

Adresse:

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

**Dienstszitz:**

Reichenhainer Str. 70
 A.-F.-Weinholdbau, Raum w317
 D-09126 Chemnitz
 Tel.: +49 371 531 33343
 Fax: +49 371 531 24239

Homepage:

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

Anfahrt:

<https://www.tu-chemnitz.de/etit/eneho/kontakt/anfahrt.html> oder Anfahrtsskizze im hinteren Einband

Telefon, Fax, E-mail:

Name:	Telefon:	Fax:	E-mail:
Prof. W. Schufft	+49 371 531 33343	+49 371 531 833343	wolfgang.schufft@etit.tu-chemnitz.de
Prof. D. Amft	+49 371 531 33341	+49 371 531 833341	dietrich.amft@etit.tu-chemnitz.de
Sekret.: F. Kramer	+49 371 531-34096	+49 371 531-834096	franziska.kramer@etit.tu-chemnitz.de
Sekret.: Antje Voit	+49 371 531 33142	+49 371 531 833142	antje.voit@etit.tu-chemnitz.de
B. Born	+49 371 531 36117	+49 371 531 836117	bjoern.born@etit.tu-chemnitz.de
A. Gürlek	+49 371 531 39859	+49 371 531 839859	akif.guerlek@etit.tu-chemnitz.de
S. Hadid	+49 371 531 38579	+49 371 531 838579	suleiman.hadid@etit.tu-chemnitz.de
A. Hoshmeh	+49 371 531 38717	+49 371 531 838717	abdullah.hoshmeh@etit.tu-chemnitz.de
K. Jacob	+49 371 531 31434	+49 371 531 833095	kai.jacob@etit.tu-chemnitz.de
L. Jacob	+49 371 531 31434	+49 371 531 831434	liana-maria.jacob@etit.tu-chemnitz.de
J. Lippold	+49 371 531 33341	+49 371 531 833341	juergen.lippold@etit.tu-chemnitz.de
Dr. K. Malekian	+49 371 531 37648	+49 371 531 837648	kaveh.malekian-boroujeni@etit.tu-chemnitz.de
F. Safargholi	+49 371 531 31926	+49 371 531 831926	farhad.safargholi@etit.tu-chemnitz.de
M. Stark	+49 371 531 33364	+49 371 531 833364	michael.stark@etit.tu-chemnitz.de
Dr. J. Teuscher	+49 371 531 37752	+49 371 531 837752	jens.teuscher@etit.tu-chemnitz.de

Redaktion: Liana Jacob

Titelfoto: Weihnachtswann kam mit der Straßenbahn zur Uni (Foto: Jacob Müller)

1 Vorwort

Sehr geehrte Freunde und Partner,

am Ende des Jahres 2017 wollen wir mit unserem Jahresbericht in bewährter Weise berichten, was wir geleistet haben und was uns bewegt hat.

In Lehre und Forschung können wir Kontinuität feststellen. Drittmittelaufträge und damit auch der Personalbestand sind auf einem konstanten, für unsere Verhältnisse zufriedenstellenden Niveau. Eine Vertiefung in der elektrischen Energietechnik ist für die Studierenden nach wie vor attraktiv, was uns wieder eine Vielzahl studentischer Arbeiten, insbesondere Bachelor- und Masterarbeiten beschert hat.



Wir erneuern unsere Lehre aus der Forschung. Diese wird größtenteils aus staatlich geförderten Forschungsprojekten finanziert. So waren wir im vergangenen Jahr in zwei ESF-Nachwuchsforschergruppen aktiv, *SyNERgt* mit Liana Maria Jacob und *ECoMobility* mit Björn Born. Akif Gürlek arbeitet am DFG Forschungsprojekt *Optische und elektrische Erfassung von Entladungsphänomenen* und Farhad Safargholi am AiF Förderprojekt *Netzharmonie*.

Im letzten Jahr ist Dr. Andreas Götz aus der Professur ausgeschieden. Dafür hat Kai Jacob die Reihen wieder gefüllt. Frau Voit hat im Dezember ein Töchterchen namens Pia bekommen - wir wünschen ihrer ganzen Familie Glück und Gesundheit. Sie wird seit November durch Frau Franziska Kramer im Sekretariat vertreten, die uns herzlich willkommen ist.

Das ganze Jahr 2016 waren wir von umfassenden Bauarbeiten betroffen, die mit Lärm, diversen Umleitungen und anderen Unannehmlichkeiten verbunden waren. Dabei wurden die Reichenhainer Straße sowie auch der Campushauptplatz tiefgreifend umgestaltet. Die Reichenhainer Straße, die als Hauptausfallstraße ehemals unseren Campus teilte, wurde verkehrsberuhigt und mit einem Straßenbahnanschluss versehen. Damit ist der Campus endlich elektromobil mit dem Hauptgebäude im Stadtzentrum verbunden. Wir freuen uns schon, dass die vielen neu gepflanzten Bäume demnächst im Frühjahr erblühen werden. Damit hat die Stadt Chemnitz, die im Jahre 2018 ihr 875-jähriges Gründungsjubiläum begeht, im Rahmen ihres städtebaulichen Entwicklungskonzepts Chemnitz 2020 eine ansprechende und überzeugende Nahverkehrslösung realisiert.

Die Anfängerzahlen in den Bachelor- und Masterstudiengängen sind Dank einer hohen Anzahl ausländischer, insbesondere chinesischer Studierender auf einem konstant hohen Niveau. Dabei ist der Anteil ausländischer Studenten in den Masterstudiengängen besonders hoch. Leider ist deren Basiswissen, das sie aus nationalen Bachelorstudiengängen mitbringen, kaum heterogen. Wir wünschen uns eigentlich wieder Elektrotechnik von der Pike auf.

Dieser Wunsch wird nun mit einem Rektoratsbeschluss vom Juni zur Einführung modularisierter Diplomstudiengänge wahr. Das Diplom wurde durch einen betonköpfigen Rektor vor zehn Jahren gegen schwachen Widerstand einer eher opportunistischen Professorenschaft universitätsweit abgeschafft.

Die neuerlichen Argumente für die Einführung von Diplomstudiengängen könnten aus der Initiative *Pro Diplom* abgeschrieben sein, die ich zusammen mit zwei Kollegen im Jahre 2010 gestartet hatte, der aber damals weitgehend ohne Resonanz blieb.



Foto: Jacob Müller

Die Fakultät Maschinenbau nimmt bei der Einführung von Diplomstudiengängen wieder eine Vorreiterrolle ein - wie schon bei der Abschaffung der Diplomstudiengänge vor zehn Jahren - und wird zum Wintersemester 2018/2019 einen ersten Diplomstudiengang Maschinenbau einführen. In der eigenen Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik mahlen die Mühlen etwas langsamer. Man möchte doch lieber noch abwarten.

Ich habe mich an diese Stelle kaum zu energie- und klimapolitischen Zusammenhängen geäußert. Vor kurzem wurde ich aber gebeten den Leitartikel zur Dezemberausgabe der Ingenieur-Nachrichten zu schreiben, was ich Ihnen gern nachfolgend zur Kenntnis geben möchte.

Wir freuen uns auf das kommende Jahr 2018, wünschen auch Ihnen viel Glück, Erfolg und persönliches Wohlergehen - auf eine weitere, gute Zusammenarbeit.

Chemnitz im Dezember 2017

Ihr

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Wolfgang Schulz'.

Leitartikel zur Dezemberausgabe der INGENIEUR-NACHRICHTEN - Zeitschrift für Wirtschaft, Wissenschaft und Technik

(<http://ingenieurnachrichten.de/index.php/magazin/ingenieur-nachrichten-ausgabe-62017/>)

Liebe Leserinnen und Leser,

kaum ein Leitartikel kommt heute ohne einen Bezug auf den Klimawandel aus. Das Bild vom traurigen Eisbären auf einer tauenden Eisscholle ist hierfür zum Synonym geworden. Dabei ist der moderne Mensch seit 100 000 Jahren einem stetigen Klimawandel ausgesetzt und hat sich um den Preis des Überlebens an diesen anpassen müssen. Während die einen den Klimawandel überhaupt leugnen, bestreiten die anderen, dass der massive CO₂-Ausstoß durch die exzessive Verbrennung fossiler Energieträger einen Einfluss hat. Währenddessen explodiert die Weltbevölkerung. Wir werden mehr, in jedem Jahr um die Bevölkerungszahl Deutschlands. „Ihr Kinderlein kommet, ...“ - und sie kommen längst. Die vielen neuen Erdenmenschen haben Anspruch auf einen Anteil an den knapper werdenden natürlichen Ressourcen. Im Gegensatz zum Klimawandel ist die Endlichkeit natürlicher Ressourcen einigermaßen klar zu beziffern. Die Verwirklichung des Nachhaltigkeitsprinzips und die Beendigung von Raubbau und Naturzerstörung sind Ausdruck fundamentaler Vernunft.

Gerade waren zur Klimakonferenz in Bonn 25 000 (!?) Teilnehmer aus aller Welt angereist, um wieder leidenschaftlich vor den Folgen des Klimawandels zu warnen und an die Politik zu appellieren. Deutschland ist zwar nur mit ca. 1 % an der Weltbevölkerung und mit ca. 2 % am Weltprimärenergieverbrauch beteiligt, könnte aber als hoch entwickeltes Industrieland eine große Vorbildwirkung ausüben. Hingegen erreicht unser Land die selbstgestellten Klimaziele vorerst nicht.

Welche vernünftigen, ausführbaren Schritte können im eigenen Lande getan bzw. welche Fehler können korrigiert werden? Wer als Politiker nach dem hastigen Atomausstieg nun den zeitnahen Ausstieg aus Diesel und Braunkohle fordert, muss wohl mit der Physik auf Kriegsfuß stehen. Da sind Herz und Verstand anscheinend aus der Balance.

Elektromobile sind auf unseren Straßen noch kaum wahrnehmbar. Hingegen gibt es einen unübersehbaren Trend zu allradgetriebenen SUV's. Nicht ein Tesla begeistert den Wohlstandsbürger, sondern SUV's mit beliebigem Treibstoffverbrauch, die ggf. samt Reserverad und Kuhfänger als Betriebsausgaben steuerlich geltend gemacht werden können. Dafür gibt es für private Arbeitswege eine kaum kostendeckende Kilometerpauschale.

Der Ausstieg aus der Kohle bedeutet insbesondere für die betroffenen Bundesländer einen grundlegenden Strukturwandel. Wie ist dieser zu bewältigen und woher soll die Elektroenergie kommen, wenn Sonne und Wind fehlen? Es werden Reservekraftwerke und Speicher benötigt, die einspringen und ein Leistungsdefizit ausgleichen können. Damit könnte die Braunkohlegrundlast wenigstens reduziert werden.

Moderne Gaskraftwerke sind schnell verfügbar und haben höchste Wirkungsgrade. Die deutsche Gasturbinentechnologie ist marktführend. Gaskraftwerke lassen sich aber im Reservebetrieb mit geringen Einschaltzeiten am Markt kaum amortisieren. Diese müssten sinnvollerweise vorgehalten werden, wie die Feuerwehr. Auch die wenigen Pumpspeicherwerke sind in Deutschland derzeit nicht wirtschaftlich betreibbar, u.a. weil

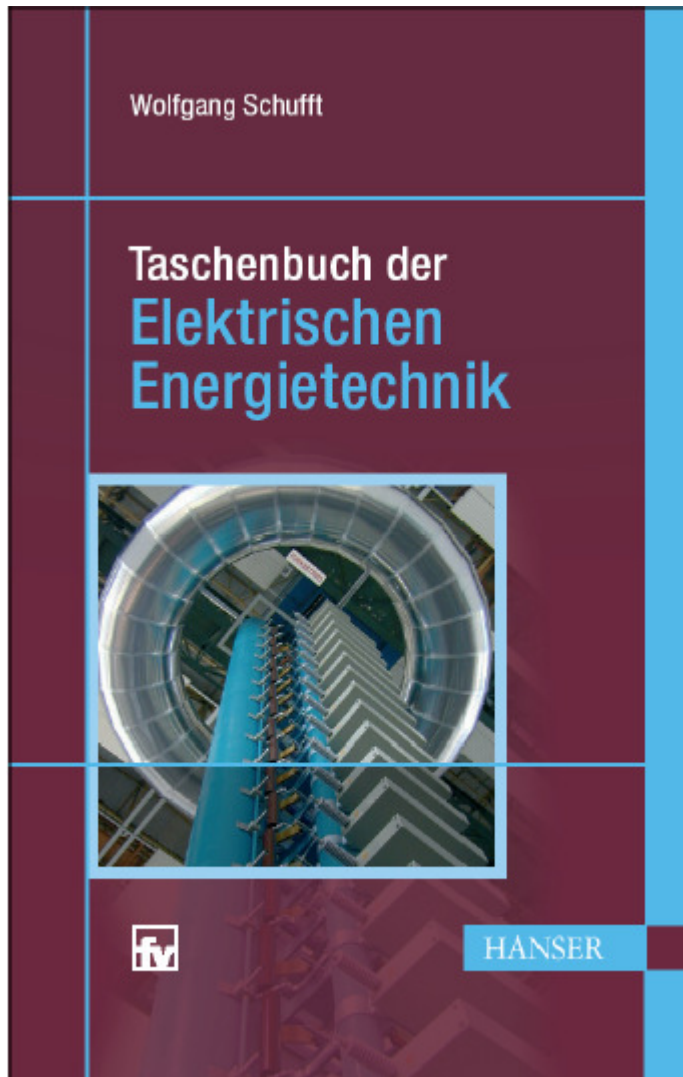
sie als Letztverbraucher mit Netznutzungsentgelten beaufschlagt werden. Reservekraftwerke und Großspeicher sollten doch vernünftigerweise als netzdienliche Einheiten den Netzbetreibern zugeordnet und über Netznutzungsentgelte finanziert werden.

Elektroenergie muss bezahlbar bleiben. Dabei hat der Anteil der Staatsquote am Strompreis seit 2013 die 50 % Marke überschritten. Eine Umsatzsteuer von 19 % wird auch auf die stetig steigende EEG-Umlage erhoben. Das Umsatzsteuereinkommen aus der Elektroenergie hat sich in den letzten 15 Jahren etwa verdoppelt. Hingegen gilt für andere lebenswichtige Güter wie Wasser, Lebensmittel und Hotelübernachtungen eine reduzierte Umsatzsteuer von 7 %. Die Deckelung der Staatsquote, ggf. zuungunsten der Umsatzsteuer, wäre eine vernünftige Maßnahme, die zudem Geringverdiener endlich spürbar entlastet.

Netzbetreiber stöhnen seit Jahren über die Anreizregulierung, dürfen nun aber auf der Basis von EEG-Netzausbauplänen wieder mehr investieren. Die BNetzA und die Netzbetreiber müssen endlich zu einer vernünftigen Zusammenarbeit auf Augenhöhe kommen, um ein volkswirtschaftliches Optimum zu finden.

Die Energiewende muss gelingen - sie ist wirklich alternativlos. Wir brauchen dazu eine konzentrierte Aktion der Politik, der Industrie, der Energieversorger und Netzbetreiber, die die Bürger und Wähler dieses Landes überzeugt.

Prof. Dr.-Ing. 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	2
2	Personelle Besetzung	8
3	Lehre	10
3.1	Studienablaufpläne	10
3.2	Beschreibung der Lehrfächer der Professur	11
4	Forschung	13
4.1	Schwerpunkte	13
4.2	Aktuelle Promotionsvorhaben	16
5	Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten	38
5.1	Bachelorarbeiten	38
5.2	Masterarbeiten	39
6	Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge	40
7	Externe Aktivitäten und Kontakte	42
7.1	Teilnahmen an Konferenzen, Tagungen, Kolloquien	42
7.2	Gäste an der Professur	43
8	Höhepunkte	44
8.1	Neuer Zweigstellenleiter des VDE Chemnitz an der TU Chemnitz	44
8.2	Lange Nacht der Wissenschaften am 20. Mai 2017	45
8.3	Verleihung des Eleonore-Dießner-Preises am 03. Juli 2017	46
8.4	Fachexkursion der Professur am 19. Juli 2017	47
8.5	Verleihung des Universitätspreises am 09. November 2017	50
8.6	I. Symposium „SyNErgIt“ am 25. Oktober 2017	51
8.7	Weihnachtsfeier am 6. Dezember 2017	52
9	Ausstattung für Praktika und Prüfungen in der Hochspannungstechnik	53
10	Laboraausstattung	56
11	Dienstleistungsangebote	60
11.1	Dielektrische Prüfungen	60
11.2	Diagnosemöglichkeiten	60
11.3	Prüfung der Stromtragfähigkeit	60
11.4	Spezielle Messaufgaben	60
11.5	Virtueller Stoßspannungsgenerator	61
11.6	Netzanalysen	61
12	Referenzen	62

2 Personelle Besetzung



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



Dipl.-Ing. Björn Born
Doktorand



Dr.-Ing. Andreas Götz
Promovierter Mitarbeiter
(bis 31.12.2017)



Dipl.-Ing. Akif Gürlek
Doktorand



M.Sc. Suleiman Hadid
Doktorand



B.Sc. Abdullah Hoshmeh
Doktorand



M.Sc. Kai Jacob
Doktorand (seit 07/17)



M.Sc. Liana Jacob
Doktorandin



Jürgen Lippold
Technischer Angestellter



Franziska Kramer
Sekretariat
(seit 01.11.17)



Dr.-Ing. Kaveh Malekian-Boroujeni
Promovierter Mitarbeiter



Prof. Dr.-Ing. Norbert Menke
LVV mbH
Lehrbeauftragter



Dr. rer. nat. Ralf Pietsch HIGHVOLT
Dresden



M.Sc. Farhad Safargholi
Doktorand



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



Michael Stark
Technischer Angestellter



Dr.-Ing. Jens Teuscher
Promovierter Mitarbeiter



B.A. Antje Voit
Sekretariat

3 Lehre

3.1 Studienablaufpläne

Lehrfach	Lehrverantwortlicher	Bachelor Elektrotechnik				Master Energie- u. Automatisierungssysteme	
		3. Sem.	4. Sem.	5. Sem.	6. Sem.	7. Sem.	8. Sem.
Basismodule:							
Elektrische Energietechnik/Nachhaltige Elektroenergieerzeugung	Schufft	2 1 0*					
Hochspannungstechnik	Schufft			3 1 2			
Elektroenergieübertragung u. -verteilung	Schufft				3 1 2		
Vertiefungsmodule:							
Netze und Betriebsmittel	Schufft				2 1 0		
Beanspruchung von Betriebsmitteln	Schufft					3 1 1	
Statistik und Isolationskoordination	Schufft						2 1 0
Ergänzungsmodule:							
Elektroenergiewirtschaft	Menke					1 0 0	
Netzberechnung und Schutztechnik	Teuscher						1 1 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.

