekt gemäß IEC60060-1 online zu bestimmen. Das Ziel ist es entweder normgerechte Blitz- oder Schaltimpuls-spannungen zu erzeugen. Dafür standen die Versionen VIG2002 und VIG2003 zur Verfügung.

Wegen dem andauernden Interesses von Nutzern aus aller Welt, ist es seit 2010 das Ziel die damals kommerzielle Software zur Netzberechnung durch eine schnellere und dabei nicht kommerzielle Lösung des virtuellen Impulsgerators - den VIG2011 - zu ersetzen. Die frühere Kombination aus externem, kommerziellem Netzberechnungsprogramm und Java-Bedienoberfläche ist nach immerhin neun Jahren Laufzeit nicht mehr zeitgemäß, langsam und arbeitet zunehmend instabil.

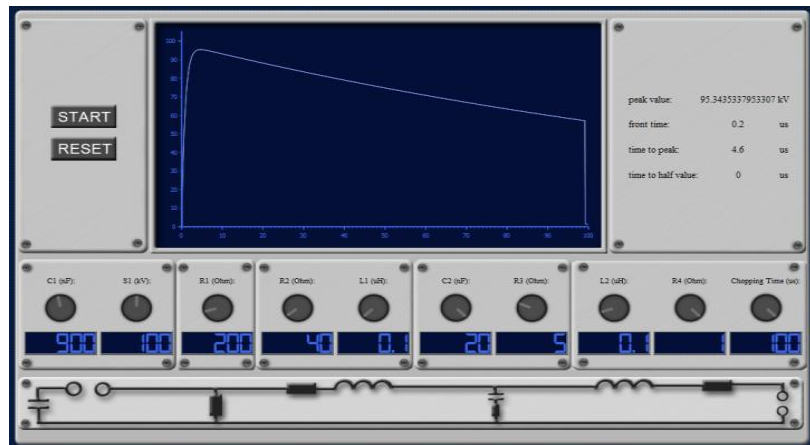


Abbildung 1: Neue Bedienoberfläche VIG2011

Der VIG2011 ersetzt dabei im ersten Schritt den VIG2002 und funktioniert nun unabhängig von zusätzlich betriebener Hardware oder einer teuren Lizenz bei gleichem Funktionsumfang. Die Softwarelösung wurde eigens für diesen Zweck an der TU Chemnitz entwickelt. Der Geschwindigkeitsvorteil konnte durch das spezielle Entwicklungsziel erreicht werden. Ein Parametersatz kann nun in weniger als einer Sekunde bearbeitet und die Ergebnisse angezeigt werden. Zusätzlich werden so zukünftig Stabilitätsprobleme gegenüber der alten Kombination vermieden werden. Das bewährte und übersichtliche Bedienkonzept bleibt erhalten (Bild 1). Die Einstellungen jedes Elementes können entweder über ein Potentiometer oder das dazugehörige Eingabefeld getätigt werden. Rechts werden nach erfolgter Berechnung die wichtigsten Bewertungskriterien nach IEC 60060-1, wie etwa Front-Time; Time-to-Peak oder Time-to-half-Value des Impulses angezeigt.

Ziel ist nun noch im Jahr 2011 den VIG2003 auf die neue Version umzustellen.

5 Dissertationen, studentische Arbeiten

Dissertationen

Thilo Boklisch: **Optimierendes Energiemanagement von Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridsystemen**

Tag der mündlichen Prüfung: 29. März 2010

Vorsitzender der Promotionskommission Prof. Dr.-Ing. R. Werner, TUC

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. W. Schufft, TUC

Prof. Dr.-Ing. J. Schmid, IWES Kassel

Die Arbeit beschreibt ein neues optimierendes Energiemanagement-Verfahren für Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridsysteme. Den Ausgangspunkt bildet die Analyse der Schwankungseigenschaften spezifischer Energiezeitreihen: des Photovoltaik-Energieangebots und des elektrischen Verbrauchs von Haushalten. Konzepte zur zeitgestaffelten Zerlegung, Modellierung und Prognose werden vorgestellt. Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung eines Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridsystems und präsentiert Ergebnisse experimenteller und theoretischer Untersuchungen einer PEM-Brennstoffzelle, einer Supercap-Einheit, einer Lithium-Ionen Batterie sowie eines speziell entwickelten DC/DC-Wandlers. Praxistaugliche Modelle zur Beschreibung des Klemmenverhaltens, des Ladezustands und der auftretenden Verluste werden vorgestellt. Der dritte Teil der Arbeit präsentiert das neue optimierende Energiemanagement-Verfahren. Optimierungsziele sind die Minimierung des Wasserstoffverbrauchs bei gleichzeitiger Reduzierung der dynamischen Brennstoffzellen-Beanspruchung. Das Verfahren basiert auf den drei Steuerungsebenen: Primärregelung, Sekundärregelung und Systembetriebsführung. Schwerpunkt bildet die Sekundärregelung auf der Grundlage einer speziellen Struktur aus Lastfolge- und Laderegler sowie Begrenzungsblöcken für Leistungsgradient und Arbeitsbereich der Brennstoffzelle. Die Funktion und Leistungsfähigkeit des Energiemanagement-Verfahrens werden an einem Simulations- und an einem Experimentiersystem nachgewiesen. Anwendungsbeispiele werden gegeben.



