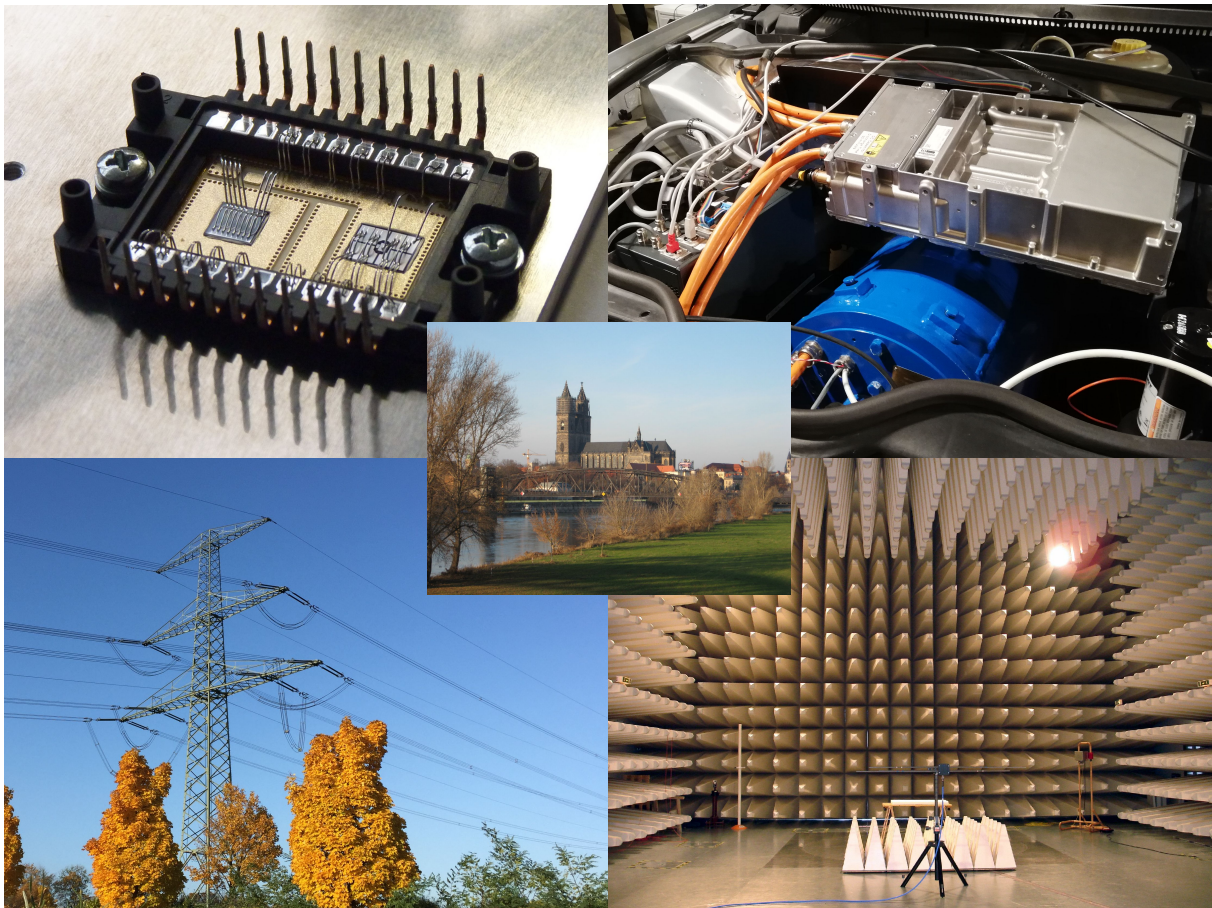


Jahresbericht 2024

der Lehrstühle für

- Elektrische Antriebssysteme
- Elektrische Netze und Erneuerbare Energie
- Elektromagnetische Verträglichkeit
- Leistungselektronik



FAKULTÄT FÜR
ELEKTROTECHNIK UND
INFORMATIONSTECHNIK

Anschrift

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg

Postfach 4120
39016 Magdeburg

Sekretariate

- Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme
Frau Wohner
Gebäude 03 – Raum 129 E-Mail andrea.wohner@ovgu.de
Telefon (0391) 67-58596 Telefax (0391) 67-42481
- Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie und
Lehrstuhl für Leistungselektronik
Frau Baumgarten
Gebäude 09 – Raum 124 E-Mail melanie.baumgarten@ovgu.de
Telefon (0391) 67-58592 Telefax (0391) 67-42408
- Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit
Frau Morscheck
Gebäude 09 – Raum 226 E-Mail janet.morscheck@ovgu.de
Telefon (0391) 67-58868 Telefax (0391) 67-41236