3.2 Beschreibung der Lehrfächer der Professur

Elektrische Energietechnik/ Nachhaltige Elektroenergieerzeugung

Basismodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 3. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übungen

Prof. Schufft

Inhalt: Energiebegriff, Überblick über das Elektroenergieversorgungssystem, Elektroenergieerzeugung in Wärmekraftwerken, Nutzung von Solarenergie, Elektroenergieerzeugung aus Wasserkraftwerken, Elektroenergieerzeugung aus Windenergieanlagen, Elektroenergieerzeugung aus Bioenergie

Hochspannungstechnik

Basismodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 5. Semester

Umfang: 23 Vorlesungen / 7 Übungen / 7 Praktikumsversuche

Prof. Schufft

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

Elektroenergieübertragung und -verteilung

Basismodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 6. Semester

Umfang: 23 Vorlesungen / 7 Übungen / 7 Praktikumsversuche

Prof. Schufft

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

Netze und Betriebsmittel

Vertiefungsmodul im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik, 6. Semester

Umfang: 15 Vorlesungen / 7 Übungen

Prof. Schufft

Inhalt: Aufbau des Elektroenergienetzes, Spannungsebenen und Netzformen, Netztopologie, Systematisierung der Betriebsmittel, Aufbau und stationäres Verhalten von Betriebsmitteln, wie Leitungen, Transformatoren, Kompensationsanlagen

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

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

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

Netzberechnung und Schutztechnik

Ergänzungsmodul im Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme, 2. Semester

Umfang: 7 Vorlesungen / 7 Übungen

Dr. Teuscher

Inhalt: Netztopologie, Leistungsflussberechnungen in Strahlen-, Ring- und Maschennetz, Methoden zur Kurzschlussberechnung (symmetrisch und unsymmetrisch), Schutzmaßnahmen im Niederspannungsnetz, Schutz im Mittelspannungsnetz, Schutzkriterien und Sensoren

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 Forschung

4.1 Schwerpunkte

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 Potential sind dabei auf dem Gebiet der Einbindung leistungsstarker Off-Shore-Windparks und Integration dezentraler Erzeuger zu verzeichnen. Als Folge des zunehmenden Kostendrucks auf die Netzbetreiber, verursacht durch die Regulierung des Energiemarktes, werden verbesserte Verfahren zur Entwicklung effizienter Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien sowie an diese Regularien angepasste Hilfsmittel notwendig. Die Integrationsmöglichkeiten von Speichersystemen für Elektroenergie zum Gelingen der Energiewende haben an Bedeutung gewonnen und weisen hohe Entwicklungspotentiale auf. In der folgenden Grafik sind die Forschungsschwerpunkte mit den entsprechenden Arbeitsgebieten der Professur aufgezeigt, welche ebenso die thematische Überschneidung von Forschungsinhalten wiedergibt. Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitsgebiete näher beschrieben.



Abbildung: Forschungsschwerpunkte und Arbeitsgebiete der Professur

Netzintegration der Elektromobilität

- Auswirkungen der Elektromobilität auf das zukünftige Elektroenergiesystem
- Konzepte für multimodale Mikromobilität unter Nutzung lokaler regenerativer Energien (Nachwuchsforscherguppen fahrE und ECoMobility)

Modellierung zukünftiger Niederspannungsnetze:

- Simulation und Optimierung von Leistungsflüssen
- Belastung zukünftiger Niederspannungsnetze unter Beachtung von Verbraucher- und Erzeugerstrukturen

Speichersysteme für eine nachhaltige Energieversorgung

- Intelligente dezentrale Energiespeichersysteme (Nachwuchsforscherguppe IDE)
- Konzepte zur Speicherung von Elektroenergie im Megawatt-Bereich
- Experimentelle Untersuchung, Modellierung und Simulation von Brennstoffzellen, Wasserstoffspeichern und Elektrolyseanlagen (Hybrid-Speicher-Systeme)
- Konzepte und Verfahren für Hybridsysteme mit Batterie- und Wasserstoff-Speicherpfad zum Ausgleich dynamischer Erzeuger- und Verbraucherschwankungen im Kurz- und Langzeitbereich

Probabilistische Netzplanung:

- Probabilistische Untersuchung zur Bewertung der Lastsituation unter Einbeziehung dezentraler Erzeugungseinheiten
- Untersuchung der Einspeisecharakteristik von Photovoltaik und Windenergie in der Mittelspannungsebene
- Energieeffiziente Netzauslastung (Nachwuchsforscherguppe „SyNErgIT“)

Netzanbindung leistungsstarker regenerativer Erzeugungsanlagen

- Einfluss großer Wind- und PV-Parks auf die Übertragungs- und Verteilungsnetze
- Implementierung leistungsstarker HVDC-Systeme
- Entwicklung geeigneter Modelle von Windenergieanlagen zur Beschreibung des Systemverhaltens

Zustandsbewertung und Asset-Management

- Lebensdaueranalysen von Anlagengütern in Bezug auf den Gesamtanlagenbestand
- Untersuchung der Auswirkungen auf die Restlebensdauer von Mittelspannungs-Massekabeln durch Masseverarmung in Gefällestrecken
- Optimierung von Instandhaltungsstrategien
- Labor-Untersuchungen an Mittelspannungskabeln und -garnituren und Isoliersystemen
- Mess-, Diagnose- und Prüfverfahren (Teilentladung, Verlustfaktor, Stufentests, Dauerversuch)
- Modellierung von Betriebsmitteln
- Vor-Ort-Untersuchungen mit einem mobilen Diagnose- und Messsystem

Ausgleichsvorgänge im Elektroenergiesystem

- Transiente Ausgleichsvorgänge auf langen Kabelstrecken in der Hoch- und Höchstspannungsebene
- Berechnung von Überspannungen bei Schalt- und Fehlervorgängen im Mittel- und Hochspannungsnetz

Isolationskoordination

- Isolationskoordination in ausgedehnten Industrieanlagen
- Untersuchungen zur Ausbreitung von Blitzströmen im Hoch- und Höchstspannungsnetz unter Berücksichtigung der frequenzabhängigen Parameter von Betriebsmitteln

Oberschwingungsverhalten regenerativer Erzeugungsanlagen

- Überlagerung verschiedener Erzeugungseinheiten (Verbundprojekt Netzharmonie)
- Modellierung frequenzabhängiger Parameter der Netzkomponenten

- Optimierung der Umrichter-Modulationstechnik zur Verbesserung des Oberschwingungsverhaltens am Netz

4.2 Aktuelle Promotionsvorhaben

In der folgenden Übersicht sind die Arbeitsthemen der aktuellen Promotionsvorhaben genannt. Einen Eindruck über diese Themen und deren Bearbeitungsfortschritt sollen die darauffolgenden Beiträge vermitteln.

Aldiab, A.*:	Optimierter Betrieb von STATCOMs zur Verbesserung der Elektroenergiequalität unter besonderer Berücksichtigung von Oberschwingungen
Born, B.:	Klassifizierung von Niederspannungsnetzknoten hinsichtlich potentieller Anschlusskonfigurationen von Erzeugungseinheiten Regenerativer Energien
Dietrich, A*:	Analyse von Betriebsdaten großer Photovoltaic (PV)-Kraftwerke in Europa zur Verifizierung von Berechnungsmodellen in Simulationsprogrammen
Gürlek, A.:	Untersuchungen an der Spitze-Spitze-Elektrodenanordnung mit großen Elektrodenabständen bei Blitzspannungen
Hadid, S.:	Untersuchung der Einflussfaktoren auf den frequenzabhängigen Verlustfaktor an VPE-isolierten Mittelspannungskabeln
Hierl, A.*:	Optimierung eines Brennstoffzellengeräts zur Abdeckung des kombinierten Strom- und Wärmebedarfs für Passiv- und Niedrigenergiehäuser
Hoshmeh, A.:	Einsatz von π -Gliedern zur frequenzabhängigen Kabelmodellierung
Krätzer, T.*:	Belastbarkeit von Hoch- und Höchstspannungs-Kabelanlagen in Rohrsystemen
Kühnert, D.*:	Entwicklung einer intelligenten Ladesteuerung für Elektrofahrzeuge in einem Mobility-On-Demand-Konzept unter der Nutzung lokaler regenerativer Energien
Kühni, P.*:	Veränderte Planungsgrundsätze für zukünftige Niederspannungsnetze mit einer zunehmenden Zahl von Eigenerzeugungsanlagen, Speichern und Ladestationen
Jacob, K.:	Klassifizierung des Zustandes von Mittelspannungskabelmuffen anhand des Teilentladungsverhaltens
Jacob, L.:	Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Verteilnetzen mit komplexer Erzeuger- und Verbraucherstruktur
Safargholi, F.:	Ansätze zur Identifizierung der dominanten Oberschwingungsquelle am Netzananschlusspunkt
Wiesenhütter, E.*:	Untersuchung der Auswirkungen von Oberschwingungen höherer Ordnung auf elektrische Betriebsmittel in Energieverteilungssystemen, insbesondere auf Transformatoren.

* externe Promotion bzw. Zweitgutachterfunktion



Bewertung von Niederspannungsnetzen hinsichtlich potentieller Anschlusskonfigurationen von Energieerzeugungs- und Verbrauchseinheiten

Dipl.-Ing. Björn Born

Aus den Entwicklungen bei der Integration Erneuerbarer Energieerzeuger in das System der Elektrischen Energieversorgung ergeben sich eine veränderte Zielsetzungen bei der Auswahl der möglichen Erzeugerstandorte dieser Einheiten. Zusätzlich zu den Bemühungen jede installierte Anlage weitestgehend ohne bauliche Erweiterung der vorhandenen Netzstruktur in diese zu integrieren wurden neue regulatorische Rahmenbedingungen verabschiedet, welche die Einbindung der Erneuerbaren Energieerzeuger bestimmen. Die Deckelung der Subventionen für die Leistungsabnahme und der bereits vorangeschrittene Ausbaugrad an jenen Anlagen verändern die Zielstellungen an die Bewertungsverfahren für die Auswahl an geeignete Standorte. Insbesondere aus Sicht des Niederspannungsnetzes ergibt sich ein Bedarf nach genaueren Verfahren zur Auswahl der Einspeisepunkte. Zusätzlich zu diesen Überlegungen wird in den folgenden Jahren die Integration von Ladesystemen für elektrisch betriebene Personenkraftfahrzeuge in bestehende Niederspannungsnetze relevant. Es ergeben sich ebenso wie bei den Erzeugungseinheiten gesonderte Ansprüche an die vorhandenen Netzstrukturen, um diese Systeme aufnehmen zu können. Um die Anforderung an diese Bewertung genauer darstellen zu können soll zunächst auf bereits entwickelte Verfahren eingegangen werden.

Das für die Zulassung von zusätzlich in das bestehende Netz einzubringenden Einheiten nötige Verfahren wird als Anschlusspunktbewertung bezeichnet. Jedoch verzichtet der Gesetzgeber, bei der Verwendung dieses Terms wie zum Beispiel im Erneuerbare-Energien-Gesetz, stets auf die genaue Definition dieses Verfahrens. Es wird lediglich auf die Umstände verwiesen, welche, nach dem nicht einhalten der bei diesem Test gestellten Grenzwerte, folgen können. Nach Recherche bei Netzbetreibern über das Vorgehen bei diesem Test konnte eine prinzipielle Herangehensweise ermittelt werden. Für das zu integrierende System wird eine Überschlagsrechnung bezüglich der Auswirkungen auf die nach DIN EN 50160 einzuhaltenden Parameter erstellt. Sollte es zu Überschreitungen dieser kommen, wird mit Hilfe einer Berechnungsumgebung das zu betrachtende Netz um das entsprechende Systemelement erweitert. Die darauf aufbauenden statischen und quasistatischen Berechnungen müssen meist mit viel zeitlichen Aufwand mit Lastgangs- und Erzeugungsdaten untersetzt werden. Da diese jedoch meist nicht in ausreichender Genauigkeit zu ermitteln sind und der Berechnungsaufwand bei Berechnungen über lange Zweiträume ebenso stark steigt, wird hier häufig auf „Worst-Case-Betrachtungen“ zurückgegriffen. Bei diesen werden die für das Netz anspruchsvollsten Konstellationen an Energieverbrauch und -erzeugung miteinander kombiniert. Dabei werden jedoch keinerlei Betrachtungen zur Gleichzeitigkeit dieser Situationen vorgenommen. Die Untersuchungen hierzu ergaben jedoch, dass nicht davon auszugehen ist, dass zum Beispiel ein Lastminimum und ein Erzeugungsmaximum zusammen, auch wenn die beiden Extremfälle saisonal in den selben Zeitraum zu gruppieren sind.

Für genaue Betrachtungen der Integrationsfähigkeit bleibt also nur die ausführliche quasidynamische Lastflussberechnung, welche die aufwendige zu ermittelnde Datenbasis voraussetzt. Hierfür müssen jedoch unter Umständen nicht mit genauen Modellen der zu integrierenden Systeme simuliert werden oder auch nicht die Daten für ein ganzes Jahr vorhanden sein. Die möglichen Vereinfachungen dieser Berechnungen sollen folgend untersucht werden.



Untersuchungen an der Spitze-Spitze-Elektrodenanordnung mit großen Elektrodenabständen bei Blitzstoßspannungen

Dipl.-Ing. Akif Gürlek

Das Hauptanliegen dieses Forschungsvorhabens besteht darin, einen Beitrag zur Modellierung des rückwärtigen Überschlages zu leisten. In heutigen Simulationsprogrammen wie ATP/EMTP stehen beispielsweise für Netzsimulationen zur Isolationskoordination lediglich mathematisch ungenaue Modelle (messtechnisch nicht verifiziert) für die Berechnung schnellveränderlicher Vorgänge infolge direkter Blitzeinschläge in den Leitern zur Verfügung. Bisher wird das Verhalten des rückwärtigen Überschlages für eine statistische Auswertung nicht in Betracht gezogen oder es werden Werte (aus mathematischer Modellierung) mit einem hohen Sicherheitsfaktor beaufschlagt.

Im Rahmen der Arbeit von Shirvani konnte erstmals das Durchschlagverhalten bei Blitzspannung messtechnisch ermittelt und anschließend beschrieben werden. Um die Messung zu realisieren, wurde ein Messsystem entwickelt, mit welchem kleine Vorentladeströme (wenige 10 A) bei sehr hoher Spannung (bis zu 2,4 MV) aufgenommen werden können. Des Weiteren wurde mit einer Hochgeschwindigkeitskamera eine Fotosequenz mit einer Bildreihenfolge von bis zu 8 Bildern aufgenommen. Für die Ermittlung des grundsätzlichen Verhaltens wurden Messungen an einer Spitze-Platte-Elektrodenanordnung durchgeführt.

Für den realen Anwendungsfall des rückwärtigen Überschlages bedarf es an weiterem Forschungsbedarf. Hier gilt es, die im Grundsatz ermittelten Zusammenhänge an einer realen Elektrodensatzanordnung zur Nachbildung eines Hochspannungsfreileitungsisolators zu prüfen und nachzuweisen. Werden lediglich die Lichtbogenschutzarmaturen des Isolators betrachtet, so ist der Anordnung zu entnehmen, dass sie zwei gegenüberliegende Spitzen darstellen. Um den Isolator zu Messzwecken auf eine Ersatzanordnung zu überführen, wird sich für eine Spitze-Spitze-Elektrodenanordnung entschieden.