Diplomarbeiten/Masterarbeiten

Martin Paulitschke

Implementierung eines Energiemanagement-Verfahrens für eine Brennstoffzelle-Supercap-Hybrideinheit für eine mobile Anwendung

Aus erneuerbaren Energiequellen erzeugter Wasserstoff kann als Ersatz für die zur Neige gehenden fossilen Energieträger genutzt werden. Mit Hilfe von Brennstoffzellen kann die im Wasserstoff gespeicherte Energie bedarfsgerecht in elektrische und thermische Energie gewandelt werden. Durch eine Kopplung mit einem elektrischen Energiespeicher (z.B. Batterie oder Supercap) können Vorteile der Wasserstofftechnologie (große Energiedichte, geringe Selbstentladung) genutzt und Nachteile (z.B. Empfindlichkeit gegenüber Lastsprüngen) vermieden werden.

In der Diplomarbeit wurde ein Energiemanagement-Verfahren für eine Brennstoffzelle-Supercap-Hybrideinheit für eine mobile Demonstrationsanwendung implementiert und getestet. Abbildung 1 zeigt den im Rahmen eines Industrieprojekts und der Diplomarbeit entstandenen Experimentieraufbau, bestehend aus der „FC-Hybrid-Control“-Einheit mit DC/DC-Wandlergerät und Energiemanagement-PC, die untersuchte PEM-Brennstoffzelle, einen H₂-Metallhydridspeicher und eine steuerbare elektronische Last zur Nachbildung von Lastprofilen. Hauptergebnis der Diplomarbeit ist die entwickelte Energiemanagement-Software zur optimalen Steuerung der Leistungsflussaufteilung in der Hybrideinheit. Die Software wurde unter MATLAB realisiert und beinhaltet Schnittstellen zwischen der Hardware, der Regelssoftware und dem Nutzer. Innerhalb verschiedener Experimente wurde die Funktionsfähigkeit der „FC-Hybrid-Control“-Einheit und der entwickelten Energiemanagement-Software nachgewiesen. Das Energiemanagement-Verfahren zeigt deutliche dynamische Entlastungen der Brennstoffzelle und trägt so zur Lebensdauererlängerung bei. Weiterhin kann die Brennstoffzelle wesentlich kleiner als auf die Spitzenleistung bemessen werden. Dies reduziert die Gesamtkosten. Eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrads wird bei Verwendung einer Batterie anstelle des Supercap-Speichers erwartet.

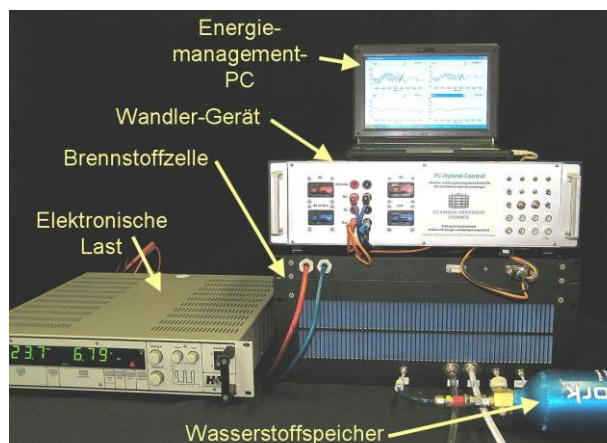


Abbildung 1: Versuchsstand Brennstoffzelle-Supercap-Hybrideinheit

Anne Wenzel

Komponentenzerlegung des Regelleistungsbedarfs mit Methoden der Zeitreihenanalyse

Im Rahmen der Master-Arbeit wurden die minutengenauen Daten des Regelleistungsbedarfs (Summe aus Sekundärregelleistung und Minutenreserve) der Monate April bis Dezember des Jahres 2009 einer Regelzone einer Zeitreihenanalyse unterzogen und in Komponenten gemäß dem klassischen Komponentenmodell zerlegt. Diese sind die Trendkomponente, ermittelt durch einen gleitenden Durchschnitt mit der Länge einer Stunde, weiterhin zwei periodische Komponenten mit der Periodenlänge einer Stunde sowie der Periodenlänge eines Tages und die Restkomponente, welche mit einem ARIMA(2,1,5)-Prozess modelliert wurde.