URLs

- Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme
<http://www.iesy.ovgu.de/Lehrstuehle/Elektrische+Antriebssysteme>
- Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie
<http://www.lena.ovgu.de>
- Lehrstuhl für Leistungselektronik
<https://www.le.ovgu.de/>
- Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit
<http://www.emv.ovgu.de>

Vorwort

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

mit diesem Bericht möchten wir — die zur Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik gehörigen Lehrstühle für Elektrische Antriebssysteme, Elektrische Netze und Erneuerbare Energie, Elektromagnetische Verträglichkeit und Leistungselektronik — einen Einblick in unser Wirken im Jahr 2024 geben:

Unsere Fachgebiete haben wir in deutsch- und englischsprachigen Studiengängen an unserer Fakultät, der Otto-von-Guericke-Universität und als Gäste internationaler Partneruniversitäten vertreten, wie in Abschnitt 2 ausgeführt. Unsere Lehrveranstaltungen, studentische Arbeiten an den Lehrstühlen und auch besondere Angebote wie Exkursionen stießen auf erfreuliches studentisches Interesse.

In der Forschung haben wir zahlreiche aktuelle Themen und Projekte bearbeitet, wie in Abschnitt 3 skizziert. Sie mündeten in eine größere Zahl von Veröffentlichungen und mehrere erfolgreich abgeschlossene Promotionen. Ausdrücklich danken möchten wir an dieser Stelle all jenen, die unsere Forschung durch Bereitstellung umfangreicher Mittel und Materialien unterstützt und die mit uns zusammengearbeitet haben.

Darüber hinaus haben wir uns in großem Umfang für die Belange der Fakultät, der Universität und darüber hinaus z. B. in Verbänden und für wissenschaftliche Veranstaltungen und Publikationen engagiert. Als ein Beispiel sei genannt, dass nach mehrjähriger Amtszeit von Herrn Prof. Leidhold in diesem Jahr Herr Prof. Wolter zum Prodekan bzw. Studiendekan der Fakultät gewählt wurde. An dieser Stelle laufen zahlreiche Fäden zusammen, beispielsweise auch das DSG2-Programm betreffend, das jungen Ukrainern ein Studium an unserer Universität ermöglicht.

All dies ist nur durch den Einsatz jedes Einzelnen und eine gedeihliche Zusammenarbeit möglich. Dies möchten wir — gerade auch in Zeiten des Ingenieurmangels — würdigen und den Jahresrückblick in diesem Bericht zum Anlass nehmen, allen Mitwirkenden — ob in den Arbeitsgruppen oder dem wissenschaftsunterstützenden Bereich — herzlich für ihren Beitrag zu danken.

Allen Lesern — unseren Freunden, Förderern, Partnern und Kollegen — danken wir für ihr Interesse und wünschen eine informative Lektüre.

Magdeburg, im Dezember 2024

Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
Geschäftsführender Leiter des Instituts für elektrische Energiesysteme (IESY)
für die Lehrstühle des Instituts
und den Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit am Institut für Medizintechnik (IMT)