Für diese symmetrische Elektrodenanordnung kann nicht explizit genannt werden, von welcher Elektrode die Entladung beginnen bzw. den höch-

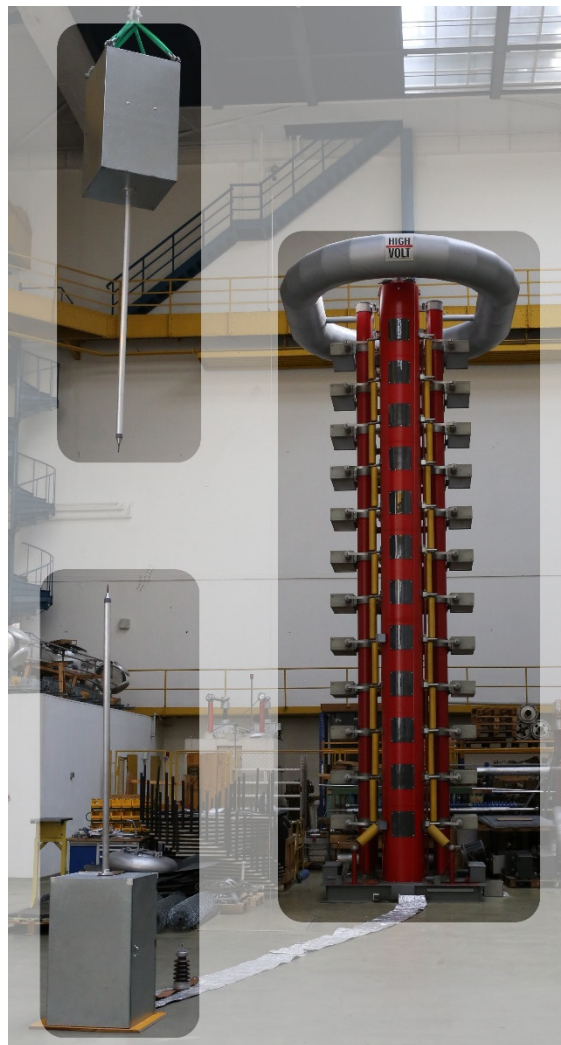


Abbildung 1: Messanordnung zur synchronen Erfassung der Vorentladeströme beidseitiger Elektroden

ten Einfluss auf das Entladungsverhalten bei einem Durchschlag haben. Aus diesem Grunde bedarf es an beiden Seiten der Elektroden eine gleichzeitige Messung des Stromes. Hierfür wurde ein Messsystem entwickelt (siehe Abbildung 1), bei dem eine synchrone Messung des Vorentladungsstroms an beiden Enden der Elektroden möglich ist. So lässt sich der Einfluss beider Seiten auf den Durchschlagprozess ermittelt. Neben der Strommessung wird mithilfe einer Bildverstärkerkamera das Entladungsverhalten in einer Bildsequenz aufgenommen.

Zur Verdeutlichung einer Messung, wird beispielhaft auf die Abbildung 2 verwiesen.

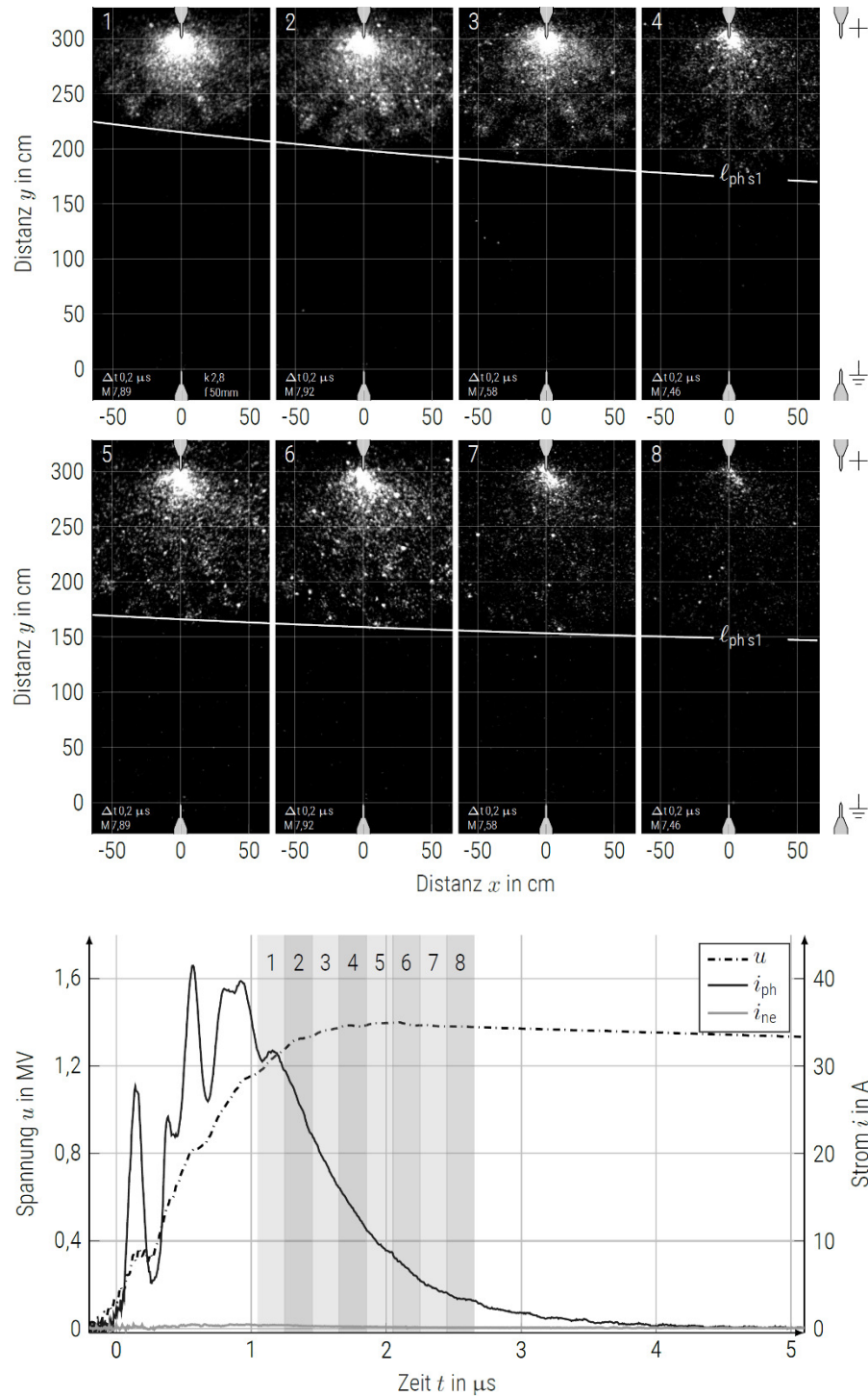


Abbildung 2: Bildsequenz, Stromverläufe und Spannungsverlauf für $s = 3 \text{ m}$ und bei $U = 1400 \text{ kV}$

Bedingt durch die zur Verfügung stehende Hochgeschwindigkeitskamera HSFCpro von PCO, ist eine Bildsequenz von bis zu acht Bildern möglich. Der Zeitpunkt der Belichtung und die Belichtungsdauer können dem Diagramm durch die gezeichneten grauen Flächen entnommen werden. Die sich darin befindlichen Zahlen korrespondieren mit der Reihenfolge der Bildsequenz, welche sich am oberen linken Rand des jeweiligen Bildes befinden.

Im Diagramm sind die gemessenen Vorentladungsströme an beiden Spitzenelektroden:

- i_{ph} : Strom an der Hochspannungs-Spitzenelektrode bei positiver Polarität der anliegenden Spannung
- i_{ne} : Strom an geerdeter Spitzenelektrode bei positiver Polarität der anliegenden Spannung

sowie die nachgebildete Spannung u abgebildet. Die Nachbildung resultiert daher, da die am Spannungsteiler des Marx-Generator gemessene Blitzspannung nicht der wahren Spannung zwischen den Spitzenelektroden widerspiegelt.

Wie nun anhand der Bildsequenz der Abbildung 2 zu betrachten ist, treten Vorentladungen nur an der positiven Spitzenelektrode auf. Diese entsprechen Streamerentladungen, die durch Photo- und Stoßionisationen entstehen. Sie breiten sich radial symmetrisch entlang der y-Achse der Elektrodenkonfiguration aus. Die Ausbreitung entspricht visuell einer Halbkugel. Die Ausbreitung beträgt anhand der Bildsequenz von $l_{ph}=153$ cm. Daraus ergibt eine mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit von $\bar{v}_{ph} = \frac{153 \text{ cm}}{2,65 \mu\text{s}} = 57,74 \frac{\text{cm}}{\mu\text{s}}$.

Die Intensität des Lichtes des jeweiligen Bildes weist einen direkten Zusammenhang zum Vorentladungsstromverlauf auf. Hierzu hat Shirvani nachgewiesen, dass die Strahldichte $\frac{d\phi_e}{dV}$ proportional zum Betrag der Stromdichte $|\vec{J}|$ ist.

Anhand des Diagramms lässt sich der Scheitelwert des Vorentladungsstroms an der positiven Spitzenelektrode auf $i_{ph}=41,57$ A beziffern. Dessen Form entspricht einer doppeltexponentiellen Funktion, die durch Schwingungen überlagert ist. Diese Überlagerung entsteht aufgrund der schwingenden Blitzspannung zwischen den Spitzenelektroden. Das Integral des Vorentladungsstromes i_{ph} führt zu einer resultierenden Ladung von $q_{ph}=45,34$ μAs .

Anhand der Bildsequenz und dem Diagramm sind keine Vorentladungen visuell bzw. Vorentladungsströme messtechnisch an der geerdeten Spitzenelektrode zu erfassen. Dennoch ist ein Strom von $i_{ne}=0,56$ A messbar. Grund hierfür ist die kapazitive Kopplung der Elektrodenanordnung, die sich durch die Änderung der Spannung als auch durch die Änderung der Kapazität infolge der Vorentladungen zusammensetzen:

$$i_{ne} = C \cdot \frac{du}{dt} + u \cdot \frac{dc}{dt}$$

Ihre Ladung wird zu $q_{ne}=1,18$ μAs errechnet, die im Vergleich zu der Ladung an der positiven Spitzenelektrode gering ist.

GÜRLEK, A.; SHIRVANI A.; SCHUFFT, W., 2017. Electrical measurements and photographic acquisition of pre-discharges on long rod-rod air gaps under lightning impulse voltage. In: *20th International Symposium on High Voltage Engineering*. Buenos Aires, ISBN 978-987-45745-5-8



Frequenzabhängige Verlustfaktormessung an VPE-isolierten Mittelspannungs-Kabelstrecken

M. Sc. Suleiman Hadid

Für Energieversorger und Netzbetreiber sind genaue und zuverlässige Informationen über den Kabelzustand und die verbleibende Lebensdauer der Kabelnetze von großer Bedeutung. Eine Möglichkeit zur Erkennung des integralen Zustandes von VPE-isolierten Mittelspannungskabeln ist die Verlustfaktormessung. Der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ gibt Aufschlüsse über die Güte der Hauptisolierung eines elektrischen Betriebsmittels. Derzeit gibt es verschiedene Messverfahren, bei denen der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ nur bei einer diskreten Frequenz über die Messspannung bestimmt und ausgewertet wird. Diese Verlustfaktormessungen zeichnen sich durch eine große Unsicherheit in der Bewertung des Zustandes aus. Weiterhin gibt es eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die bei der Verlustfaktormessung eine Rolle spielen und welche die Verlustfaktormessung verfälschen können.

Bei einer frequenzabhängigen Verlustfaktormessung mittels Frequenzbereichsspektroskopie (Frequency Domain Spectroscopy: FDS) zeigt sich, dass die Messung des dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ über einen breiten Frequenzbereich deutlich mehr Informationen enthält, als die Verlustfaktormessung bei einem diskreten Frequenzwert. Veränderungen des dielektrischen Verlustfaktors $\tan \delta$ als Folge der Alterung bilden sich im Frequenzspektrum ab.

Die Verlustfaktormessung mittels Frequenzbereichsspektroskopie wurde 2013 zum ersten Mal an Mittelspannungs-Kabelstrecken durchgeführt. Dabei wurde eine Teststrecke mit ca. 2208 m Länge untersucht, welche eine Kapazität von 845 nF besitzt. Bei dieser Messmethode wird der Verlustfaktor $\tan \delta$ über einen Frequenzbereich stufenweise von 0,01 Hz bis 1000 Hz bei Spannungen bis 200 V ermittelt. Mit Hilfe des Verlaufs des Verlustfaktors $\tan \delta$ über einen großen Frequenzbereich können weitere Zustandsinformationen zur Isolierung und zu den Leitschichten gewonnen werden. Mit der frequenzabhängigen Verlustfaktormessung werden außerdem Vergleiche zwischen den Messergebnissen von verschiedenen, klassischen Diagnose- bzw. Prüffrequenzen (z.B. 0,1 Hz, 50 Hz, 20-300 Hz) möglich. Über den gesamten Frequenzbereich ändert sich der Verlustfaktor $\tan \delta$ mit der Kabelalterung, wobei die Kurvenform bei normaler Alterung nahezu erhalten bleibt, bzw. sich nur langsam ändert. Entsprechende Untersuchungen der TU Chemnitz zeigen, dass der frequenzabhängige Verlustfaktor $\tan \delta$ eine V-Form aufweist und das Minimum des Verlustfaktors $\tan \delta$ an neuwertigen VPE-isolierter Mittelspannungskabel im Frequenzbereich [1-10] Hz liegt. Dieses Minimum verschiebt sich mit der Kabelalterung, abhängig von der Komponentenart der Kabelhauptisolierung, langsam in den Bereich höherer oder niedriger Frequenzen. Weiterhin sind durch die Ermittlung eines kabelspezifischen Verlaufs des Verlustfaktors $\tan \delta$ erstmals Aussagen über die zukünftige Entwicklung des Verlustfaktors $\tan \delta$ möglich.

Die Ergebnisse der frequenzabhängigen Verlustfaktormessung in Abbildung 1 deuten darauf hin, dass eine Zustandsbewertung anhand eines Kurvenvergleichs des Verlustfaktors $\tan \delta$ durchführbar ist. Der Anstieg der Leitfähigkeit im niedrigen Frequenzbereich während der Messung im Jahr 2016 führt zu einer langsamen Verschiebung des Verlustfaktorminimums im Vergleich zu den Messungen 2013 und 2015.

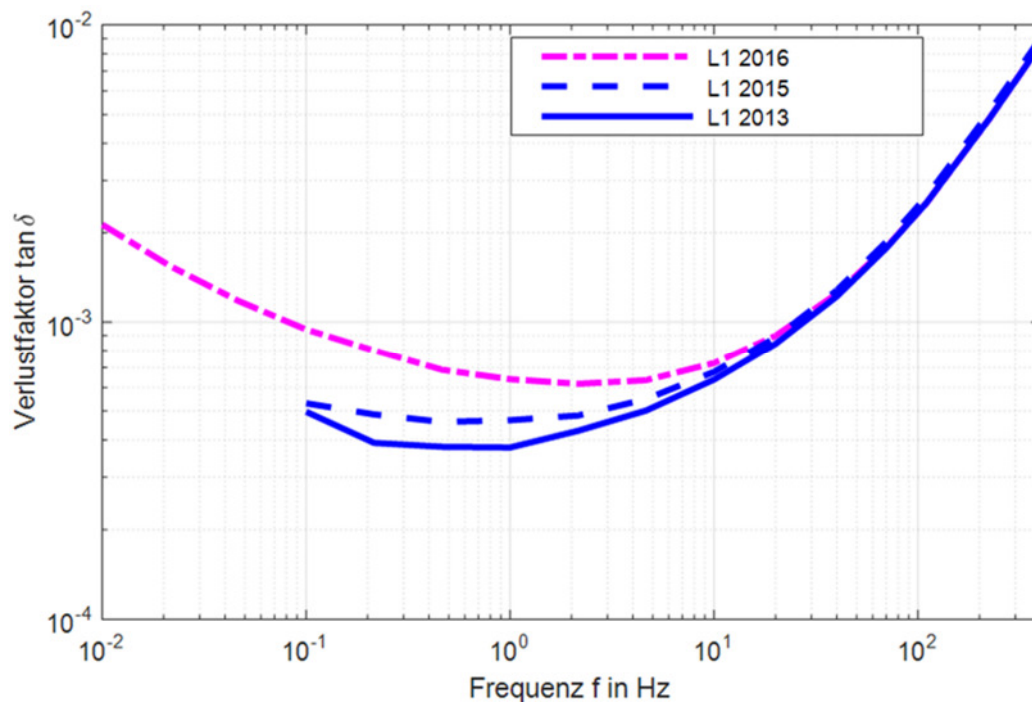


Abbildung 1: Frequenzabhängigkeit des Verlustfaktors

Dies bestätigen ebenso zahlreiche Untersuchungen an der TU Chemnitz, dass das Verlustfaktorminimum neuwertiger VPE-isolierter Mittelspannungskabel im Frequenzbereich [1-10] Hz liegt und sich mit der Kabelalterung in den Bereich höherer Frequenzen verschiebt.