In der Zukunft sollte das erstellte Modell des Regelleistungsbedarfs durch Hinzunahme einer jahreszeitlichen Komponente noch verbessert werden. Dies war im Rahmen der Arbeit nicht möglich, da keine Daten über einen Zeitraum von mehreren Jahren vorhanden waren. Zusätzlich kann geprüft werden, inwiefern mit dem Komponentenmodell Prognosen durchführbar sind. Dafür sollte die Trendkomponente anders gewählt werden, da sich der hier gewählte Weg zu sehr an den Daten orientiert.

Der zweite Teil der Aufgabenstellung dieser Arbeit bestand im Identifizieren inhaltlicher Komponenten, also möglicher Zusammenhänge zwischen dem Regelleistungsbedarf und verschiedenen denkbaren Ursachen. Als potentielle Ursachen wurden der Lastverlauf sowie die Windenergieeinspeisung untersucht. Zwischen der Zeitreihe des Lastverlaufs und der des Regelleistungsbedarfs bestand eine leichte positive Korrelation, zwischen der Zeitreihe der Windenergieeinspeisung und der des Regelleistungsbedarfs eine geringe negative Korrelation.

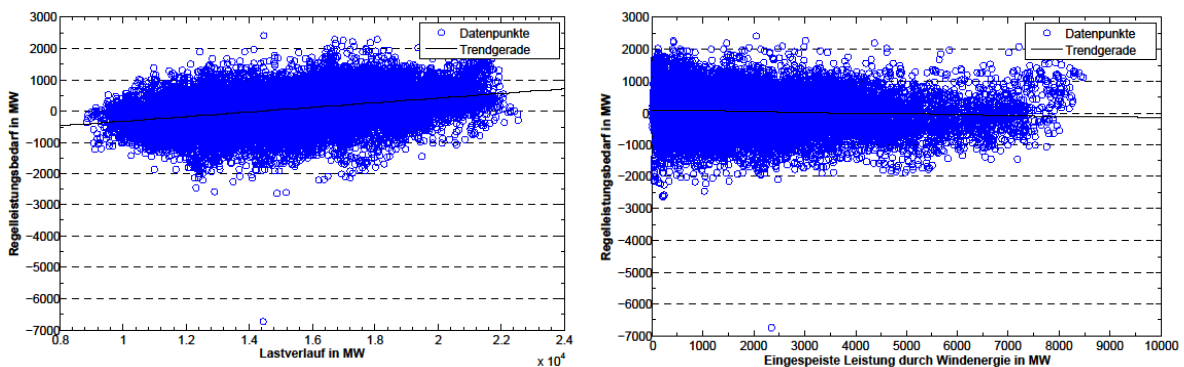


Abbildung 1: Streudiagramme zum Zusammenhang von Regelleistungsbedarf und Lastverlauf sowie Regelleistungsbedarf und Windenergieeinspeisung

Liang Xu

Ermittlung der Durchschlagspannung von PE/PVC-Materialien zur Verwendung bei Außenmänteln von Hochspannungskabeln

In der Hochspannungsebene werden zunehmend Kabelstrecken größerer Längen eingesetzt werden. Die Anbindung von Off-Shore-Windparks und die Realisierung neuer Verbindungen in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen sind ohne den Einsatz von Kabeln nicht denkbar. Die zu erwartenden Strom- und Spannungsverhältnisse an der Hauptisolation werden über die Vorgaben der internationalen Standards beherrscht. Ausgleichsvorgänge auf Kabelsystemen, wie beispielsweise Schaltvorgänge, Fehlereintritt und Blitzeinwirkung führen aufgrund der induktiven und kapazitiven Verkopplung von Leiter und Schirm zu zum Teil sehr hohen Spannungen über der äußeren mechanischen Schutzhülle (nachfolgend Kabelmantel). Da der Kabelmantel derzeit als rein mechanischer Schutz konfiguriert wird, ist eine Isolationskoordination nicht möglich. Die Durchschlagfestigkeit des Kabelmantels ist in der Regel nicht bekannt. Um Anhaltspunkte für die Spannungsfestigkeit von Kabelmänteln bei transienten Vorgängen zu erhalten, wurden an verschiedenen Mantelmaterialien bei definierten Anordnungen die Durchschlagspannungen U_d ermittelt. Die Spannungsprüfungen erfolgten bei 50-Hz-Wechsel-, bei Schaltstoß- und bei Blitzstoßspannung. Die Ermittlung der Durchschlagspannung U_d und der Einsetzfeldstärke E_e (manchmal auch als Durchschlagfeldstärke E_d bezeichnet) des Kabelmantels kann am Hochspannungskabel direkt oder über eine Kabelmantelprobe indirekt ermittelt werden. Die indirekte Ermittlung von Durchschlagspannung $U_{d(P)}$ und Einsetzfeldstärke E_e des Kabelmantels ist im schwachinhomogenen Feld mit einer Kalottenanordnung möglich. Die Einsetzfeldstärke E_e wurde an Kabelmantelmaterialien mit verschiedenen Zusammensetzungen ermittelt. Veranschaulichend sind die Ergebnisse für die PE-Kabelmantelproben in Abbildung 1 dargestellt.