Inhaltsverzeichnis

1	Personalia	1
1.1	Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme	1
1.1.1	Hochschullehrer	1
1.1.2	Wissenschaftliche Mitarbeitende/Stipendiat*innen	1
1.1.3	Gastwissenschaftler*innen	1
1.1.4	Externe Promovenden	1
1.1.5	Mitarbeitende in Technik und Verwaltung	1
1.2	Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie	1
1.2.1	Hochschullehrer	1
1.2.2	Lehrbeauftragte	2
1.2.3	Wissenschaftliche Mitarbeitende	2
1.2.4	Externe Promovenden	2
1.2.5	Mitarbeitende in Technik und Verwaltung	2
1.3	Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit	2
1.3.1	Hochschullehrer	2
1.3.2	Wissenschaftliche Mitarbeitende	3
1.3.3	Mitarbeitende in Technik und Verwaltung	3
1.4	Lehrstuhl für Leistungselektronik	3
1.4.1	Hochschullehrer	3
1.4.2	Lehrbeauftragte	3
1.4.3	Wissenschaftliche Mitarbeitende/Stipendiat*innen	3
1.4.4	Mitarbeitende in Technik und Verwaltung	3
1.5	Instituts Ebene	4
1.5.1	Technik	4
1.5.2	Verwaltung	4
2	Studium und Lehre	5
2.1	Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme	5
2.1.1	Lehrveranstaltungen	5
2.1.2	Lehrveranstaltungen für Bachelor-Studiengänge	5
2.1.3	Lehrveranstaltungen für Master-Studiengänge	9
2.1.4	Abgeschlossene Forschungsprojekte	11
2.1.5	Abgeschlossene Bachelorarbeiten	12
2.1.6	Abgeschlossene Masterarbeiten	12
2.2	Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie	13
2.2.1	Lehrveranstaltungen	13
2.2.2	Abgeschlossene Arbeiten	17
2.2.3	Abgeschlossene Forschungsprojekte	17
2.2.4	Abgeschlossene Bachelor- und Studienarbeiten	17
2.2.5	Abgeschlossene Master- und Diplomarbeiten	17
2.2.6	Praktikantenbetreuung	18
2.3	Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit	19
2.3.1	Lehrveranstaltungen für Bachelor-Studiengänge	19
2.3.2	Lehrveranstaltungen für Master-Studiengänge	21
2.3.3	Abgeschlossene Forschungsprojekte	24

2.3.4	Abgeschlossene Bachelorarbeiten	24
2.3.5	Abgeschlossene Masterarbeiten	24
2.4	Lehrstuhl für Leistungselektronik	25
2.4.1	Lehrveranstaltungen für Bachelor-Studiengänge	25
2.4.2	Lehrveranstaltungen für Master-Studiengänge	27
2.4.3	Abgeschlossene Projekte	29
2.4.4	Abgeschlossene Bachelorarbeiten	29
2.4.5	Abgeschlossene Masterarbeiten	30
2.5	Institutsebene	31
2.5.1	Internationale Hochschulkooperationen	31
2.5.2	Aktivitäten in Verbänden	32
2.5.3	Exkursionen	33
2.5.4	Studienwerbung	35
3	Forschung	37
3.1	Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme	37
3.1.1	Forschungsprofil	37
3.1.2	Forschungsprojekte	39
3.1.3	Promotionen	42
3.1.4	Veröffentlichungen	44
3.2	Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie	45
3.2.1	Forschungsprofil	45
3.2.2	Forschungsprojekte	45
3.2.3	Promotionen	49
3.2.4	Veröffentlichungen	54
3.3	Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit	57
3.3.1	Forschungsprofil	57
3.3.2	Forschungsprojekte	58
3.3.3	Promotionen	64
3.3.4	Veröffentlichungen	66
3.4	Lehrstuhl für Leistungselektronik	70
3.4.1	Forschungsprofil	70
3.4.2	Forschungsprojekte	70
3.4.3	Promotionen	74
3.4.4	Veröffentlichungen	75
3.5	Institutsebene	77
3.5.1	Technische Gremien und Verbände	77
3.5.2	Kooperationen	79
3.5.3	Konferenzen	82

1 Personalia

1.1 Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme

1.1.1 Hochschullehrer

- Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
(Lehrstuhlleiter)

1.1.2 Wissenschaftliche Mitarbeitende/Stipendiat*innen

- M. Sc. Shokoofeh Abbaszadeh
- M. Sc. Sebastian Hieke
- Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
(Mitglied des Vorstandes des Instituts für elektrische Energiesysteme)
- Dr.-Ing. Mario Stamann
- Dr.-Ing. Zhao Zhao (bis 15.02.2024)

1.1.3 Gastwissenschaftler*innen

- Danylo Kaluhin, Erasmus (PhD), Universität Kiew
- Dr.-Ing. Zenachew Muluneh Hailemariam, Adama Science and Technology University, Äthiopien
- Adisu Teshale Afeta, Adama Science and Technology University, Äthiopien
- Prof. Dr. Pablo de la Barrera, Universidad Nacional de Rio Cuarto, Argentinien

1.1.4 Externe Promovenden

- Johannes M. Schäfer, Volkswagen AG, Konzernforschung

1.1.5 Mitarbeitende in Technik und Verwaltung

- Andrea Wohner (Sekretärin)

1.2 Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie

1.2.1 Hochschullehrer

- Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
(Lehrstuhlleiter)

1.2.2 Lehrbeauftragte

- Prof. dr. hab. inż. Dr.-Ing. E. h. Waldemar Rebizant, TU Wrocław, Polen: Digitale Schutztechnik
- Dr.-Ing. André Richter, Volkswagen Aktiengesellschaft Wolfsburg