Diese Erkenntnis ist besonders für Alterungsstudien entscheidend und damit auch für die Zustandsbewertungen von VPE-isolierten Mittelspannungskabeln. Die Verschiebung des Minimums des Verlustfaktors $\tan \delta$ kann als Alterungsmaß zukünftig für die Kabeldiagnose eingeführt werden.



Entwicklung eines frequenzabhängigen Kabelmodells unter Verwendung einer komplexen π -Ersatzanordnungen

Ba. Sc. Abdullah Hoshmeh

Kabel sind ein wichtiger Bestandteil des Elektroenergiesystems. Für die Kenntnis des Verhaltens von Kabeln sind Modelle erforderlich, die ihr Verhalten im stationären Zustand und bei transienten Vorgängen hinreichend genau abbilden können.

Eine Methode zur Modellierung von Kabeln basiert auf konzentrierten Parametern. Hierbei wird das Kabel durch eine Ersatzanordnung, in der Regel durch eine Kaskade von π -Gliedern, modelliert. Das Prinzip dieser Modelle ist relativ einfach. Allerdings vernachlässigt das bisher verwendete π -Glieder-Kabelmodell die Frequenzabhängigkeit der Kabelparameter. Deshalb wird dieses Modell nur im stationären Zustand verwendet.

Abbildung 1 zeigt ein π -Glieder ohne Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit von Kabelparametern. In der Abbildung sind die Hauptelemente in Längsparametern (R und L) und Querparametern (C und G) eingeteilt.

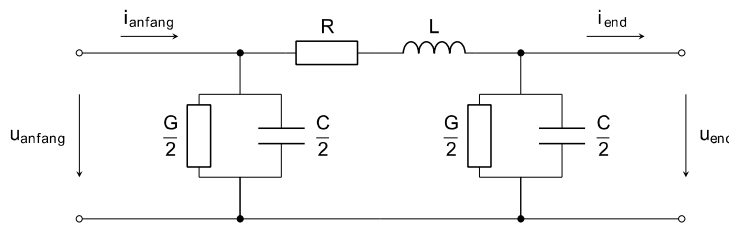


Abbildung 1: Ein π -Glieder ohne Frequenzabhängigkeit

Die Frequenzabhängigkeit der Querparameter kann vernachlässigt werden. Allerdings sind die Längsparameter stark frequenzabhängig. Demzufolge muss die Frequenzabhängigkeit von Längsparametern in einem Kabelmodell berücksichtigt werden.

Die Frequenzabhängigkeit von Längsparametern wird im entwickelten dreiphasigen π -Glieder-Kabelmodell durch eine Schaltung elektrischer Elemente wie in der Abbildung 2 berücksichtigt.

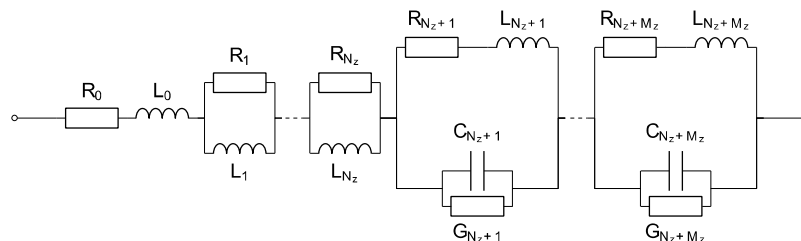


Abbildung 2: Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit im entwickelten π -Glieder-Kabelmodell

Für die Entwicklung des dreiphasigen π -Glieder-Kabelmodells wird die Modaltransformation benutzt. Mit Hilfe dieser Transformation können die Kopplungen zwischen den Leitern im Kabelsystem vernachlässigt bzw. eliminiert werden. Dadurch können die Leiter unabhängig voneinander betrachtet werden. Diese Betrachtung wird die Modellierung vereinfachen. Um das Kabelmodell mit dem angeschlossenen Netz zu

verbinden, müssen die berechneten Modalgrößen zu Leitergrößen zurück transformiert werden. Abbildung 3 zeigt eine schematische Darstellung des Prinzips der Modaltransformation.

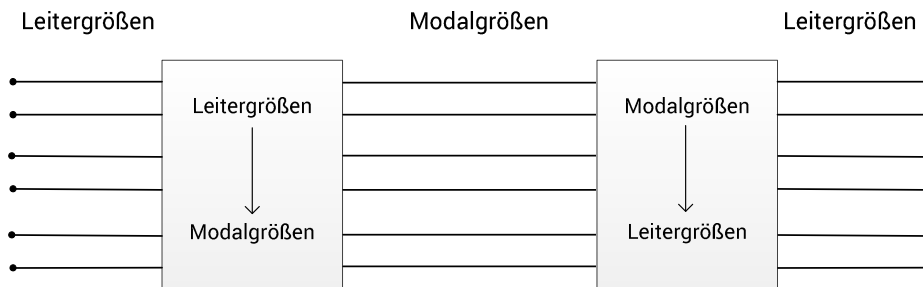


Abbildung 3: schematische Darstellung der Modaltransformation

Zur weiteren Anwendung des π -Glieder-Kabelmodells in Simulationsprogrammen ist die Untersuchung der Anzahl der π -Glieder notwendig. Der Einfluss der Anzahl der π -Glieder wird zunächst mit Hilfe des Simulationsbeispiels der Abbildung 4 demonstriert. Hierbei wurde das Kabel dreipolig über den Schalter S_1 auf 1kV aufgeladen. Im Anschluss wurde das Kabel durch einen Kurzschluss über den Schalter S_2 entladen. Der dabei durchfließende Strom am Kabelanfang i_A wurde gemessen.

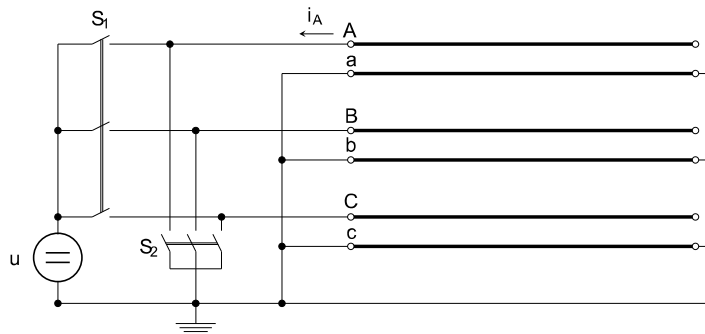


Abbildung 4: Anordnung der Kabelmessung

Abbildung 5 zeigt den simulierten Leiterstrom i_A bei der Verwendung unterschiedlicher Anzahl der π -Glieder n im Vergleich zum gemessenen Strom.

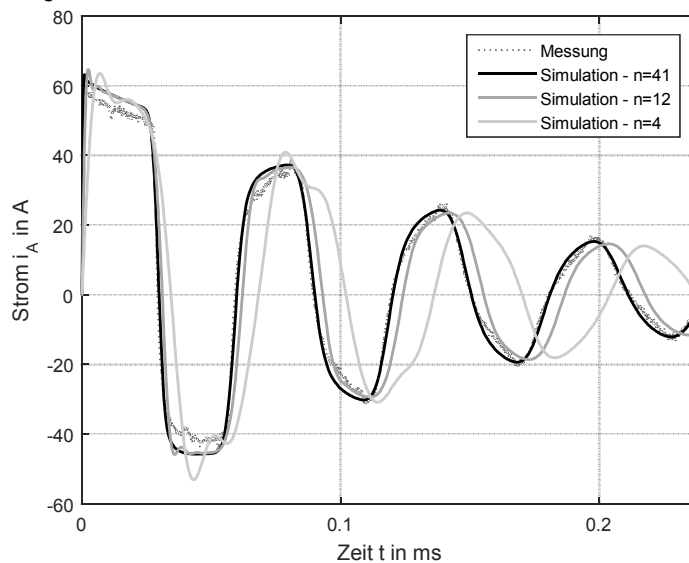


Abbildung 5: Vergleich des gemessenen Stroms und der simulierten Ströme des Leiters A bei unterschiedlicher Anzahl an π -Gliedern n

Wie in der Abbildung 5 zu sehen ist, hat der Stromverlauf bei der Anzahl der π -Glieder $n=41$ die beste Übereinstimmung mit dem gemessenen Strom. Diese Übereinstimmung verringert sich bei der Reduzierung der Anzahl der π -Glieder, wobei eine schlechtere Übereinstimmung bei der Auswahl einer niedrigen Anzahl der π -Glieder $n=4$ erreichen wird. Die Reduzierung der Anzahl der π -Glieder beeinflusst einerseits die Genauigkeit der Berechnungen. Andererseits hat eine Verringerung der Anzahl der π -Glieder eine deutliche Reduzierung des Berechnungsaufwands zur Folge. In diesem konkreten Fall reduziert sich die Dimension der Gleichungen von 6642 bei $n=41$ auf 1944 bei $n=12$ und auf 648 bei $n=4$. Hierdurch reduziert sich auch die Berechnungszeit des π -Glieder-Kabelmodells von 5,2 s bei $n=41$ auf 3 s bei $n=12$ und auf 2,2 s bei $n=4$.

HOSHMEH, A., SCHMIDT, U., 2017. A full frequency-dependent cable model for the calculation of fast transients. In: Energies 2017



Klassifizierung des Zustandes von Mittelspannungskabelmuffen anhand des Teilentladungsverhaltens

M. Sc. Kai Jacob

Im Zuge der Energiewende wird der Ausbau erneuerbarer Energien forciert, was zu einer Erhöhung der mittleren Lastflüsse sowie zu starken Schwankungen der Ströme führt. Da neu errichtete Onshore-Anlagen überwiegend die Mittelspannungsebene versorgen, ist von den Netzbetreibern eine gestiegene Ausfallrate der betroffenen Netzabschnitte zu beobachten.

Die Gesamtzuverlässigkeit von Mittelspannungskabelanlagen wird maßgeblich durch die Mittelspannungskabelmuffen bestimmt, da hier eine generell inhomogenere Feldverteilung vorherrscht. Es ist daher zu erwarten, dass sich die geänderten Betriebsbedingungen durch die Einspeisung regenerativer Energien direkt auf die Alterungs- und Zustandsentwicklung von Mittelspannungskabelmuffen auswirkt. Eine beschleunigte Alterung reduziert damit die zu erwartende Lebensdauer der Betriebsmittel, was wiederum den Instandhaltungsaufwand beeinflusst.

Durch geeignete Untersuchungen lassen sich damit entsprechende Handlungsempfehlungen ableiten, welche mittels einer zielgerichteten Zustandsbewertung im Rahmen einer zustandsorientierten Instandhaltung die Folgekosten minimieren.

Im Rahmen der Untersuchungen konnte ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Einspeiseverhalten von regenerativen Energien und der beschleunigten Alterung von Mittelspannungskabelmuffen durch Teilentladungen hergestellt werden.

So äußern sich veränderte Betriebsbedingungen durch EEG-Einspeiser durch vermehrt sporadische oder zyklische Stromwechsel mit deutlich größeren Stromdifferenzen und durchschnittlichen Strombeanspruchungen gegenüber urbanen Mittelspannungsnetzen. Dies hätte vergleichbare Auswirkungen auf die Temperatur der Mittelspannungskabelanlage als kausale Folge der Stromwärme. Eine eingehende Analyse zeigte, dass die thermische Trägheit von Mittelspannungskabelmuffen zu gering ist um derartige Stromschwankungen thermisch zu dämpfen. Infolge ergeben sich vergleichbare Verhaltensweisen von Strom- und Wärmebeanspruchung, wie Abbildung 1 zeigt.

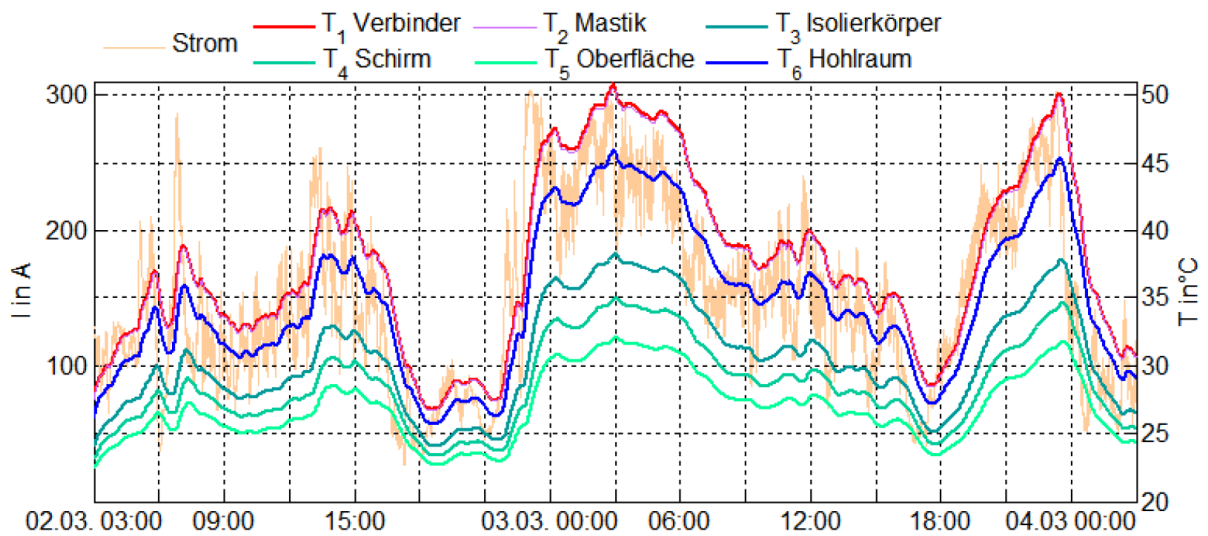


Abb. 1: Stromprofil und simulierter Temperaturverlauf der Anbindung einer Windenergieanlage innerhalb von 48 Stunden

Die Auswirkung der Temperaturwechsel auf das TE-Verhalten wurde durch einen geeigneten Prüfling (Mittelspannungskabelmuffe mit Schrumpffehler) sowie eine Messschaltung mit zusätzlichen Temperatur- und Drucksensoren nachempfunden. Der Prüfling wurde während einer einstündigen Stabilisierungsphase einer reinen Spannungsbeanspruchung bei Nennspannung U_0 ausgesetzt, dem folgte eine vierstündige Erwärmungsphase bei Nennspannung und Nennstrom, gefolgt von einer vierstündigen Abkühlungsphase bei Nennspannung. Dieser Messzyklus wurde dreimal wiederholt. Die resultierenden Messergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

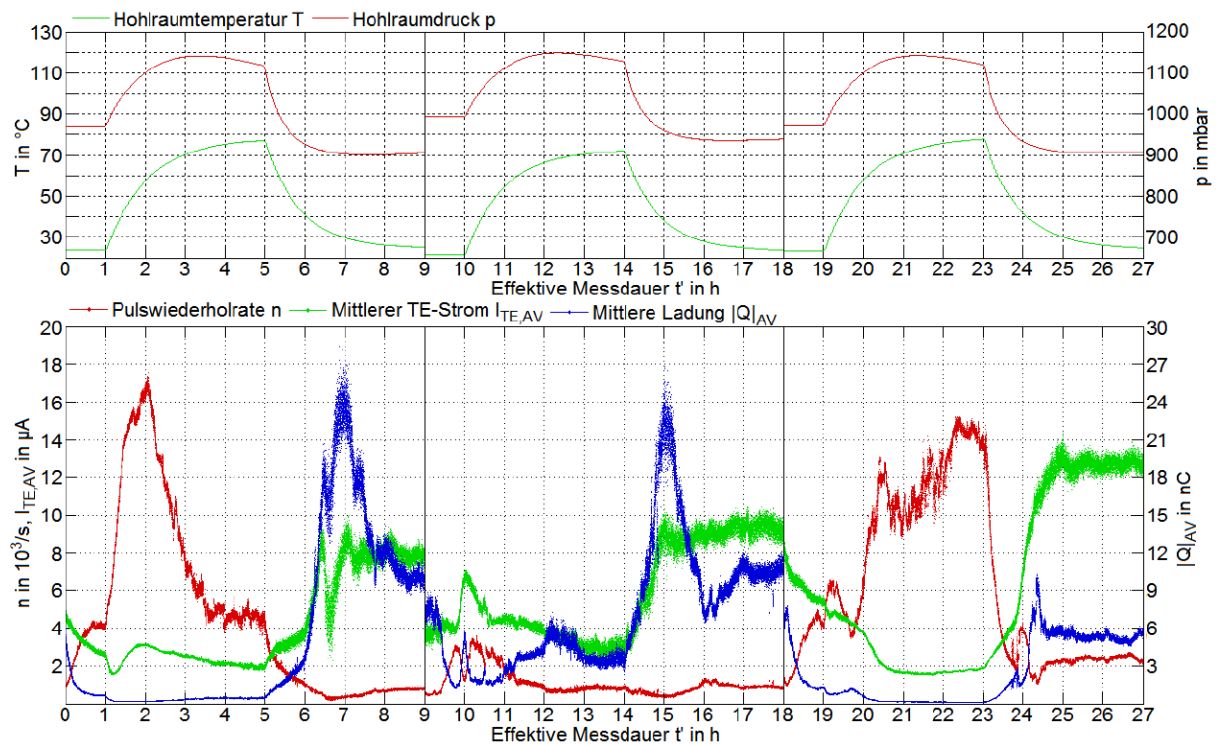


Abb. 2: Zeitverläufe der Hohlraumtemperatur und des Hohlraumdrucks (oben) sowie der Pulswiederholrate, des mittleren TE-Stroms und der betragsmäßig mittleren Ladung (unten)

Neben der sich einstellenden Unterdruckphase während der Abkühlung und des gegensätzlichen Verhaltens von Pulswiederholrate und mittlerer Ladung ist besonders der sich stetig erhöhende mittlere TE-Strom während der Abkühlphasen bemerkenswert. Die Berücksichtigung der Spannung liefert einen qualitativ vergleichbaren Verlauf der TE-Leistung, was durch numerische Integration einen deutlich erhöhten TE-Energieumsatz während der Abkühlung quantifiziert.