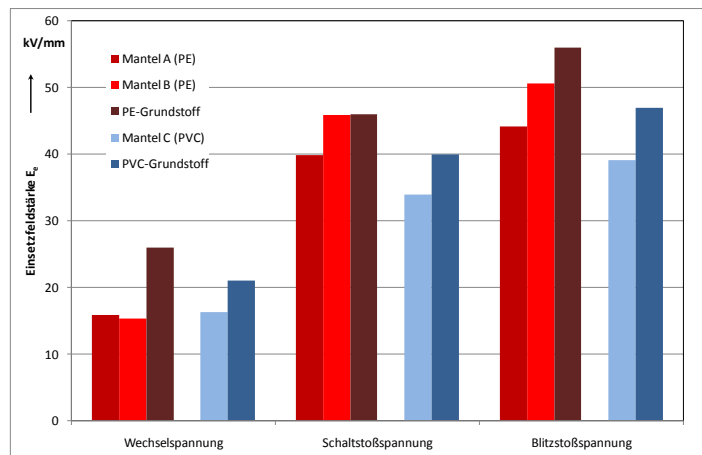


Abbildung 1: Gegenüberstellung Einsetzfeldstärken E_e an PE- und PVC-Kabelmantelproben (indirekte Prüfung)

Aktuelle Dissertationsprojekte

- Al-Maamoory, S. S. M.:** Versorgungszuverlässigkeit in Verteilnetzen bei Anwendung probabilistischer Methoden zur Bewertung der Lastsituation und unter Einbeziehung dezentraler Erzeugungseinheiten
- Götz, A:** Belastbarkeit von Niederspannungsnetzen hinsichtlich zukünftiger Verbraucher- und Einspeiserstrukturen
- Hadid, S.:** Frequenzabhängigkeit des Verlustfaktors an PE/VPE-Isolierungen
- Hetzel, S.** Bewertung von Investitionsalternativen in Mittelspannungs-Kabelnetzen
- Hoshmeh, A.:** Netzintegration stark fluktuierender Einspeiser
- Krell, S.:** Fehleridentifikation von Mittelspannungs-Kabelmuffen mittels TE-Messungen
- Malekian-Boroujeni, K.:** Netzintegration von Off-Shore-Windparks durch HGÜ
- Hunold, S.:** Algorithmische Bestimmung der Ausfallcharakteristik von Mittelspannungs-Kabelmuffen auf der Basis von diagnostischen Messwerten und Betriebsmitteldaten
- Schmidt, U.:** Modellierung von Kabeln bei transienten Vorgängen
- Shirvani-Boroujeni, A.:** Durchschlagverhalten von luftisolierten Anordnungen
Modellierung von rückwärtigen Überschlägen
- Teuscher, J.:** Nachhaltiges Energiemanagement dezentraler Energieversorgungseinheiten in zukünftigen Niederspannungs-Netzstrukturen
- Wenzel, A.:** Umfassende Analyse von Energiezeitreihen unter Gesichtspunkten der Stochastik

6 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

BOCKLISCH, TH.; Optimierendes Energiemanagement für dezentrale Energieversorgungseinheiten; Solarzeitalter 1/2010, Eurosolar, ISSN 0937-3802;

BOCKLISCH, TH.; PAULITSCHKE, M.; BOCKLISCH, ST. ET AL.; Modelling and control of a DC/DC-converter system for fuel cell-direct storage-hybrid units; International Exhibition and Conference for Power Electronics Intelligent Motion Power Quality; VDE Verlag GmbH Berlin Offenbach, ISBN 978-3-8007-3229-6;

BOCKLISCH, TH.; Optimizing Energy Management of Decentralized Photovoltaic-Fuel Cell-Direct Storage-Power Supply Units; 5th European Conference PV-Hybrid and Mini-Grid, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI); Regensburg, ISBN 978-3-941785-15-1;

BOCKLISCH, TH.; Optimierendes Energiemanagement von Brennstoffzelle-Direktspeicher-Hybridsystemen; Dissertation an der TU Chemnitz, Universitätsverlag Chemnitz; ISBN 978-3-941003-13-2

BOCKLISCH, TH.; Balancing of Local Energy Supply and Demand Fluctuations by Means of Controllable Cogeneration and Battery Storage Devices; 2nd European Conference Smart Grids and E-Mobility 2010, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI); Regensburg, ISBN 978-3-941785-14-4;

BOCKLISCH, TH.; HÄHNEL, H.; Advanced energy management for decentralized power supply units; 5. Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien IRES 2010, Eurosolar