1.2.3 Wissenschaftliche Mitarbeitende

- M. Sc. Christoph Andres (seit 01.02.2024)
- M. Sc. Natalia Bastos de Sousa
- M. Sc. Joao P. S. Cipiani (seit)
- Dr.-Ing. Martin Fritsch (bis 30.10.2024)
- M. Sc. Eric Glende
- M. Sc. Artem Kashtanov
- M. Sc. Gabriel Maier Cocco
- M. Sc. Maja Maletz
- M. Sc. Mauro dos Santos Ortiz
- M. Sc. Renata Rodrigues Lautert
- M. Sc. Christoph Sauer

1.2.4 Externe Promovenden

- Dipl.-Ing. Mike Weber, 50Hertz Transmission GmbH, Berlin
- M. Sc. Anna Shchetkina, Netze Magdeburg GmbH
- M. Sc. Jenny Gronau, 50Hertz Transmission GmbH, Berlin
- M. Sc. Liang Tao, Siemens AG, Erlangen
- M. Sc. Johannes Göbel, TenneT TSO GmbH, Bayreuth

1.2.5 Mitarbeitende in Technik und Verwaltung

- Melanie Baumgarten (Sekretärin)

1.3 Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit

1.3.1 Hochschullehrer

- Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick
(Lehrstuhlleiter am Institut für Medizintechnik)

1.3.2 Wissenschaftliche Mitarbeitende

- Dr.-Ing. Moawia Al-Hamid
- Dr.-Ing. Mathias Magdowski (Mitglied des Vorstandes des Instituts für Medizintechnik)
- Dr.-Ing. Jörg Petzold
- M. Sc. Benjamin Hoepfner
- M. Sc. Max Rosenthal
- M. Sc. Francesco Pio Cecca
- M. Sc. Satanika Warnakulasuriya Lowe

1.3.3 Mitarbeitende in Technik und Verwaltung

- Janet Morscheck (Sekretärin)

1.4 Lehrstuhl für Leistungselektronik

1.4.1 Hochschullehrer

- Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
(Lehrstuhlleiter)

1.4.2 Lehrbeauftragte

- Dr.-Ing. Folkhart Grieger, IAV GmbH Gifhorn

1.4.3 Wissenschaftliche Mitarbeitende/Stipendiat*innen

- Dr.-Ing. Carsten Kempiak
- M. Sc. Kevin Ladentin
- M. Sc. Tianyu Li
- M. Sc. Wenwen Yang

1.4.4 Mitarbeitende in Technik und Verwaltung

- Melanie Baumgarten (Sekretärin)

1.5 Institutsebene

1.5.1 Technik

- Marcus Glaunsinger (IT-Administration)
- Dipl.-Ing. Katharina Mecke (Werkstofflabor und Videotechnik, LSF-Beauftragte sowie Familienbeauftragte der FEIT)
- Jens-Uwe Schulz (Bereichsleiter Mechanik)
- Helge Müller (Bereichsleiter Elektronik/Elektrik)
- Dominic Lücke
- Fabian Wächter

1.5.2 Verwaltung

- Julia Reinecke (Ökonomie, Buchhaltung am Institut für elektrische Energiesysteme)
- Katja Grohe-Gottschling (Ökonomie, Buchhaltung am Institut für Medizintechnik)

2 Studium und Lehre

Abkürzungen:

SS Sommersemester

WS Wintersemester

V Vorlesung

Ü Übung

P Praktikum

S Seminar

SWS Semesterwochenstunden

2.1 Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme

2.1.1 Lehrveranstaltungen

2.1.2 Lehrveranstaltungen für Bachelor-Studiengänge

Allgemeine Elektrotechnik 2

— Electrical Engineering and Electronics —

SS V 2 SWS: Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt

Die Lehrveranstaltung wendet sich an Studierenden nicht-elektrotechnischer Studienrichtungen und vermittelt anwendungsbezogenes Grundwissen. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die grundlegende Wirkungsweise und das Verhalten von elektrischen Maschinen und elektronischen Schaltungen nachzuvollziehen. Die wichtigsten Einsatzmöglichkeiten der Elektrotechnik sollen erkannt werden. Einfache Berechnungen und elementare Versuche im Labor werden durchgeführt.