Die Klassifizierung des Entladungsverhaltens und perspektivisch des Zustandes lässt sich durch die Auswertung statistischer TE-Merkmale bewerkstelligen. Unter anderem kommt dafür die Anwendung der von Kreuger durchgeführten Evaluation eindeutig definierter TE-Phänomene in Form des „Kreuger-Diagramms“ in Frage. Dabei bietet sich die Auswertung nach zwei Methoden an. Zum einen kann die „Threshold-Methode“ angesetzt werden, wobei ein Grenzwert für die TE-Ladung von 2 nC pro Minute gilt und zum anderen die „Mittelwert-Methode“, bei der alle TE-Ereignisse mit einbezogen werden. In Abhängigkeit der Position der sich ergebenden Datenpunkte rechtsseitig der „Kreuger-Bänder“ kann der Zustand quantifiziert werden. Abbildung 3 zeigt das entsprechende „Kreuger-Diagramm“.

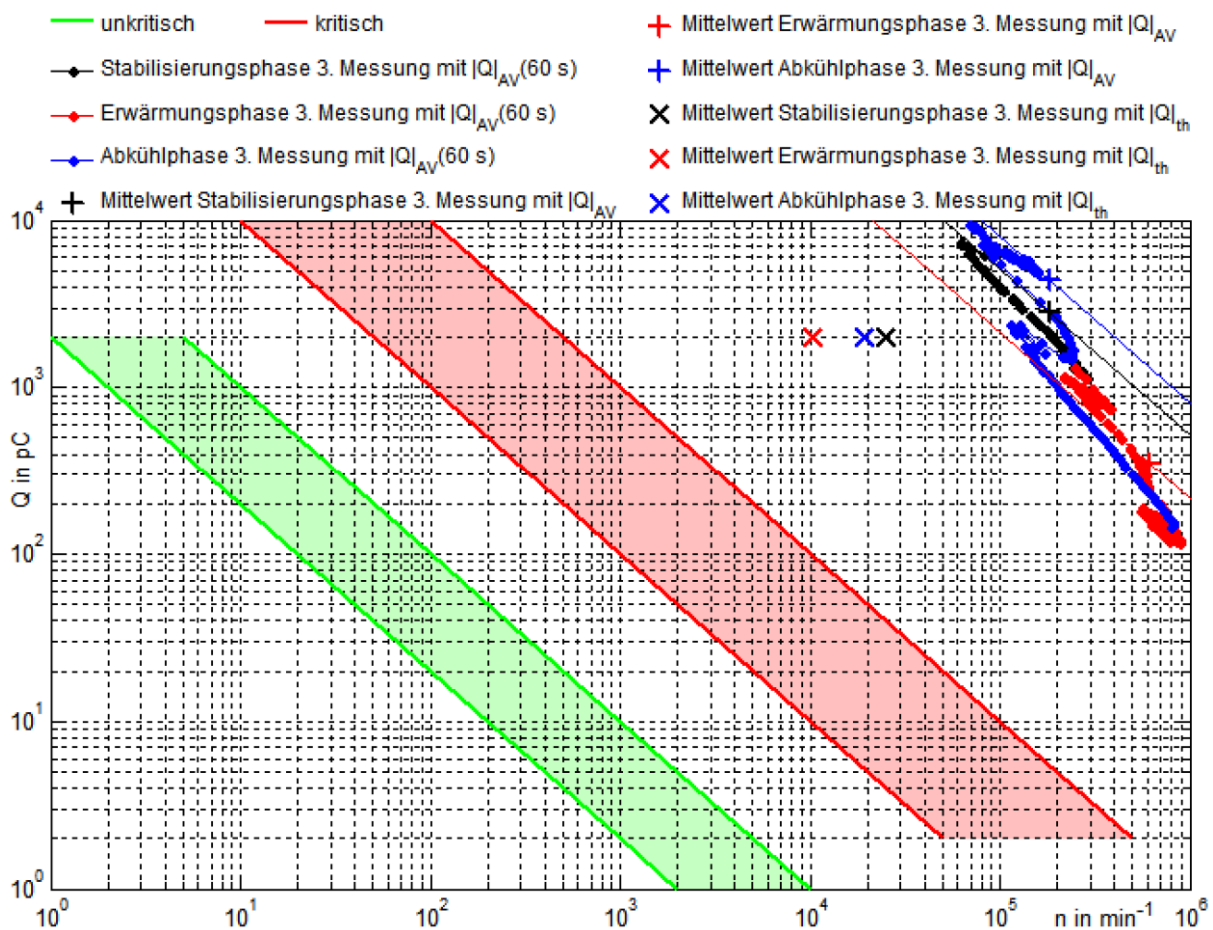


Abbildung 3: „Kreuger-Diagramme“ der Stabilisierungs-, Erwärmungs-, sowie Abkühlphase der 3. Messreihe als kompletter Verlauf mit 60-s-Intervallen und den Mittelwerten mittels „Mittelwert-Methode“ sowie der Mittelwerte mit „Threshold-Methode“

Unter Einbeziehung aller Teilentladungen mittels der „Mittelwert-Methode“ lässt sich eine Entwicklung der Messwerte für 60-Sekunden-Intervalle während der Stabilisierungs-, Erwärmungs-, und Abkühlphase angeben. Bei Betrachtung der eingetragenen Werte ist festzustellen, dass diese ausschließlich und weit rechtsseitig der „Kreuger-Bänder“ liegen. In Anbetracht der Schwere des vorhandenen Montagefehlers sollte eine Methode zur Kategorisierung bzw. Bewertung eindeutig auf ein hohes Betriebsrisiko hinweisen.

Unter dieser Betrachtung ist die Anwendbarkeit der Zustandsbewertung mittels „Kreuger-Diagramm“ nicht abzulehnen. Ebenso liefern eine genauere Betrachtung der Werte und deren Lage untereinander plausible Ergebnisse. So ergibt sich bei Betrachtung des Pfades der Datenpunkte während der Erwärmung eine Zustandsverbesserung gegenüber der Stabilisierungsphase. Entgegen dazu stellt sich während der Abkühlung eine Verschlechterung des Zustandes ein, was sich mit den Erkenntnissen aus Abbildung 2 deckt.

Die Anwendung der „Kreuger-Diagramme“ sowie die Berechnung der TE-Energie bei Erwärmungs- und Abkühlungsvorgängen ließen sich damit auch auf die Klassifizierung des Zustandes von Mittelspannungskabelmuffen übertragen. Eine Zustandsveränderung, welche sich in einem veränderten TE-Verhalten ausdrückt, kann durch diese Methoden quantifiziert werden.



Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Verteilnetzen mit komplexer Erzeuger- und Verbraucherstruktur

M. Sc. Liana Jacob

Im Zuge der Energiewende soll die Einspeisung erneuerbarer Energien das Elektroenergiesystem prägen. Jedoch unterliegen erneuerbare Energiequellen gewissen Unsicherheiten, so dass eine wetterbedingte Dynamik der Verfügbarkeitsprofile von Elektroenergie in Betracht gezogen werden muss. Da Erzeugung und Verbrauch im Elektroenergiesystem stets im Gleichgewicht zueinander gehalten werden müssen, werden Ausgleichspotenziale durch unterschiedliche technische sowie wirtschaftliche Mechanismen bereitgestellt. Dieses Ausgleichspotenzial kann jedoch mittels Lastmanagement / Demand-Side-Management auch auf der Verbraucherseite erschlossen werden.

Die Flexibilisierung der Verbrauchereinheiten kann unter anderen durch den Einsatz von Datenzentren realisiert werden. Durch den schnellen und verlustarmen Datentransfer zwischen einzelnen räumlich verteilten Datenzentren kann somit eine Lastumverteilung zwischen leistungsarmen sowie leistungsstarken Regionen erfolgen. Hieraus ergibt sich die Herausforderung des Modellierens von flexiblen Lasten.

Mögliche übergeordnete Ziele der Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Verteilnetzen mit komplexer Erzeuger- und Verbraucherstruktur sind die Minimierung des Bedarfs an Regel- und Ausgleichenergie oder die Maximierung der zur Verfügung stehenden Übertragungskapazitäten des Netzes sowie die Minimierung der Verluste.

Zum Zwecke der Untersuchung des Netzes im stationären Zustand lässt sich die klassische Leistungsflussberechnung durchführen. Nach der Lösung der Leistungsflussgleichungen kann die Einhaltung der Spannungsverhältnisse sowie der Auslastungsgrenzen beurteilt sowie bestimmte Grenzwertverletzungen angezeigt werden.

Wird jedoch eine Optimierung des Netzbetriebs verfolgt, so bietet sich die optimierte Leistungsflussberechnung als Instrument zur Untersuchung von Netzen an. Die optimierte Leistungsflussberechnung berücksichtigt sowohl die Erfüllung der Leistungsflussgleichungen und dadurch die Bilanzierung des Netzes als auch vordefinierte Ungleichungen zur Definition von Zustandsvariablen. Diese sind die Wirk- und Blindleistungen der Generatoren. Weiterhin können Intervalle der Knotenspannungen, der Spannungswinkel sowie der Betriebsströme festgelegt werden. Diese gelten als Randbedingungen zur Lösung der optimierten Leistungsflussberechnung. Ergebnisse der optimierten Leistungsflussberechnung sind nicht nur die Spannungen und Ströme im Netz, sondern auch die Istwerte der Wirk- und Blindleistungen P_g und Q_g flexibler Generatoren.

$$P_{min} < P_g < P_{max}$$

Wirkleistungsgrenzen der Generatoren

$$Q_{min} < Q_g < Q_{max}$$

Blindleistungsgrenzen der Generatoren

$$U_{min} < U_i < U_{max}$$

Zulässige Spannungsgrenzen an den Knoten

$$\vartheta_{min} < \vartheta_i < \vartheta_{max}$$

Zulässige Spannungswinkel an den Knoten

$$I_i < I_{max}$$

Zulässige Betriebsströme

Die optimierte Leistungsflussberechnung ist als mathematisches Optimierungsproblem zu formulieren und erhält demzufolge neben den zuvor erwähnten Randbedingungen auch eine Zielfunktion. Diese kann eine Senkung der Kosten im gesamten Netz oder die Minimierung der Verluste bei gegebenen Betriebsbedingungen darstellen.

Zurzeit wird mit Hilfe der optimierten Leistungsflussberechnung die Reaktion von unterschiedlichen Netzstrukturen auf das Eintreten von Prognosefehlern untersucht. Dabei sollten Prognosefehler auf der Erzeugungsseite nicht durch den Bilanzknoten ausgeglichen werden sondern durch die Reaktion von ausgewählten flexiblen Lasten. Hierfür wird bei gegebenen Bedingungen die maximale Lasterhöhung oder Lastreduktion in einem Knoten bei gegebenen Betriebs- und Randbedingungen ermittelt.





Identifizierung der dominanten Oberschwingungsquelle am Netzanschlusspunkt

M. Sc. Farhad Safargholi

Einhaltung der vordefinierten Planungspegel gemäß Normen stellt eine Herausforderung für die Beurteilung des Oberschwingungsverhaltens der Anschlussnehmer- und Netzseite am Netzanschlusspunkt (NAP) dar. Die Identifizierung der dominanten Oberschwingungsquelle und die Bestimmung des Oberschwingungsbeitrags von jeder Seite zu den Oberschwingungen am NAP kann dabei helfen die genannte Herausforderung zu lösen.

In den meisten Beurteilungskonzepten werden die Anschlussnehmer- und Netzseite jeweils durch ein Thevenin-Ersatzschaltbild oder ein Norton-Ersatzschaltbild nachgebildet. Abhängig von dem verwendeten Ersatzschaltbild gibt es zwei gängige Definitionen zur Beschreibung der dominanten Seite:

- Die Seite mit der größeren „Ersatzspannungsquelle“ (Thevenin-Ersatzschaltung);
- Die Seite mit der größeren „Ersatzstromquelle“ (Norton-Ersatzschaltung).

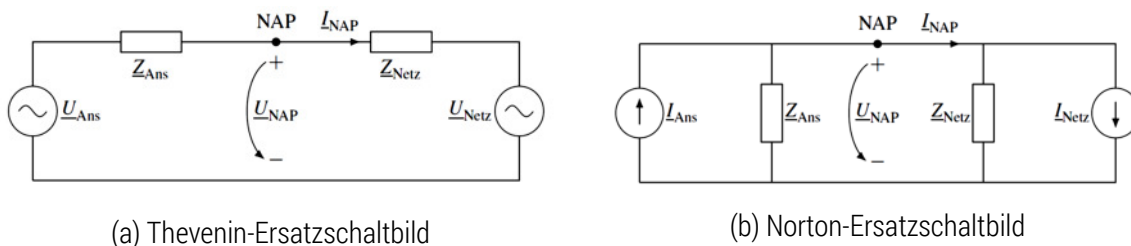


Abb. 1: Ersatzschaltbild der Anschlussnehmer- und Netzseite

Basierend auf den Ersatzschaltbildern, die in Abb. 1 dargestellt sind, kann das Verhältnis der Ersatzspannungen aus dem Verhältnis der Ersatzströme durch Kenntnis der Ersatzimpedanz beider Seiten berechnet werden:

$$\frac{U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Ans}}} = - \frac{Z_{\text{Netz}}}{Z_{\text{Ans}}} \cdot \frac{I_{\text{Netz}}}{I_{\text{Ans}}}$$

Daraus kann schlussgefolgert werden, dass $\frac{U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Ans}}} > 1$ nicht notwendigerweise $\frac{I_{\text{Netz}}}{I_{\text{Ans}}} > 1$ impliziert. Im Extremfall ist die Seite mit der größeren „Ersatzspannung“ die Seite mit dem größeren „Ersatzstrom“, denn:

- $\frac{U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Ans}}} \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{I_{\text{Netz}}}{I_{\text{Ans}}} \rightarrow 0$
- $\frac{U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Ans}}} \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{I_{\text{Netz}}}{I_{\text{Ans}}} \rightarrow \infty$

Im Gegensatz dazu sollten in Fällen mit vergleichbaren Anschlussnehmer- und Netz-Ersatzspannungen oder -strömen der Unterschied zwischen den zwei Definitionen für die Identifizierung der dominanten Seite berücksichtigt werden.

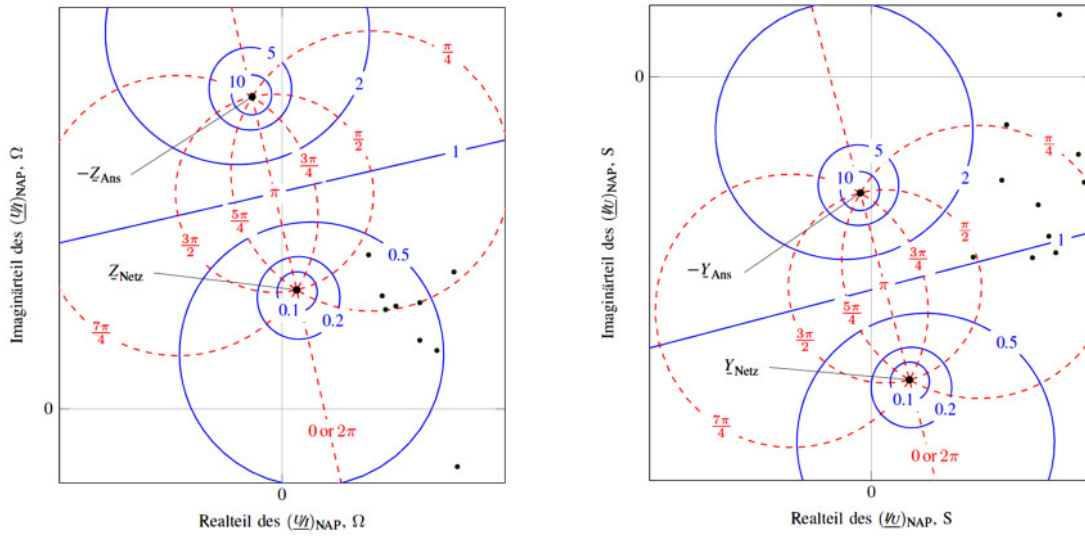
Für die Identifizierung der dominanten Ersatzspannung wurde der „Spannung-Strom-Verhältnis“-Ansatz vorgestellt. Dieser Ansatz wurde für die Identifizierung des dominanten Ersatzstromes („Strom-Spannung-Verhältnis“-Ansatz) entwickelt. Nachfolgend werden die Ansätze mithilfe einer kurzen Beschreibung vorgestellt.