GÖTZ, A.; Vorausschauende Planung von Niederspannungsnetzen; Tagungsbandbeitrag VDE-Kongress 2010, IVN2; VDEW VERLAG GMBH, November 2010, ISBN 978-3-8007-3304-0

MALEKIAN, K., MAJIDI, MONFARED; Modified direct torque control for saturated interior permanent synchronous motors; COMPEL, Journal Paper, Nottingham, UK

SCHMIDT, U., BARSCH, D.; Bestimmung von Restspannungsfestigkeiten an Polyethylen-Mittelspannungskabeln, ew Jg. 109 (2010), Heft 23-24, ISSN 1619-5795-D9785D

SCHMIDT, U., XU, L., SCHUFFT, W.; Ermittlung der Durchschlagspannung von PE/PVC-Materialien zur Verwendung bei Außenmänteln von Hochspannungskabeln, ew Jg. 110 (2010), Heft 25-26, ISSN 1619-5795-D9785D

SCHMIDT, U.; Grundsätze des Einsatzes von Überspannungsableitern im Hochspannungsnetz“; Fachveranstaltung: Hochspannungs-Schaltanlagen; Vortrag; Haus der Technik, Essen, 26. Oktober 2010

SCHMIDT, U., MALEKIAN, K., SCHUFFT, W.; Transients by switching offilter banks at high-voltage grid; EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference

SHIRVANI, A., MALEKIAN, K., SCHMIDT, U., SCHUFFT, W.; A New Power Transformer Model over Wide Frequency Rang for EMTP; UPEC 2010, Cardiff, Wales, UK.;

SHIRVANI A., MALEKIAN K., SCHMIDT U., SCHUFFT W.; Failure Risk Calculation of Lightning Over-Voltages using EMTP and MATLAB; EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference

TEUSCHER, J.; Verlustoptimiertes Energiemanagement in Niederspannungsnetzen; Tagungsband VDE-Kongress 2010, IVN3; VDEW VERLAG GMBH, November 2010, ISBN 978-3-8007-3304-0

7 Externe Aktivitäten und Kontakte

Teilnahmen an Konferenzen, Tagungen, Kolloquien

27. - 29. April	5th European Conference PV-Hybrid and Mini-Grid	Dr. Bocklisch	Tarragona
04. - 06. Mai	International Exhibition and Conference for Power Electronics Intelligent Motion Power Quality	Dr. Bocklisch	Nürnberg
25. - 28. Mai	Environmental Impacts on Power Industry 2010	Prof. Schufft, Massunda, Teuscher	Spicak
16. - 18. August	EEUG Meeting 2010, European EMTP-ATP Conference	Schmidt, Shirvani	Helsinki
23. - 27. August	CIGRE Session	Prof. Schufft	Paris
30. September	Intelligenter und effizienter Einsatz erneuerbarer Energien in Sachsen und Tschechien	Teuscher, Massunda	Oberwiesenthal
27. Mai	RWE Sommerfest	Prof. Schufft	Berlin
30. Sept. -01. Okt.	VDE-AG „Bewertung von TEMessungen an Mittelspannungskabeln“	Prof. Schufft, Barsch, Krell	IPH, Berlin
20. - 22. Oktober	2nd European Conference Smart Grids and E-Mobility 2010	Dr. Bocklisch	Brüssel
28. Oktober	1. Workshop Dezentrale Energiespeichertechnologien	Dr. Bocklisch, Prof. Schufft u. a.	Chemnitz
22. - 23. November	5. Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien IRES 2010	Dr. Bocklisch	Berlin
08./09. November	VDE Kongress "E-Mobility"	Götz, Teuscher	Leipzig

Gäste an der Professur

05. Januar	Frau Dr. Kurscheid	Transpower Stromübertragungs GmbH; Bayreuth
11. Januar	Herr Kliemt	Netzgesellschaft mbH Chemnitz
27. Januar	Frau Dr. Steinbach, Herr Dr. Ortman	Chemnitzer Interessengemeinschaft Maschinenbau (CIM)
02. Februar	Herr Dr. Ortman	Chemnitzer Interessengemeinschaft Maschinenbau (CIM)
18. Februar	Herr Prof. Haim	Hochschule Zittau/Görlitz
18. März	Herr Schöntag	Ingenieurbüro Schöntag, Hohen Neuendorf
23. März	Prof. Kamoun, Herr Prof. Jaoua, Herr Prof. Ksouri	esprit, Ariana, Tunesien
01. April	Herr Dr. Rabelo	Voith Hydro GmbH, Heidenheim
23. Juni	Frau Dr. Fröhner, Herr Seidl	KEMA-IEV, Dresden
07. Juli	Herr Maschke, Herr Protz, Herr Süß, Herr Seefeld	EKL Schaltelektronik Dresden GmbH, NH/HH Recycling e.V., Bad Kreuznach
30. Juli	Herr Prof. Al-Masri	Al-Bath University Homs, Syrien
21. September	Herr Hunold	Städtische Werke Magdeburg GmbH
08. Oktober	Herr Claus	Stadtwerke Leipzig
04. November	Herr Prof. Froberg, Herr Prof. Gerwien	Wilhelm Büchner Hochschule, Pfungstadt
14. Dezember	Herr Dr. Elze	Doble Lemke GmbH, Kesselsdorf