- Elektrische Maschinen
- Analog- und Digitalschaltungen
- Grundlagen der Elektronik
- Leistungselektronik
- Messung elektrischer Größen
- Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen

— Allgemeine Elektrotechnik 1 vgl. auch Abschnitt 2.4.1 —

Elektrische Antriebssysteme - Fahrantriebe

— Electrical Drive Systems —

WS	V 2 SWS:	Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
	Ü 1 SWS:	Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
	Ü 1 SWS:	Dr.-Ing. Shokoofeh Abbaszadeh
	P 1 SWS:	Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
		Dr.-Ing. Mario Stamann
SS	P 1 SWS:	Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt

Die Studierenden werden durch das Modul in die Lage versetzt, die Einsatzmöglichkeiten der elektrischen Maschinen zu bewerten und elektrische Antriebssysteme grundlegend zu berechnen. Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden, die stationären und dynamischen Modelle der einzelnen Bestandteile eines Antriebssystems, sowie dessen Wechselwirkung nachvollziehen. Sie sind befähigt, elektrische Maschinen und einfache Antriebssysteme im Labor zu prüfen.

- Aufgaben, Funktionsgruppen und Struktur der elektrischen Antriebssysteme
- Stationäres und dynamisches Verhalten der Arbeitsmaschinen
- Modell der Gleichstrommaschine
- Drehmomentregelung
- Raumzeigerdarstellung zur Analyse von Drehfeldmaschinen
- Modell der permanenterregten Synchronmaschine
- Vereinfachtes Modell der Asynchronmaschine
- Thermische Vorgänge
- Wirkungsgrad des Antriebssystems

Geregelte elektrische Antriebe

— Controlled Electrical Drives —

SS	V 2 SWS:	Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
	Ü 1 SWS:	Dr.-Ing. Mario Stamann
	P 1 SWS:	Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
		Dr.-Ing. Mario Stamann

Die Studierenden verfügen am Ende des Moduls über Kenntnisse zur Regelung von elektrischen Antrieben. Sie lernen geeignete Methoden für die Optimierung des Führungs- und Störverhaltens im Zeit- und Frequenzbereich kennen und anzuwenden. Neben kontinuierlichen Systemen, werden auch die speziellen Eigenschaften abgetasteter Systeme behandelt und die Möglichkeiten diskontinuierlicher, rechnergestützter Antriebsregelungen aufgezeigt. In themenbezogenen Praktika und Übungen werden die vermittelten Methoden vertieft, eigenständig implementiert und nach technischen Gesichtspunkten beurteilt.

- Einführung geregelte elektrische Antriebe
- Dynamische Eigenschaften von elektrischen Antrieben
- Reglerentwurfverfahren für kontinuierliche und abgetastete (digital) Antriebssysteme
- Sollwertvorsteuerung und optimale Trajektorienplanung
- Störgrößenbeobachter

Elektrische Maschinen und Antriebssysteme

— Electrical Machines and Drive Systems—

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt

Dieses Modul versetzt die Studierenden in die Lage ausgehend vom Aufbau und der Wirkungsweise relevanter elektrischer Maschinen deren Einsatzmöglichkeiten und Wechselwirkungen in Antriebssystemen nachzuvollziehen. Anhand von unterschiedlichen Maschinentypen und Aufbauvarianten werden Vor- und Nachteile erläutert und bewertet. Die Studierenden werden befähigt die stationären und dynamischen Modelle der Maschinen und Antriebssysteme, zur Analyse des Betriebsverhaltens und Berechnung grundlegenden Einsatzfällen, anzuwenden und einschlägige Maßnahmen zur Wirkungsgradverbesserung von elektrischen Maschinen zu ergreifen. Sie sind befähigt, elektrische Maschinen und einfache Antriebssysteme im Labor zu prüfen und deren Kenngrößen zu ermitteln.

- Magnetkreise
- Gleichstrommaschine
- Transformator
- Asynchronmaschine
- Synchronmaschine
- Auswahl elektrischer Maschinen
- Aufgaben, Funktionsgruppen und Struktur der elektr. Antriebssysteme
- Stationäres und dynamischen Verhalten der Arbeitsmaschinen
- Drehmomentregelung
- Raumzeigerdarstellung zur Analyse von Drehfeldmaschinen
- Thermische Vorgänge
- Wirkungsgrad von elektrischen Maschinen und Antriebssystemen

E-Fahrzeugantriebe, Teil 1 und 2

— E-Power Engines —

SS/WS V 4 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Ü 2 SWS: Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Shokoofeh Abbaszadeh