Tabelle. 1: Zusammenfassung der Ansätze zur Identifizierung der dominanten Oberschwingungsquelle

Ansatz	Spannung-Strom-Verhältnis	Strom-Spannung-Verhältnis
Eingangsgroßen	Spannung am NAP ($\underline{U}_{\text{NAP}}$), Strom am NAP ($\underline{I}_{\text{NAP}}$), Ersatzimpedanzen ($\underline{Z}_{\text{Netz}}, \underline{Z}_{\text{Ans}}$)	Spannung am NAP ($\underline{U}_{\text{NAP}}$), Strom am NAP ($\underline{I}_{\text{NAP}}$), Ersatzadmittanzen ($\underline{Y}_{\text{Netz}}, \underline{Y}_{\text{Ans}}$)
Aussagen	Identifizierung der dominanten Oberschwingungsspannungsquelle	Identifizierung der dominanten Oberschwingungsstromquelle
Indikator	Spannung-Strom-Verhältnis am NAP $(\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}}$	Strom-Spannung-Verhältnis am NAP $(\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}}$
Extremfall I	$\frac{\underline{U}_{\text{Netz}}}{\underline{U}_{\text{Ans}}} \rightarrow \infty \Rightarrow (\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}} \rightarrow -\underline{Z}_{\text{Ans}}$	$\frac{\underline{I}_{\text{Netz}}}{\underline{I}_{\text{Ans}}} \rightarrow \infty \Rightarrow (\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}} \rightarrow -\underline{Y}_{\text{Ans}}$
Extremfall II	$\frac{\underline{U}_{\text{Netz}}}{\underline{U}_{\text{Ans}}} \rightarrow 0 \Rightarrow (\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}} \rightarrow \underline{Z}_{\text{Netz}}$	$\frac{\underline{I}_{\text{Netz}}}{\underline{I}_{\text{Ans}}} \rightarrow 0 \Rightarrow (\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}} \rightarrow \underline{Y}_{\text{Netz}}$

Aus den Extremfällen I und II werden zwei Gruppen von Hilfslinien für den „Spannung-Strom-Verhältnis“-Ansatz bzw. den „Strom-Spannung-Verhältnis“-Ansatz extrahiert, anhand deren sich die $(\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}}$ bzw. $(\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}}$ interpretieren lassen. Die Hilfslinien sind beispielhaft anhand exemplarischer Anschlussnehmer- und Netz-Impedanzen in Abb. 2 für die beiden Ansätze veranschaulicht.

In Abb. 2 (a) können nun Aussagen sowohl bezüglich des Betrags der „Ersatzspannungsquellen“ der Anschlussnehmer- und Netzseite als auch bezüglich der Phasenwinkeldifferenz zwischen diesen Quellen getroffen werden. Mithilfe der Abb. 2 (b) können nun Aussagen sowohl bezüglich des Betrags der „Ersatzstromquellen“ der Anschlussnehmer- und Netzseite als auch bezüglich der Phasenwinkeldifferenz zwischen diesen Quellen getroffen werden.



(a) Erste und zweite Gruppe der Hilfslinien zur Analyse des Verhältnisses der Ersatzspannungen (blaue Linien: $\left| \frac{U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Ans}}} \right| = k$, gestrichelte rote Linien: $\arg \left(\frac{U_{\text{Netz}}}{U_{\text{Ans}}} \right) = k$, grüne Punkte: $(\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}}$) (b) Erste und zweite Gruppe der Hilfslinien zur Analyse des Verhältnisses der Ersatzströme (blaue Linien: $\left| \frac{I_{\text{Netz}}}{I_{\text{Ans}}} \right| = k$, gestrichelte rote Linien: $\arg \left(\frac{I_{\text{Netz}}}{I_{\text{Ans}}} \right) = k$, grüne Punkte: $(\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}}$)

Abb. 2: Ansätze zur Identifizierung der dominanten Oberschwingungsquelle

Für die Identifizierung der dominanten Ersatzspannung sollte die Position der Spannung-Strom-Verhältnisse mit $-\underline{Z}_{\text{Ans}}$ und $\underline{Z}_{\text{Netz}}$ verglichen werden:

- $\left| (\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}} + \underline{Z}_{\text{Ans}} \right| < \left| (\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}} - \underline{Z}_{\text{Netz}} \right| \Rightarrow$ Ersatzspannungsquelle der Netzseite ist dominant.
- $\left| (\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}} + \underline{Z}_{\text{Ans}} \right| > \left| (\underline{U}/\underline{I})_{\text{NAP}} - \underline{Z}_{\text{Netz}} \right| \Rightarrow$ Ersatzspannungsquelle der Anschlussnehmerseite ist dominant.

Für die Identifizierung des dominanten Ersatzstroms sollte die Position der Strom-Spannung-Verhältnisse mit $-\underline{Y}_{\text{Ans}}$ und $\underline{Y}_{\text{Netz}}$ verglichen werden:

- $\left| (\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}} + \underline{Y}_{\text{Ans}} \right| < \left| (\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}} - \underline{Y}_{\text{Netz}} \right| \Rightarrow$ Ersatzstromquelle der Netzseite ist dominant.
- $\left| (\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}} + \underline{Y}_{\text{Ans}} \right| > \left| (\underline{I}/\underline{U})_{\text{NAP}} - \underline{Y}_{\text{Netz}} \right| \Rightarrow$ Ersatzstromquelle der Anschlussnehmerseite ist dominant.

SAFARGHOLI, F., MALEKIAN, K., SCHUFFT, W., 2017. On the dominant harmonic source identification: Part I: application and interpretation of methods. In: *IEEE Transactions on Power Delivery*. 0885-8977

SAFARGHOLI, F., SCHUFFT, W., MALEKIAN, K., 2017. On the dominant harmonic source identification: Part II: application and interpretation of methods. In: *IEEE Transactions on Power Delivery*. 0885-8977

5 Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten

Auch im Jahr 2017 konnten an unserer Professur viele Studierende bei deren Studienabschluss positiv unterstützt und begleitet werden. Nachfolgend sind die Themen dieser Abschlussarbeiten aufgeführt. Detailliertere Informationen und Hinweise zu allen wissenschaftlichen Arbeiten können auf unserer Homepage eingesehen werden:

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

Wir wünschen allen Absolventen für Ihre Zukunft viel Zufriedenheit und großen Erfolg!

5.1 Bachelorarbeiten

Börner, Dana	Elektrifizierung des ländlichen Äthopiens am Beispiel eines selbstentwickelten Inselnetzes
Nguyen, Thuy Duong	Energetische Optimierung einer Wärmepumpen-Heizungsanlage unter Verwendung weiterer erneuerbarer Energien
Szilágyi, Robert	Klassifizierung von Mittelspannungskabelmuffen anhand frequenzabhängiger Verlustfaktormessung

5.2 Masterarbeiten

Poller, Linda	Entwicklung eines ökonomisch nachhaltigen Ertragsmodells für die Bereitstellung und den Betrieb der Ladeinfrastruktur der DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH für Elektrofahrzeuge
Zinecker, Frank	Erzeugung und Messung nicht-standardisierte, oszillierender Blitzspannung
Junglen, Daniel	Analyse des Elektroenergiebedarfs der SLP-Endkunden hinsichtlich relevanter Einflüsse
Hans-Martin Strehle	Untersuchung von Energiespeichersystemen zur leistungs- und energieoptimierten Betriebsführung einer Servopresse
Jacob, Kai	Laboruntersuchungen des Teilentladungsverhaltens bei Lastwechsel und Entwicklung eines thermischen Modells von Mittelspannungskabelmuffen
Würfel, Michael	Entwicklung einer Software-Applikation zur Visualisierung von Schutzgeräte-Auslösekennlinien
Bürer, Simon	Quantifizierung der nutzbaren Speicherkapazitäten für Micro-Smart-Grids durch Integration von Elektrofahrzeugflotten
Reinöhl, Sebastian	Untersuchung von Lastmanagementpotenzialen und deren Eignung zum Ausgleich von Prognosefehlern der Windenergieerzeugung innerhalb Sachsens. Masterarbeit
Jacobsen, Benjamin	Technische und Wirtschaftliche Bewertung zur Bereitstellung des Regelleisungsportfolios durch Pooling von dezentralen Energieversorgungseinheiten im Niederspannungsnetz
Kraus, Jan Ole	Konzeptionelle Untersuchung einer Systemdienstleistungsplattform als Basis für die Flexibilisierung von intelligenten Verteilnetzen. Masterarbeit
Yu, Chunyi	Bewertung der Kombination eines Elektroenergiespeichers mit einer Photovoltaikanlage für den internationalen Flughafen in St. Vincent

6 Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge

Die im Jahr 2017 getätigten Veröffentlichungen und Konferenzbeiträge sind nachfolgend sowie auf unserer Homepage aufgeführt.

GÖTZ, A., 2017. Schaltverzögerte Steckdose: Realisierung einer zufälligen Ladung von Elektrofahrzeugen. Spremberg - Kraftwerk Schwarze Pumpe, 2017.

JACOB, L. M.; SCHUFFT, W.; MALEKIAN, K.; HOSHMEH, A., 2017. Investigation of frequency-dependent impedance and admittance of 110-kV overhead lines using symmetrical components. In: *11th IEEE International Conference on Compatibility*. Cadiz, Spain, Power Electronics and Power Engineering CPE-POWERENG. 2166-9546

GÖTZ, A., 2017. Decentralized energy concept with combined electrical and thermal energy storage. In: Verlag e.K.. Venedig, ISBN 978-3-9818275-

DOMAGK, M., MEYER, J., HOVEN, M., KUECH, K., MALEKIAN, K., SAFARGHOLI, F., 2017. Probabilistic comparison of methods for calculating harmonic current emission limits. In: *12th IEEE PES PowerTech conference, Manchester*, UK. ISBN 978-1-5090-4237-1

HOSHMEH, A., SCHMIDT, U., 2017. A full frequency-dependent cable model for calculations of fast transients. In: *MDPI*. 10.3390/en10081158

JACOB, K., HADID, S., SCHUFFT, W., GURSKI, T., 2017. Influence of load variations on PD-characteristics of MV-cable joints. In: *The 20th International Symposium on High Voltage Engineering*. Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-45745-5-8

HADID, S., JACOB, K., SCHUFFT, W., NOSKE, T., 2017. New approaches to the condition assessment of damage accumulation in XLPE-insulated medium voltage cables. In: *The 20th International Symposium on High Voltage Engineering*. Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-45745-5-8

GÜRLEK, A., SCHUFFT, W., SHIRVANI, A., 2017. Electrical measurements and photographic acquisition of pre-discharges on long rod-rod air gaps under lightning impulse voltage. In: *20th International Symposium on High Voltage Engineering*, Buenos Aires, Argentina. 978-987-45745-5-8

GÜRLEK, A., SCHUFFT, W., SHIRVANI, A., 2017. Electrical measurements and photographic acquisition of pre-discharges on long rod-rod air gaps under lightning impulse voltage. In: *20th International Symposium on High Voltage Engineering*, Buenos Aires, Argentina. 978-987-45745-5-8

HADID, S., SCHUFFT, W., NOURIRAD, G., KÜHNERT, M., 2017. Voltage and frequency dependence of the dielectric loss factor measurement on XLPE-insulated medium voltage cables. In: *The 20th International Symposium on High Voltage Engineering*, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-45745-5-8

SAFARGHOLI, F., MALEKIAN, K., SCHUFFT, W., 2017. On the dominant harmonic source identification: Part I: application and interpretation of methods. In: *IEEE Transactions on Power Delivery*. 0885-8977

SAFARGHOLI, F., SCHUFFT, W., MALEKIAN, K., 2017. On the dominant harmonic source identification: Part II: application and interpretation of methods. In: *IEEE Transactions on Power Delivery*. 0885-8977

TEUSCHER, J., BORN, B., GÜNTHER, M., JÄHN, B., MÜLLER-BLUMHAGEN, S., SCHERER, S., TEMMLER, A., 2017. ESF-Projekt ECoMobility – Connected E-Mobility. In: *Universitätsverlag der Technischen Universität Chemnitz*. ISBN 978-3-96100-037-1

ACKERMANN, F., MOGHADAM, H., ROGALLA, S., SANTJER, F., ATHAMNA, I., KLOSSE, R., ADLOFF, S., MEYER, M. F., KAATZ, G., SCHULZ, D., BITZ, A., SCHAEFER, N., FRICKE, B., GHOUTI, M., MALEKIAN, K., 2017. Large scale investigation of harmonic summation in wind- and PV-power plants. In: *16th Wind Integration Workshop*. Berlin, Germany, ISBN 978-3-9816549-6-7

SANTJER, F., TENTZERAKIS, S., NOLOPP, K., BAERSCHNEIDER, M., FOREMAN, R., ADLOFF, S., ATHAMNA, I., MUEHLBERG, M., MEYER, M. F., JORDAN, M., SCHULZ, D., ACKERMANN, F., MALEKIAN, K., SAFARGHOLI, F., 2017. Harmonic emission of wind turbines and PV inverters. In: *16th Wind Integration Workshop*. Berlin, Germany. ISBN 978-3-9816549-6-7

MALEKIAN, K., SAFARGHOLI, F., KUECH, K., DOMAGK, M., MEYER, J., HOVEN, M., 2017. Characteristic parameters and reference networks of German distribution grid (LV, MV, and HV) for power system studies. In: *International ETG Congress*. Bonn, Germany. ISBN 978-3-8007-4505-0

7 Externe Aktivitäten und Kontakte

7.1 Teilnahmen an Konferenzen, Tagungen, Kolloquien

Datum	Person	Veranstaltung	Ort
04.-06.04.2017	Jacob, L	CPE POWERENG 2017	Cadiz
12.04.2017	Dr. Teuscher, Dr. Götz	Energy Saxony Arbeitskreis Intelligente Elektromobilität	Chemnitz
25.04.2017	Dr. Teuscher	HannoverMesse	Hannover
11.07.2017	Prof. Schufft, Dr. Malekian, Safargholi	Deutsch-Iranischen Workshop ENERZI 2017	Dresden
28.08-01.09.2017	Prof. Schufft, Gürlek, Hadid	ISH 2017	Buenos Aires
28-29.11.2017	Safargholi	International ETG Congress 2017	Bonn
29.11.2017	Prof. Schufft, Dr. Teuscher	Workshop Energiespeichersysteme	Dresden
12.12.2017	Prof. Schufft	ENERGY Saxony, Mitgliederversammlung	Dresden

7.2 Gäste an der Professur

Datum	Namen	Firma/ Institution
17.01.2017	Herr Prof. Weindl	Hochschule Coburg
03.02.2017	Herr Dr. Thiele	BAM, Berlin
10.02.2017	Herren Hähle, Böhnke	Hörburger AG, Neukirchen
07.03.2017	Herr Budig	EAAT, Chemnitz
09.03.2017	Herr Prof. Kornhuber	Hochschule Zittau
10.03.2017	Herr Dr. Leu	TU Ilmenau
20.03.2017	Herr Prof. Valtin	HTWK Leipzig
25.03.2017	Herr Dr. Barucki	Adapted Solutions GmbH, Chemnitz
24.05.2017	Herr Krätzer	SPIE SAG, Chemnitz
09.07.2017	Herr Prof. Gharepetian	Amirkabir University, Tehran, Iran
25.07.2017	Herr Prof. Al-Masri	Qassim University, Buaidah, Saudi Arabia
01.08.2017	Herr Münch	Thyssen Krupp Systems Services, Hohenstein-Ernstthal
14.09.2017	Herr Karban	el-insta, Brno, CZ
23.10.2017	Herren Dr. Holzapfel, Wiegner	inetz
17.11.2017	Herr Held	TUCed, Chemnitz
19.12.2017	Herr Clauß	GISA GmbH, Halle
20.12.2017	Herren Hänchen, Böttcher	DREWAG Netz, Dresden
21.12.2017	Herr Brüsch, Frau Weinhold	GGGmbH, Chemnitz

8 Höhepunkte

8.1 Neuer Zweigstellenleiter des VDE Chemnitz an der TU Chemnitz

Im Juli 2017 hat der bis dahin zuständige Zweigstellenleiter der Hochschulgruppe des VDE an der TU Chemnitz Herr Dr. Andreas Götz sein Ehrenamt erfolgreich an Herrn Kai Jacob übergeben. Auch der Vorstandsvorsitzende des Bezirksvereins Chemnitz Herr Jens Kliemt, Leiter der Abteilung Innovative Geschäftsfelder bei eins energie in sachsen GmbH & Co. KG sowie Geschäftsführer der Batteriespeicher Chemnitz Verwaltungsgesellschaft mbH, freut sich über den nahtlosen Übergang: „Wir freuen uns sehr über die reibungslose Übergabe und wünschen Herrn Jacob alles Gute und eine erfolgreiche Zusammenarbeit im Kreise des VDE-Vorstandes.“ Der designierte Jungmitgliederreferent Kai Jacob sowie Liana Maria Jacob werden gemeinsam mit dem Young Professional Referenten Stephan Blokzyl das Wiedererstarken einer aktiven Hochschulgruppe an der TU Chemnitz aktiv unterstützen. Dieses Vorhaben wird ebenso durch Herrn Univ.-Prof. Jan Mehner, Leiter der Professur Mikrosysteme und Medizintechnik und Dekan der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik sowie durch Frau Univ.-Prof. Olfa Kanoun, Leiterin der Professur Mess- und Sensortechnik und zuständig für die Öffentlichkeitsarbeit unterstützt.