Höhepunkte

Treffen der VDE-AG „Bewertung von TE-Messungen an Mittelspannungskabeln“ vom 10. bis 11.03.2010

Die Arbeitsgruppe „Bewertung von TE-Messungen an Mittelspannungskabeln“ wird vom Arbeitskreis „Mittelspannungskabel“ des VDE BV Dresden organisiert. In dieser Arbeitsgruppe arbeiten etwa 25 Fachleute von Mittelspannungs-Netzbetreibern und Dienstleistungsanbietern aus dem gesamten Bundesgebiet mit. Auch wir bringen hier unser Fachwissen zur Vor-Ort-Prüfung von Mittelspannungskabeln ein und durften der Gastgeber des zweitägigen Treffens sein. Die Abendveranstaltung fand im Industriemuseum Chemnitz statt, in dem technische Pionierleistungen der einst führenden sächsischen Industrie zu besichtigen sind. Zum Abendessen hat die KEMA IEV – Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH, Dresden eingeladen, der der Dank aller Teilnehmer gilt.

Workshop „Dezentrale Energiespeichertechnologien“ am 28.10.2010

Kann man den Stromverbrauch eines Geschirrspülers mit simplen Methoden um mehr als ein Viertel reduzieren? Dr. Andreas Hauer vom Zentrum für Angewandte Energieforschung in Würzburg antwortete darauf am 28. Oktober mit einem klaren Ja. Basis hierfür sind einfache Wärmespeicher, mit denen die Heiz- und Abkühlprozesse geschickt gesteuert und Verluste minimiert werden.

Hauer trug an der TU Chemnitz als einer von fünf Referenten zu dem zukunftsweisenden Thema der Energiespeichertechnologien vor. Es war der erste Workshop dieser Art, der von der Mitte dieses Jahres gegründeten Forschergruppe „Intelligente dezentrale Energiespeichersysteme“ ins Leben gerufen wurde. Knapp 130 Teilnehmer machten die fünfeinhalbstündige Vortragsreihe zu einem vollen Erfolg. „Wir haben hier einen guten Ausgangspunkt für die weitere Zusammenarbeit, sowohl mit Forschungseinrichtungen als auch mit Firmen, die auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien arbeiten“, freute sich



Nachwuchsforschergruppe „Intelligente Dezentrale Energiespeichersysteme“

1. Workshop

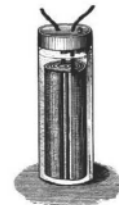
„Dezentrale Energiespeichertechnologien“

Zeit: 28.10.2010, 13:00 - 19:00 Uhr

Ort: TU Chemnitz, Reichenhainerstr. 70, Neues Hörsaalgebäude, Raum N/112

Programm:

Moderation: Dr. Thilo Bocklich



13:00 Uhr Beginn

- Begrüßung - Prof. Wolfgang Schufft (5 min)
- Vorstellung der Forschergruppe - Dr. Thilo Bocklich (20 min)
- Energie- und Leistungsausgleich in Energieversorgungssystemen mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien - Dr. Clemens Hoffmann, Siemens München (30 min), Diskussion (20 min)
- Einsatz von Lithium-Ionen Batterien zur Erhöhung des Eigenverbrauchs von Strom aus Photovoltaik - Kathrin Büdenbender, Fraunhofer IWES Kassel (30 min), Diskussion (20 min)

15:30 Uhr Kaffeepause (30 min)

- Batteriespeicher für dezentrale stationäre und mobile Anwendungen - Benedikt Lunz, RWTH Aachen (30 min), Diskussion (20 min)
- Dezentrale Wärmespeicher - Dr. Andreas Hauer, Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE) Bayern (30 min), Diskussion (20 min)
- Resümee - Dr. Thilo Bocklich (10 min)

Die Teilnahme ist kostenlos. Anmeldung bitte bei: Noah Pflugradt, Tel.: 0371 531 38745, E-Mail: Noah.Pflugradt@mb.tu-chemnitz.de

Moderator und Forschungsgruppenmitglied Dr. Thilo Bocklisch von der Professur für Energie- und Hochspannungstechnik über die große Resonanz.