Dieses Modul soll die Studierenden in die Lage versetzen, die Wirkungsweise der relevanten elektrischen Maschinen nachzuvollziehen. Sie können Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Maschinentypen und Aufbauvarianten bewerten. Sie sind befähigt die Modelle der Maschinen im stationären Zustand, zur Analyse des Betriebsverhaltens und zur Berechnung grundlegender Einsatzfälle anzuwenden. Sie können einschlägige Maßnahmen zur Wirkungsgradverbesserung der elektrischen Maschinen ergreifen. Die Studierenden werden durch das Modul in die Lage versetzt, das elektrische Antriebssystem grundlegend zu berechnen. Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden, die stationären und dynamischen Modelle der einzelnen Bestandteile eines Antriebssystems, sowie dessen Wechselwirkung nachvollziehen. Nach erfolgreicher Absolvierung des Moduls können die Studierenden E-Antriebe für Transportsysteme, z. B. E-Fahrräder, E-Scooter, E-Automobile, Bahnen und vieles mehr, auslegen.

2 Studium und Lehre

- Magnetkreise, Überträger
- Gleichstrommaschine
- Asynchronmaschine
- Synchronmaschine
- Wirkungsgrad
- Auswahl elektrischer Maschinen Aufgaben, Funktionsgruppen und Struktur eines elektrischen Fahrzeugantriebs
- Kenngrößen von Bewegungsvorgängen und Arbeitsmaschinen, Mechanik des Antriebssystems, typische Widerstandsmomenten-Kennlinien von Arbeitsmaschinen, das mechanische Übertragungssystem
- stationäres und dynamisches Verhalten von ausgewählten elektrischen Maschinen, ihre Drehzahl-Drehmomenten-Kennlinien, sowie Verfahren und Funktionsgruppen für die Drehzahlstellung
- Schaltungsanordnungen und Steuerverfahren für den Anlauf, die Bremsung und die Drehzahlstellung von Antrieben
- Strukturen geregelter elektrischer Fahrzeugantriebe

Elektrische Maschinen

— Electrical Machines —

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, die Wirkungsweise der relevanten elektrischen Maschinen nachzuvollziehen. Sie können Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Maschinentypen und Aufbauvarianten bewerten. Sie sind befähigt die Modelle der Maschinen in stationären Zustand, zur Analyse des Betriebsverhaltens und Berechnung grundlegenden Einsatzfällen, anzuwenden. Sie können einschlägige Maßnahmen zur Wirkungsgradverbesserung der elektrischen Maschinen ergreifen.

- Magnetkreise
- Gleichstrommaschine
- Transformator
- Drehfeld
- Asynchronmaschine
- Synchronmaschine
- Wirkungsgrad
- Auswahl elektrischer Maschinen

2.1.3 Lehrveranstaltungen für Master-Studiengänge

Regelung von Drehstrommaschinen

— Control of AC Machines —

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Mario Stamann

Die Studierenden werden durch das Modul in die Lage versetzt, die Modelle der einzelnen Drehstrommaschinen und die damit verbundene Raumzeigerdarstellung nachzuvollziehen. Sie sind befähigt, die Methoden zur Regelung von Drehstrommaschinen anzuwenden und die entsprechenden Regelkreise auszulegen. Sie können Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Maschinentypen und Regelungsmethoden je nach Anwendung bewerten.

- Optimierung von Regelkreisen
- Wechselrichter als Stellglied
- Raumzeigerdarstellung
- Modell der permanentenerregten Synchronmaschine
- Feldorientierte Regelung der permanentenerregten Synchronmaschine
- Modell der Asynchronmaschine
- Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine
- Direct Torque Control (DTC)
- Doppelt-gespeiste Asynchronmaschine als Generator
- Fremderregte Synchronmaschine als Generator

Elektrische Fahrtriebe

— Electric Traction Drives —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Mario Stamann
Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
Dr.-Ing. Shokoofeh Abbaszadeh

- Aufgaben und Struktur von Antriebssystemen
- Kenngrößen von Bewegungsvorgängen und Lasten – insbesondere elektrischer Fahrtriebe
- Mechanik des Antriebssystems, typische Widerstandsmomenten-Kennlinien von Lasten – insbesondere elektrischer Fahrtriebe
- das mechanische Übertragungssystem
- stationäres und dynamisches Verhalten von ausgewählten elektrischen Maschinen, ihre Drehzahl-Drehmomenten-Kennlinien, sowie Verfahren und Funktionsgruppen für die Drehzahlstellung
- Schaltungsanordnungen und Steuerverfahren für den Anlauf, die Bremsung und die Drehzahlstellung von Drehstromantrieben
- Strukturen geregelter elektrischer Antriebe