So soll der Fachverband Studierenden neben der Teilnahme an interessanten Exkursionen, Messen und Workshops auch den Kontakt zu regionalen Firmen und potenziellen Arbeitgebern für alle Studienrichtungen der Fakultät ermöglichen und die Synergien mit dem Fachschaftsrat der Fakultät nutzen. Dies stellt eine einmalige Gelegenheit für die Studierenden dar, aktiv eine Hochschulgruppe aufzubauen, mitzugestalten und eigene Ideen zu verwirklichen. Stephan Blokzyl unterstreicht: „Ein Verein wie der VDE lebt vor allem durch die Mitwirkung aktiver Mitglieder, wobei dies kein Vollzeitjob neben dem Studium sein soll. Jeder braucht nur so viel zu investieren, wie es der eigene Zeitrahmen erlaubt. Die Möglichkeiten, die der VDE hier bietet sind umfangreich und werten den Lebenslauf für die Zeit nach der Uni auf. Unternehmen legen viel mehr Wert auf Softskills und außerstudentische Aktivitäten, als allein auf gute Noten.“ Den VDE-Hochschulgruppen der Region Chemnitz steht dafür jährlich ein fünfstelliger Betrag für die Ausgestaltung des Vereinslebens zur Verfügung.

VDE YoungNet –
Die Community für Deine Zukunft.



8.2 Lange Nacht der Wissenschaften am 20. Mai 2017

Am 20. Mai in diesem Jahr wurde das erste Mal der Tag der Universität durchgeführt. Mit einem bunten Programm wurden die Türen der Universität für alle Interessierten geöffnet. Von 18 Uhr bis 1 Uhr nachts wurde dabei im Rahmen der Langen Nacht der Wissenschaften auch unser Hochspannungslabor geöffnet. Mit Führungen im 30-Minuten-Takt wurde die Laborführung sehr stark angenommen. Über 500 Interessierte staunten u.a. über u.a. Jakobsleiter, Gleitentladungen an einer Durchführung oder den „Ionenwind-Motor“ und konnten Wissenswertes über unser aktuelles Elektroenergiesystem erfahren. Aufgrund der großen Nachfrage wird es wohl 2018 auch wieder zu einer solchen Veranstaltung kommen



8.3 Verleihung des Eleonore-Dießner-Preises am 03. Juli 2017

Acht Absolventinnen der Technischen Universität Chemnitz wurden am 03. Juli 2017 im Rahmen einer Festveranstaltung im Alten Heizhaus mit dem Eleonore-Dießner- und den Marie Pleißner-Preis ausgezeichnet. Die Verleihung dieses Preises dient zur Sichtbarmachung und Würdigung herausragender wissenschaftlicher Leistungen von Nachwuchswissenschaftlerinnen.

An der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik erhielt Liana Jacob die Auszeichnung für seine an unserem Lehrstuhl von Dr. Malekian betreute Masterarbeit zum Thema „Untersuchung der frequenzabhängigen Impedanz- und Admittanzbeläge von 110-kV-Freileitungen mit Hilfe der symmetrischen Komponenten“.

Die Ergebnisse der Masterarbeit wurden ebenfalls in einer Veröffentlichung zusammengefasst und im Rahmen einer internationalen Konferenz publiziert.



Foto: Eliza Roth

(Von rechts nach links: Prof. Dr-Ing. Wolfgang Schufft, M.Sc. Liana Jacob, Prof. Dr. Gerd Strohmeier)

Wir gratulieren von ganzem Herzen Frau Jacob für diese Auszeichnung und wünschen Ihr alles Gute für die Zukunft!

8.4 Fachexkursion der Professur am 19. Juli 2017

Unsere diesjährige Exkursion führte uns an die Talsperre Pöhl.

Organisiert hatte sie in diesem Jahr Herr Dr. Teuscher, seinen Heimvorteil als gebürtiger „Vogtländer“ nutzen konnte.

In diesem Jahr erfolgte die Hin- und Rückfahrt mit Privat-PKWs.

Der größte Teil traf sich im Uni-Gelände und pünktlich 08:00 Uhr brachen wir in Richtung Autobahnausfahrt Treuen auf. Dort trafen wir uns mit den anderen Teilnehmern und Dr. Teuscher lotste uns an einen Parkplatz in der Nähe der Talsperre Pöhl.

In diesem Jahr konnte unser Senior, Professor Amft, aus gesundheitlichen Gründen leider nicht an der Exkursion teilnehmen. Dafür war diesmal Professor Rindelhardt mit dabei und natürlich unser Urgestein Herr Breitfeld!

Nach einem sehr schönen, kurzen, aber sehr steilen Abstieg vom Parkplatz durch den Wald erreichten wir die Talsohle der Staumauer.

Dort wurden wir von Herrn Mario Polster in Empfang genommen. Herr Polster ist Staumeister der Talsperre Pöhl und bei der Landestalsperrenverwaltung angestellt. Er erzählte und erklärte uns sehr detailliert alles was man über die Talsperre Pöhl wissen sollte. Auch keine Frage von unserer Seite ließ er unbeantwortet. Im Anschluss an diese sehr ausführlichen Erklärungen führte uns Herr Polster in die Räume der Staumauer hinein – Schieberhaus mit Ringkolbenventil und die Druckkammer mit Drosselklappe. Durch die hohen Außentemperaturen von über 30 Grad hatten wir den Eindruck beim Betreten der Räumlichkeiten in einen Kühlschrank zu steigen.

Die Talsperre Pöhl hat einen Stauraum von 62 Millionen Kubikmetern und ist somit die drittgrößte Talsperre in Sachsen. Erbaut wurde sie von 1958 bis 1964. Sie dient dem Hochwasserschutz, der industriellen Brauchwasserzuführung, dem Tourismus, der Fischerei und der Energieerzeugung. Die Kraftwerksleistung beträgt 0,75 MW.





Nach diesen sehr ausführlichen und informativen Ausführungen durch Herrn Polster bedankten und verabschiedeten wir uns und setzten unseren kombinierten Exkursions- und wandertag fort.

Wir nahmen den gleichen steilen Weg wieder zurück und setzten unseren Fußmarsch in Richtung nächstes Ziel fort – Aufstieg zum Mosenturm!

Dieser liegt 433,2 m ü. NHN und bietet einen wunderbaren Rundblick über das Vogtland.



Hier konnten wir uns mit belegten Broten, Gurken und Tomaten, die Dr. Teuscher für uns vorbereitet hatte, stärken.

Nach dieser kurzen Rast und kleinen Stärkung machten wir uns wieder auf den Weg in Richtung Tal der Weißen Elster.

Nach einer guten Stunde Marsch durch Wald und Feld bei cirka 33 Grad Celsius erreichten wir dann unsere lang ersehnte Gaststätte, in der Dr. Teuscher Plätze für uns reserviert hatte.



Nach ausgiebiger Stärkung mit Getränken und leckerem Essen ging es zum letzten Teil der Exkursion – der Rückweg zum Parkplatz durch das Tal der weißen Elster.



Der Weg führte uns durch romantische Landschaften und über die Elstertalbrücke. Grundsteinlegung 1846 – Fertigstellung 1851. Im April 1946 durch die Wehrmacht zerstört und im Oktober



1950 wieder hergestellt. Von 1959 bis 1962 verstärkt und überholt.

Wir waren froh, als wir den Parkplatz wieder erreicht hatten und trotz des anstrengenden Tages wieder sehr viel Neues, Interessantes und sehr Schönes für uns mit nach Hause nehmen konnten.

Vielen Dank!

8.5 Verleihung des Universitätspreises am 09. November 2017

Auch in diesem Jahr konnte ein Masterstudent aus unserer Professur den Universitätspreis erhalten und wurde somit für die beste Abschlussarbeit unserer Fakultät ausgezeichnet. Herr Marcus Kühnert überzeugte mit seiner Masterarbeit zum Thema „Untersuchungen zur Aussagekraft der frequenzabhängigen Verlustfaktormessung an VPE-isolierten Mittelspannungskabeln“ die Gremien. Er konnte sich neben der Auszeichnung am 09.11.2017 zudem über ein Preisgeld (gesponsert von der Siemens AG) über 500 Euro freuen.



Foto: Jacob Müller

Wir wünschen Herrn Markus Kühnert (dritter oben links) auch weiterhin alles Gute auf seinem Lebensweg.

8.6 I. Symposium „SyNErgIt“ am 25. Oktober 2017

Im Rahmen des ESF-geförderten Projektes SyNErgIt „Synergetische Nutzung von Energie- und Informationstechnik“ arbeiten verschiedene Professuren bereits seit 2016 an der Entwicklung und Erforschung eines innovativen Netzkonzeptes zum Ausgleich von regionalen Angebot- und Nachfrageunterschieden. Der Ausgleich soll durch die zeitliche und räumliche Beeinflussung von flexiblen Lasten erzielt werden. Dabei sollen die flexiblen Lasten durch Datenzentren repräsentiert werden.

Am 25. Oktober fand das erste Symposium der Nachwuchsforschergruppe SyNErgIt an der Technischen Universität Chemnitz statt. Im Rahmen der Veranstaltung wurde die Nachwuchsforschergruppe und deren thematische Ausrichtung kurz vorgestellt. Die bereits erreichten Fortschritte sowie das wissenschaftliche Vorhaben der Nachwuchswissenschaftler wurden anhand von Postern dokumentiert. Eingeladene Referenten aus der Industrie und aus der Forschung teilten deren Erfahrungen, Forschungsbedarf, Herausforderungen und Erfolgserlebnisse durch themennahe Vorträge mit. Diese stellten die Grundlage für eine rege Fachdiskussion im Anschluss dar. Insgesamt wurden Themen wie das Engpass- oder Rechenzentrenmanagement, Investitionsplanung von Gasturbinenkraftwerken sowie Integration und Ausnutzung von flexiblen Lasten behandelt.

Das Fachsymposium bot eine Plattform für den wissenschaftlichen Transfer und fachlichen Austausch zum Themengebiet Energie und wurde seitens der Organisatoren als Erfolg angesehen.

Die Wiederholung einer derartigen Veranstaltung ist bis 2019 vorgesehen.



Foto: Melanie Pfoh

8.7 Weihnachtsfeier am 6. Dezember 2017

Alle Jahre wieder... beginnt ein bekanntes Weihnachtslied. Wie auch in diesem Lied das Christuskind stets zu Weihnachten zu erwarten ist, so nutzen wir die Weihnachtszeit *alle Jahre wieder* für ein gemeinsames Zusammentreffen aller Kollegen und Ehrengäste der Professur. In diesem Jahr fanden wir uns im Restaurant FARAH ein. Die angebotene syrische Küche ermöglichte es uns, kulinarisch der Region des Weihnachtssprungs etwas näher zu kommen und uns somit einen möglichen neuen Aspekt der Weihnachtsfeierlichkeiten näher zu bringen. Die Atmosphäre war sehr gemütlich, und nachdem wir alle Platz auf und vor den vielen zur Verfügung stehenden Kissens platzgenommen hatten, erhielten wir auch bereits die ersten Getränke. Professor Schufft eröffnete den Abend mit einer freundlichen Begrüßung aller Anwesenden. Nach einem Toast auf die gemeinsame Zeit, wurde das Essen aufgetischt. Der dieses Jahr für die Planung zuständige Kollege Herr Hoshmeh hatte für uns das Essen auf die geschickte Weise bestellt, dass für jeden eine große Auswahl an Speisen zur Verfügung stand. Auf der großen Tafel wurden überall



kleine Tellerchen aufgetragen, bis nicht mehr viel Tischdecke zu sehen war. Es stellte sich heraus, dass für jeden viel Wohlschmeckendes dabei war. Daher entstand ein reger Austausch der einzelnen Teller, da jeder von den gefüllten Teigtaschen, Falafeln, den verschiedenen exotischen Salaten, Soßen, Bratlingen, Fleischstückchen und Broten einmal kosten wollte. Den Abschluss bildeten ausgezeichnete und außergewöhnliche Desserts, von denen eins besser schmeckte als das andere. Die lebendige Runde ließ in Ihren Gesprächen das Jahr Revue passieren und frischte den Kontakt zu den Ehrengästen der Professur auf. Die darauf vorbereiteten Mitarbeiter begangen den Abschluss des Abends mit dem alljährlich so wichtigen Verwickeln der Geschenke. So wie zu dieser Feier hoffen wir auch auf neue und bereits bekannte Eindrücke im nächsten Jahr.

kleine Tellerchen aufgetragen, bis nicht mehr viel Tischdecke zu sehen war. Es stellte sich heraus, dass für jeden viel Wohlschmeckendes dabei war. Daher entstand ein reger Austausch der einzelnen Teller, da jeder von den gefüllten Teigtaschen, Falafeln, den verschiedenen exotischen Salaten, Soßen, Bratlingen, Fleischstückchen und Broten einmal kosten wollte. Den Abschluss bildeten ausgezeichnete und außergewöhnliche Desserts, von denen eins besser schmeckte als das andere. Die lebendige Runde ließ in Ihren Gesprächen das Jahr Revue passieren und frischte den Kontakt zu den Ehrengästen der Professur auf. Die darauf vorbereiteten Mitarbeiter begangen den Abschluss des Abends mit dem alljährlich so wichtigen Verwickeln der Geschenke. So wie zu dieser Feier hoffen wir auch auf neue und bereits bekannte Eindrücke im nächsten Jahr.