Bis 2050 soll die gesamte deutsche Energieversorgung auf die so genannten erneuerbaren Energien wie Sonnen- und Windenergie, Erdwärme und Wasserkraft umgestellt sein. So lautet die kühne, aber angesichts der Knappheit fossiler Ressourcen wohl unumgängliche Vision, die von Wissenschaft und Politik derzeit propagiert wird. Dr. Clemens Hoffmann von der Siemens AG in München glaubt an diese Vision. „Wir gehen von etwa einer Billion Euro aus, die auf diesem Weg aufgewendet werden müssen“, schätzt der Physiker, der sich vor Jahren noch mit Fragen der Kernfusion auseinandersetzte. Doch diese Zahl solle man nicht allein als Kosten begreifen, sondern auch als Chance für neue Arbeitsplätze und wirtschaftliches Potenzial, so Hoffmann.

Dass in diesem Prozess der Transformation der Energiesysteme Speicher unverzichtbar sind, wurde in allen fünf Vorträgen des Workshops klar. Andernfalls könnten beispielsweise die Angebotsspitzen, die bei einer hohen Einspeisung der wetterabhängigen und damit stark zufälligen Windenergie im Stromnetz zu verzeichnen sind, nicht durch eine zur gleichen Zeit ähnlich hohe Last abgenommen werden. Das unerwünschte Abschalten von Windkraftanlagen wäre die Folge. Andererseits müssen Speicher in Zeiten einer großflächigen Flaute genügend Energie vorhalten, um den Bedarf decken zu können.

Die kurz- bis mittelfristige Speicherung durch Batterien ist eine Möglichkeit, dem Problem der starken Fluktuationen erneuerbarer Energien zu begegnen. Daneben stellte Mareike Jentsch vom Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) in Kassel ein bislang noch wenig diskutiertes Verfahren vor, mit dem solche Überangebote von Energie über Wochen oder Monate gespeichert werden können. Ihr Ansatz zielt auf die Umwandlung der elektrischen in chemische Energie, indem zunächst über einen Elektrolyseur Wasserstoff hergestellt wird, den man anschließend mittels Kohlendioxid zu Methan umwandelt. Der Clou dabei: Methan lässt sich im Vergleich zu anderen Technologien in schier unermesslichem Ausmaß im vorhandenen Gasnetz speichern.

Dass man die Wirkung von Energiespeichern regelrecht fühlen kann, bewies Dr. Andreas Hauer, der die Zuhörer an dem späten Herbstnachmittag mit einem einfachen Experiment verblüffte. Mit den eigenen Händen konnten die Teilnehmer des Workshops spüren, wie die so genannten Adsorptionsspeicher funktionieren. Kleine Kügelchen aus Zeolith, die mancher beim ersten Anblick eher für die Globuli des Homöopathen gehalten hätte, erwärmen sich plötzlich stark, wenn man ihnen Wasserdampf - in dem Fall die eigene Ausatemluft - zuführt. „Solche thermochemischen Speicher sind in der Klimatisierung, aber auch für industrielle Trocknungsprozesse von Nutzen“, erklärt Hauer, für den die thermischen Speicher aufgrund des enormen Energiebedarfs bei der Wärme- und Kälteerzeugung eine zentrale Rolle in der Zukunft spielen werden.

Die Frage, ob bei Wandlung und Speicherung von Energie in den kommenden Jahren eher zentrale und dezentrale Lösungen dominieren, konnte beim Workshop nicht eindeutig beantwortet werden. Vor allem die Wirtschaftlichkeit von dezentralen Speichern wie Batterien, die in Haushalten eingesetzt werden können, gilt als maßgebliches Kriterium. Eine europäische Stromversorgung ausschließlich mit Solarstrom aus Nordafrika, wie es im Projekt „Desertec“ angestrebt wird, gilt unter vielen Experten demgegenüber als äußerst schwierig. Der dezentrale Ansatz bleibt also aktuell, meint Dr. Thilo Bocklisch. „Der Workshop hat gezeigt, dass jeder etwas machen kann und man sich nicht allein auf die Politik oder die großen Konzerne verlassen muss“, wagte der Chemnitzer Wissenschaftler einen optimistischen Ausblick. Die Forschergruppe der TU plant weitere Veranstaltungen zu Fragen der Energiespeichersysteme und der erneuerbaren Energien und will ihren Anteil zur zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung beitragen.

Exkursionstag am 19. Mai 2010

Bei einem Maitag, welchem die Sonne nicht beiwohnen wollte, führten wir unseren jährlichen Wandertag durch. In diesem Jahr ging es in den Musikwinkel ins malerische Vogtland. Erster Anlaufpunkt war die Besichtigung der Vogtlandarena in Klingenthal. Bei einer Führung hatten wir die Möglichkeit, auch die oberen Bereiche der Skisprungschanze



zu bestaunen und so fühlten wir uns wie Martin Schmidt und all die anderen Skispringer. Nach diesen Erlebnissen ließen wir uns auf dem Aschberg in 900 Meter Höhe das Mittagessen schmecken, natürlich begleitet von vogtländischer Mundart. Am Nachmittag wurden wir durch das Musikinstrumentenmuseum in Markneukirchen geführt und bekamen einen Überblick von regionalen wie auch internationalen Instrumenten aller Art. In Summe war es trotz des nicht ganz perfekten Wetters ein erlebnisreicher Tag, auf dessen Fortsetzung wir uns im Jahr 2011 schon freuen.