Unkonventionelle elektrische Maschinen

— Unconventional Electrical Machines —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
Dr.-Ing. Shokoofeh Abbaszadeh

Die Lehrveranstaltung vermittelt erweiterte Kenntnisse zu den elektrischen Maschinen und Aktoren, die in den Grundvorlesungen nicht angesprochen werden. Die Studierenden können somit die Wirkungsweise, das dynamischen Verhalten und die Regelung der behandelten Maschinen nachvollziehen. Sie werden befähigt, die Integration der Maschinen in mechanischen Systemen zu analysieren und zu projektieren.

- Elektromechanische Energiewandlung
- Elektrische Maschinen mit begrenzter Bewegung
- Reluktanzmaschinen
- Schrittmotoren
- Elektronisch kommutierte Gleichstrommaschine
- Linearmotoren
- Piezoaktoren

Generatorsysteme zur regenerativen Energieerzeugung

— Generator Systems for Renewable Energy —

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Thomas Schallschmidt
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Shokoofeh Abbaszadeh

Dieses Modul soll die Studierenden in die Lage versetzen, die Randbedingungen der regenerativen Energieerzeugung und die Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen elektrischen Maschinen nachzuvollziehen. Die Studierenden sind befähigt die elektrischen Maschinen zu dimensionieren und die grundlegende Regelungsmethoden zur Optimierung der Energiegewinnung auszulegen (Maximum-Power-Point-Tracking).

- Ziele der Regelung in Generatorsystemen
- Elektrische Maschinen im Generatorbetrieb
- Leistungselektronische Systeme für Generatoren
- Generatorsysteme mit konstanter Drehzahl
- Drehzahlvariable Generatorsysteme
- Optimierung der Energiegewinnung durch Regelung
- Generatorsysteme für alternierenden Energiequellen (z. B. Wellenkraftwerke)
- Lineargenerator
- Glättung der Ausgangsleistung (z. B. Schwungradspeicher, Ultracaps)

Mikrocontroller-basierte Antriebsregelungen (Seminar)

— Microcontroller-Based Drive Control —

WS S 3 SWS: Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold

Lernziele und erworbene Kompetenzen:

Die Studierenden werden durch das Modul in die Lage versetzt, grundlegende Regelungsverfahren für elektrische Antriebssysteme in Mikrocontroller umzusetzen. Sie können die Methoden der Taskverwaltung und Kommunikation für Echtzeitanwendungen nachvollziehen. Sie sind befähigt die Regelungsglieder zu diskretisieren und implementieren, sowie mit den Problemen der Umsetzung mit Festkommazahlen umzugehen.

- Architektur der Mikrocontroller und digitale Signalprozessoren (DSP) Wichtigste Schnittstellen für Antriebsregelung (ADC, PWM, Encoder-Einheit)
- Echtzeit-Taskverwaltung und Interrupts
- Synchronisierung zwischen Prozessorkern, Pulsbreiten-Modulator (PWM) und Analog-digital-Umsetzer (ADC)
- Echtzeit-Kommunikation (z. B. Controller Area Network) in Programmierumgebungen
- Debugging in Echtzeitanwendungen
- Diskretisierung und Festkommazahlen
- PWM-Steuerung und Stromregelung für umrichtergespeiste Maschinen

2.1.4 Abgeschlossene Forschungsprojekte

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1. Mahmoud Mqbol: | Auslegung und Optimierung einer Magnetisierungsvorrichtung |
| 2. Dhavalkumar Sakhiya: | Security Measures Implementation for a Magnetisation Device |
| 3. Abdi Badr: | Implementation and Optimization of Control Algorithmus using MATLAB-Simulink on DSpace platform |
| 4. Mykyta Vasyliiev: | Antrieb von zwei Motoren auf einer gemeinsamen Welle |
| 5. Neel Jigneshbhai Desai: | Finite Element Simulation of a small PSM Drive with Compound Magnet Rotor |
| 6. Jaimin Kulkar: | Position Sensor Implementation for Field-oriented Control of Linear Actuators |
| 7. Bohdan Kozharin: | Umsetzung in einer Spule mit dem Microcontroller F2388D |
| 8. Mohammed Shahin Pallath: | Implementation of Postition Sensor using TMS320F28069 MCU and N0E2-05-K14 Quadrature Encoder |
| 9. Rohit Sety: | Automated Analysis of Normal Flux Density, Harmonic Components and Torque Production in an Induction Motor Using FEMM and MATLAB |