9 Ausstattung für Praktika und Prüfungen in der Hochspannungstechnik

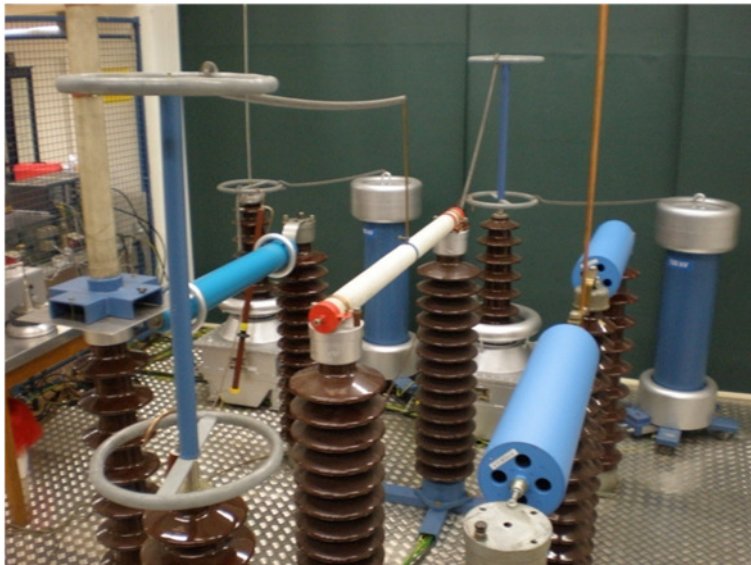
Prüfsystem zur Erzeugung von Gleich-, Wechsel- und Stoßspannungen bis 100 kV



Praktikumsversuche:

- *Funkenstrecken*
- *Erzeugung und Messung hoher Gleich- und Wechselspannungen*

Prüfsystem zur Erzeugung von Wechselspannungen bis 200 kV



Praktikumsversuch:

- *Isolatoren*

Geschirmte Messkabine zur Teilentladungs- und Verlustfaktormessung



Praktikumsversuch:

- *Verlustfaktormessung ($\tan \delta$)*

Stoßspannungsgenerator zur Erzeugung von Blitzstoß- und Schaltstoßspannungen bis 600 kV



Praktikumsversuch:

- *Erzeugen von Stoßspannungen/ Einfluss der Elemente des Stoßspannungsgenerators*

Wechselspannungs-Prüfsystem zur Erzeugung von Wechselspannungen bis 200 kV



Mobiles Resonanzprüfsystem zur Teilentladungs- und Verlustfaktormessung und Spannungsprüfung



10 Laborausstattung

Verfügbare Hardware

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 MI 600 (Omicron)

Auflösung $\tan \delta$ bis 10^{-8}
Messbereich Kapazität 0,1 pF - 5 μF
Frequenzbereich 5 Hz - 50 kHz

Verlustfaktormessung DIRANA – Dielectric Response Analyser (Omicron)

Frequenzbereichsspektroskopie (FDS)
Messung von Polarisations-/Depolarisationsströmen (PDC)

Digitales Teilentladungsmess- und Diagnosesystem MPD 600 (Omicron)

TE-Messbereich 1 - 10^5 pC
obere Grenzfrequenz 30 MHz

TE-Fehlstellenortung mit MPD 600 (Omicron)

Abtastrate bis 250 Megasample pro s
Ortungsgenauigkeit bis 0,2 % der Kabellänge

Kabeldiagnosesystem CDS

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

Transportables Hochspannungsnetzgerät 6,5 kV/ 0,02 A

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-KabelnTransienten Recorder DEWE-3020

8-Kanal Recorder und 8 Kanäle Erweiterung
Abtastrate 200 KSa/s
Auflösung 24 bit

Transienten Recorder YOKOGAWA DL 708

8-Kanal Scope Recorder
Abtastrate bis 10 MSa/s
Auflösung 10 bit

Digitalspeicher Oszilloskope YOKOGAWA DL9040L und Rohde & Schwarz RTM2054

4 Kanäle
Abtastrate bis 5 GSa/s
Bandbreite 500 MHz
Auflösung 8 bit / 16 bit im High-Resolution Mode

Datenlogger DA 100 (YOKOGAWA) mit 10 Kanälen

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

Lichtmikroskop mit Rechneranschluss und VideoeinrichtungMagnetfeldmesseinrichtung mit Rechneranschluss bis 10 kHzDosisleistungsmessgerät FH 40 G (Eberline Instruments)

Messgröße: Photonendosisleistung
Messbereich: 0,1 µSv/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 Toellner 8872

40V/ 100A

Verfügbare Software

MATLAB

Programmpaket zur Analyse von Daten, Durchführung von Simulationen und Programmierung

ATP/EMTP

Simulation dynamischer und transienter Netzvorgänge der Energieversorgung

EMTDC/PSCAD

Simulation dynamischer und transienter Netzvorgänge mit leistungselektronischen Betriebsmitteln in Elektroenergiesystemen

DigSILENT „POWERFACTORY 2016“ und Elektra 3.98

Stationäre Berechnung und Simulation von Lastflüssen und Kurzschlüssen in elektrischen Netzen

FlexPro 10

Konvertierung, Bearbeitung und Analyse von Messwertdatensätzen

VIG 2011

Virtueller Impulsgenerator zur Simulation von Stoßspannungsimpulsen im Internet unter:

<http://www.tu-chemnitz.de/etit/eneho/service/vig/vig2011/index.php?c=vig2011>

11 Dienstleistungsangebote

11.1 Dielektrische Prüfungen

Wechselspannungsprüfungen bis 200 kV

Stoßspannungsprüfungen bis 600 kV

Gleichspannungsprüfungen bis 140 kV

FGH-Stufentest an Mittelspannungskabeln bis 150 kV

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

11.2 Diagnosemöglichkeiten

Verlustfaktormessungen mit unterschiedlichen Messprinzipien im Labor

Verlustfaktormessungen Vor-Ort mit einem mobilen Resonanzprüfsystem

Teilentladungsmessungen mit unterschiedlichen Messprinzipien im Labor

Verlustfaktormessung Vor-Ort mit einem mobilen Resonanzprüfsystem

Isotherme Relaxationsstrom-Analyse (IRC) an Energiekabeln

Messungen von Isolations- und Ableitwiderständen

11.3 Prüfung der Stromtragfähigkeit

Widerstandsmessungen von Hauptstrombahnen

Hochstromprüfungen, Erwärmungsprüfungen bis 2.000 A (größere Ströme auf Anfrage) für:

- Leiteranordnungen
- Geräte
- Schaltfelder

11.4 Spezielle Messaufgaben

Messung magn. 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

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

11.5 Virtueller Stoßspannungsgenerator

Zur Simulation des Einflusses der Elemente des Stoßkreises auf den Spannungsverlauf.

<http://www.tu-chemnitz.de/etit/eneho/service/vig/vig2011/index.php?c=vig2011>

11.6 Netzanalysen

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

Netzverlustanalysen

Versorgungszuverlässigkeit

Netzoptimierung

Oberschwingungsanalysen an Netzanschlusspunkten des Übertragungsnetzes

Berechnungen von transienten Vorgängen

12 Referenzen

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

- inetz GmbH, Chemnitz
- Stadtwerke Leipzig GmbH
- ENSO Netz, Dresden
- MITNETZ Strom GmbH, Halle/Saale
- Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG

Netzanalyse, Versorgungszuverlässigkeit

- eins energie in sachsen GmbH & Co. KG
- TOTAL Raffinerie Mitteldeutschland GmbH

Betriebsmitteldatenbank

- TOTAL Raffinerie Mitteldeutschland GmbH

Netzverluste

- eins energie in sachsen GmbH & Co. KG
- Stadtwerke Annaberg-Buchholz Energie AG

Prognosen zum Elektroenergiebedarf und Spitzenleistungen einzelner Umspannwerke

- eins energie in sachsen GmbH & Co. KG

Erstellung von Lastprofilen Strom/ Gas

- eins energie in sachsen GmbH & Co. KG

Bewertung von Investitionsstrategien in der Elektroenergieversorgung

- ENSO Netz, Dresden

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, Dresden

Bewertung transienter Ausgleichsvorgänge in Elektroenergiesystemen

- KEMA-IEV, Dresden
- AREVA, Dresden

Spannungsprüfung

- Elektrotechnische Geräte Böhlitz-Ehrenberg GmbH

Erstellung von Energiekonzepten zur Visualisierung der Auswirkungen von Potentialrealisierungen Erneuerbarer Energien in einem abgegrenzten Bilanzraum

- Landkreis Vogtland

Untersuchungen der Auswirkungen der Verarmung von Masse bei Öl-Papier-Kabel

- inetz GmbH, Chemnitz

Entwicklung von Speicherkonzepten im Bereich von 1 bis 10 MW

- eins energie in sachsen GmbH & Co. KG

Analyse von Nutzungskonzepten für energienahe Dienstleistungen

- eins energie in sachsen GmbH & Co. KG

Definition der anteiligen Planungspegel für Oberschwingungen in Offshore-Netzen

- TenneT Offshore GmbH

Untersuchung der Resonanzstellen und Störungsanalyse für das Netzanschlussystem BorWin1 inklusive des Offshore-Netzes (OWP BARD und Global Tech I)

- TenneT Offshore GmbH

Erweiterung des D- und D0-Schmelzsicherungssystems

- NH/HH Recycling e.V.

Erstellung von Zielkonzepten für eine Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge

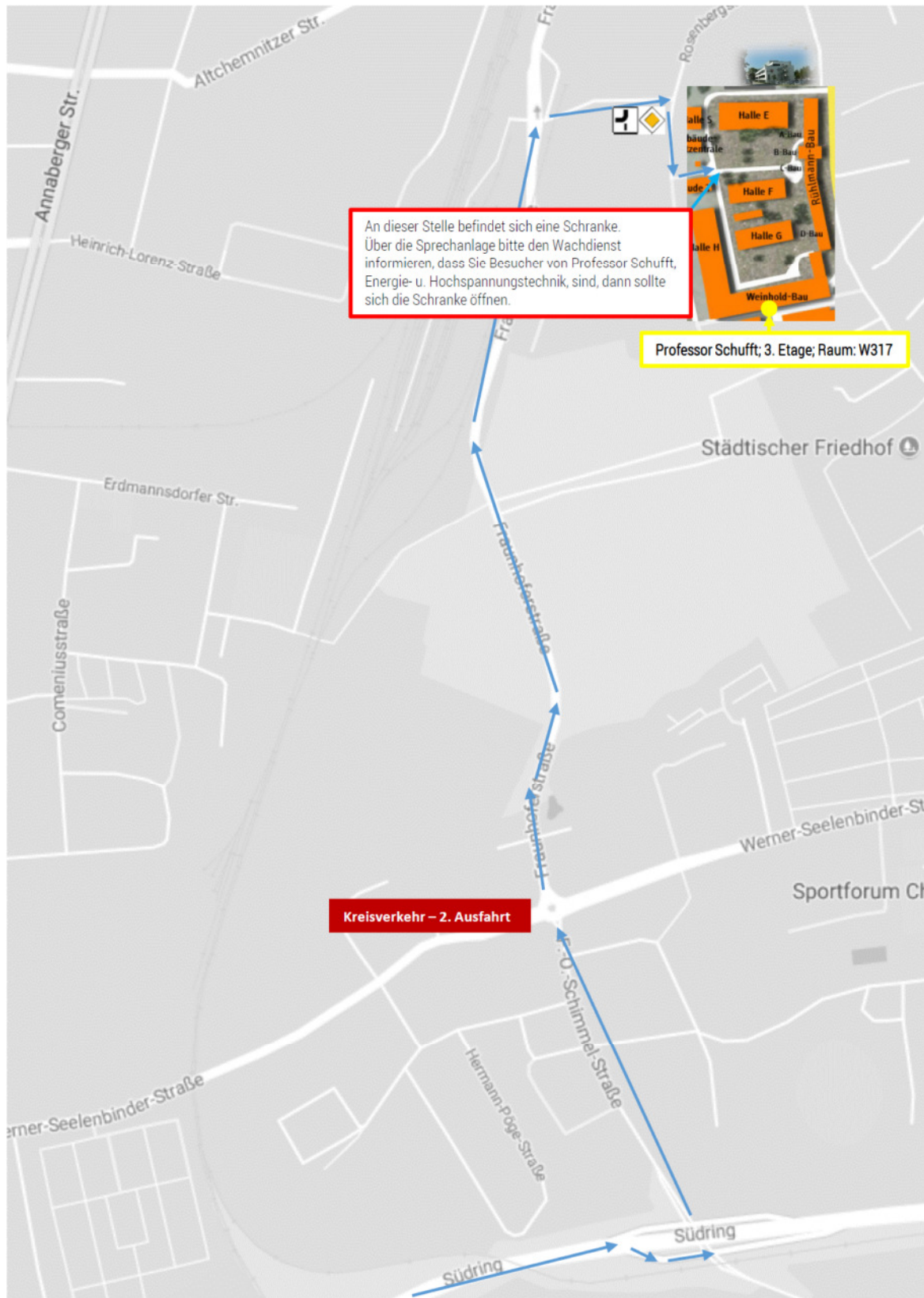
- eins energie in sachsen GmbH & Co. KG



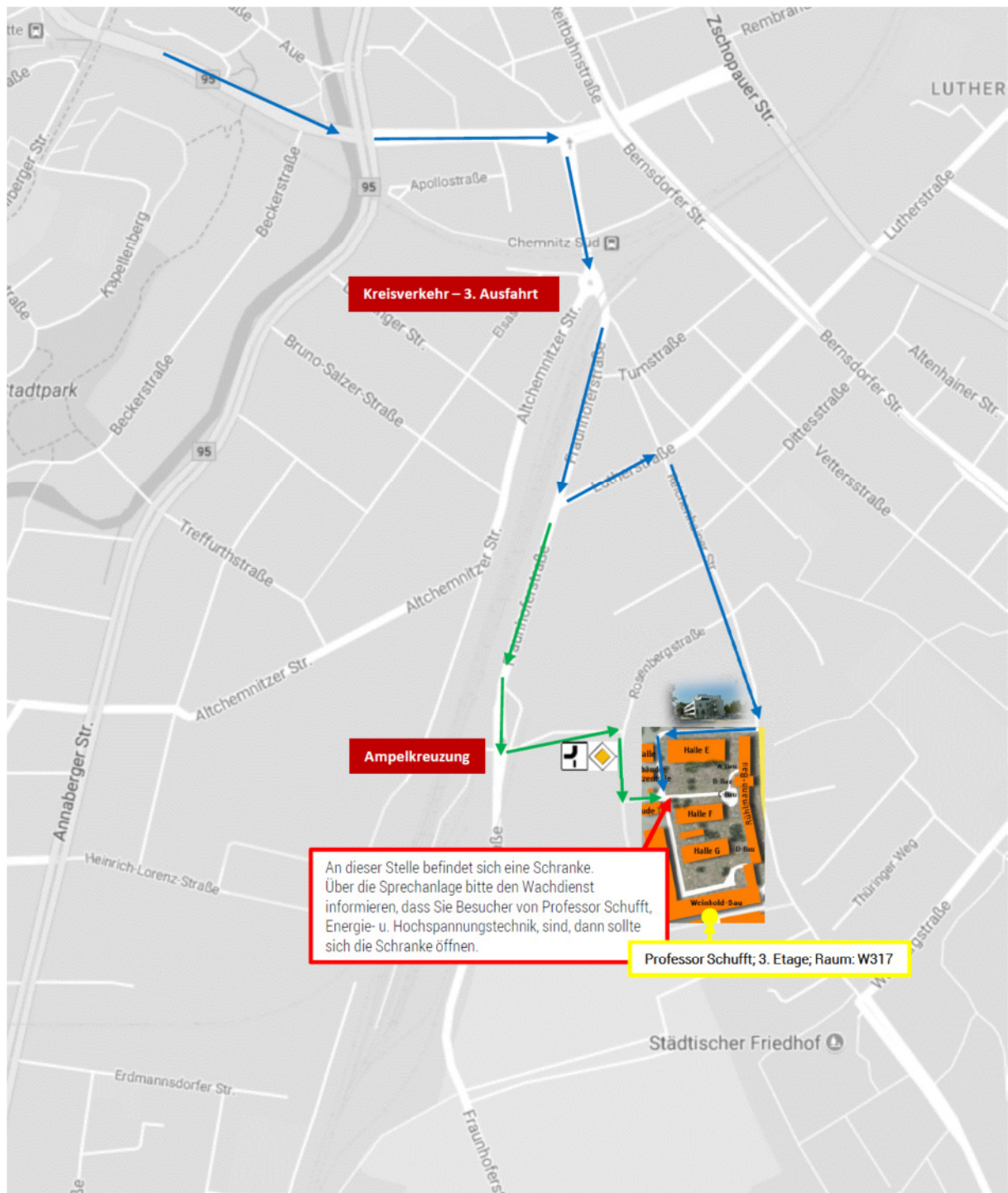
Teilgebiete		Elektrische Energietechnik				Hochspannungstechnik			
Inhalt		Regenerative Energiequellen	Energie-management	Elektroenergiesysteme	Beanspruchung von Betriebsmitteln	Überspannungen u. Isolationskoordination	Geräte- und Isoliertechnik		
Semester		Bachelor-Studiengang Elektrotechnik							
Modularisierte Bachelor-Master-Studiengänge Basismodul (Pflicht) Vertiefungs-modul (Pflicht, Wahlpflicht, Wahl) Ergänzungs-modul (Pflicht, Wahlpflicht, Wahl)	3.	Elektrische Energietechnik/Nachhaltige Elektroenergieerzeugung 2 1 0							
	4.								
	5.						Hochspannungstechnik 3 1 2		
	6.	Elektroenergieübertragung und -verteilung 3 1 2							
		Netze und Betriebsmittel 2 1 0							
	Bachelorarbeit								
	Master-Studiengang Energie- und Automatisierungssysteme								
	7.		Elektroenergiewirtschaft 1 0 0			Beanspruchung von Betriebsmitteln 3 1 1			
	8.	Netzberechnung und Schutztechnik 1 1 0				Statistik und Isolationskoordination 2 1 0			
								Diagnose- und Messtechnik 2 0 0	
9.	Praktikum								
10.	Masterarbeit								
Forschungsschwerpunkte									
Analyse von Netzen und Betriebsmitteln Dezentrale Energiesysteme Netzbaustrategien	Zustandsbewertung und Asset-Management								
	Oberschwingungsverhalten regenerativer Erzeugungsanlagen / Ausgleichsvorgänge im Elektroenergiesystem								
	Netzanbindung leistungsstarker Windparks				Isolationskoordination				
	Netzintegration der Elektromobilität								
	Modellierung zukünftiger Niederspannungsnetze								
	Speichersysteme für eine nachhaltige Energieversorgung								
Probabilistische Netzplanung									
Anspruch:	Kompetenzzentrum für aktuelle Fragestellungen der Elektroenergieversorgung								

Anfahrtsskizze:

Über Autobahnkreuz Chemnitz Süd – B173 – B169



Über Autobahnkreuz Chemnitz-Mitte A4 – B95



Weiterhin ist die Professur mit der neuen Straßenbahnlinie 3 zu erreichen. Diese verbindet den Hauptbahnhof mit dem Universitätsstandort Straße der Nationen (Haltestelle Theaterstraße) sowie mit dem Universitätsstandort Reichenhainer Straße (Haltestelle TU Campus).

Notizen