Weihnachtsfeier am 29. November 2010

Auch in diesem Jahr trafen wir uns in der Vorweihnachtszeit in geselliger Runde. Wir führten unseren diesjährigen Jahresabschluss im Ratskeller direkt im Zentrum von Chemnitz durch. Dadurch wurde uns auch die Möglichkeit geboten, zuvor die Atmosphäre des Chemnitzer



Weihnachtsmarktes zu genießen. Es war wieder ein gelungener kulinarischer Abend, bei welchem auch unsere ausländischen Kollegen einen Einblick in die traditionelle Weihnacht erlangten.

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 Wechsel-
spannungen

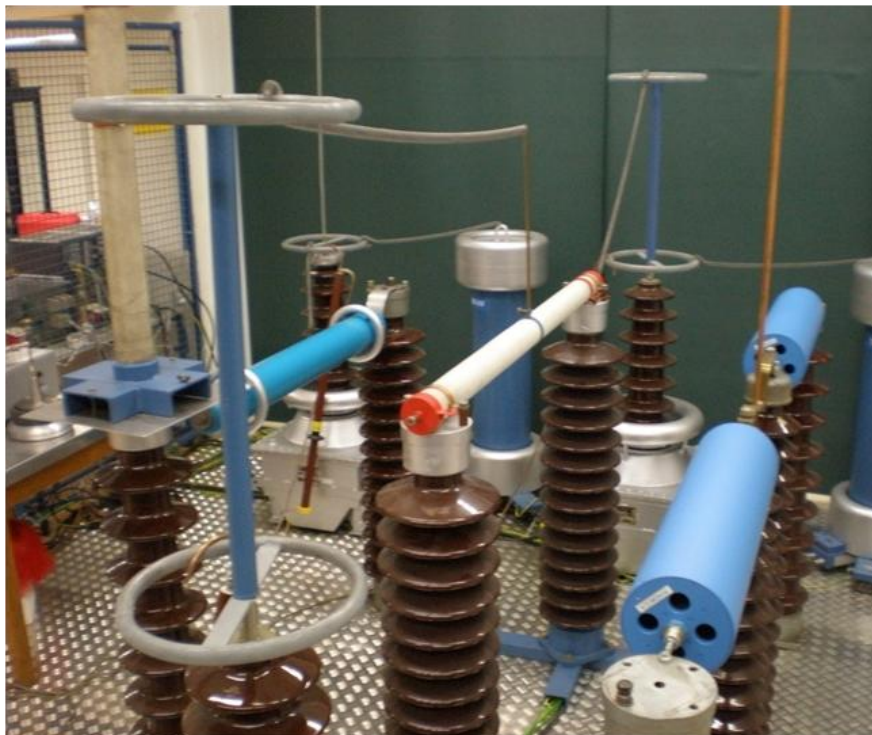


Abbildung: Prüfsystem zur Erzeugung von Wechselspannungen bis 200kV

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 μF
 Frequenzbereich 5 Hz - 50 kHz

Digitales Teilentladungsmess- und Diagnosesystem LDS-6

TE-Messbereich 1 - 10^5 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 μs bis 10 kV

Spannungsmessteiler

Ohmsche Teiler bis 200 kV
 Kapazitive Teiler bis 300 kV
 Stoßspannungsteiler bis 600 kV (1,2/50 μs)

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

Transientenrecorder

8-Kanal Scope Corder DL 708 (YOKOGAWA)
 Abtastrate 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 $\mu\text{Sv/h}$ - 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 μT , 10 μT , 100 μT , 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 transienter Netzvorgänge der Energieversorgung

EMTDC/PSCAD

Simulation dynamischer und transienter 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 μ T, 10 μ T, 100 μ T, 1 mT, 10 mT)

Messung elektrischer Felder (100 kHz bis 3 GHz; MB: 1 bis 800 V/m – 0,0027 bis 1700 W/m²)

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 Mitteldeutschland GmbH

Betriebsmitteldatenbank

- TOTAL Raffinerie Mitteldeutschland 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
- eviro Elektromaschinenbau & Metall GmbH Eibenstock

Dimensionierung Überspannungsschutz

- AREVA

Bewertung transienter Ausgleichsvorgänge in Elektroenergiesystemen

- KEMA-IEV
- AREVA

Spannungsprüfung

- Elektrotechnische Geräte Böhlitz-Ehrenberg GmbH

SIEMENS

eins
energie in sachsen



**HIGH
VOLT**

Konzeption der Professur Energie- und Hochspannungstechnik