2.1.5 Abgeschlossene Bachelorarbeiten

1. Mahmoud Mqbol: Parameteridentifikation einer High-Torque Synchronmaschine mit Hilfe einer Tornado Prüfstandsumgebung
2. Moritz Viering: Mikrocontrollerbasierte Regelung von bürstenlosen Gleichstrommaschinen
3. Felix Kolodziej: Projekt Crazy Cart: Realisierung einer Kommunikationsschnittstelle für Lenkantriebe
4. Anton Schlünz: Vergleich zweier Antriebsstränge für den Einsatz in einem robotischen Mikropositionierungssystem mit Krafrückkopplung zur haptischen Steuerung und Kalibrierung

2.1.6 Abgeschlossene Masterarbeiten

1. Rushabh Rakesh Dalal: Modelling and dimensioning of locally emission-free hybrid powertrains in railway vehicles
2. Mohammad Khosravani: Development of an experimental setup for the Control of Doubly Fed Induction Generators
3. Tim Tadge: Entwicklung einer automatisierten Messung zur In situ Validierung geometrischer Qualitätsmerkmale einer Dualpinion-Zahnstange
4. Christoph Dolg: Sensorgestützte Regelung eines Ringsegmentgenerators mit Hilfe einer freiprogrammierbaren Wechselrichtereinheit

2.2 Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie

2.2.1 Lehrveranstaltungen

Elektrische Energieversorgung

— Electric Power Supply—

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Ü 1 SWS: M.Sc. Christop Sauer
P 1 SWS: M.Sc. Christop Sauer
M.Sc. Eric Glende

- Einführung in die Aufgaben der Netzplanung und Netzbetriebsführung
- Einführung in die Hochspannungsgleichstromübertragung
- Lastflusssteuernde Betriebsmittel und Kompensationsanlagen
- Grundlagen der Supraleitung
- Einführung in die Thematiken der Sternpunktbehandlung, Traforegelung und des Netzschutzes

Elektrische Netze 1

— Electric Power Networks 1 —

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Ü 1 SWS: M.Sc. Christoph Andres

- Statische Betriebsmittelmodellierung
- Statische Netzberechnungsverfahren
 - Modale Komponenten
 - Topologiebeschreibung elektrischer Netze
 - Leistungsflussberechnung
 - Kurzschlussstromberechnung
 - Netzzustandsschätzung (State Estimation)
 - Winkelstabilität
 - Fehlerberechnung
- Netzberechnung mit MATLAB

Elektrische Netze 2

— Electric Power Networks 2 - Power System Dynamics —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Ü 1 SWS: M. Sc. Eric Glende

- Dynamische Netzberechnungsverfahren
 - Modale Komponenten
 - Zustandsraumdarstellung
 - Erweitertes Knotenpunktverfahren
 - Netzstabilitätsanalyse
- Dynamische Betriebsmittelmodellierung
 - Generatoren und Motoren
 - Effekte elektrischer Schalthandlungen
- Regelungsverfahren elektrischer Generatorsysteme
- Spannungsqualität (Power Quality)

Grundlagen der elektrischen Energietechnik

— Introduction to Electrical Power Systems —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Ü 1 SWS: M. Sc. Christoph Andres

- Einführung in den Aufbau und die Funktionsweise des elektrischen Energieversorgungssystems
- Eigenschaften und Funktionsweise der Betriebsmittel
- Grundlagen der Kraftwerkstechnik
- Übersicht über Erneuerbare Energien
- Grundlagen des Energiemarktes
- Grundlagen der Netzberechnung

Methoden der Optimierung elektrischer Energieversorgungsnetze

— Optimization Methods for Electrical Grids —

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Ü 1 SWS: M. Sc. Christoph Sauer

- Kennenlernen des Programms MATLAB
- Einführung in Optimierungsalgorithmen
- Einführung in genetische Algorithmen, Partikelschwarmoptimierung, Fuzzy Logic
- Einführung in Prognosealgorithmen mit neuronalen Netzen und weiteren Prognosealgorithmen
- Darstellungsmöglichkeiten von Ergebnissen in MATLAB

Operative Systemführung elektrischer Netze

— System Operation of Electric Power Networks —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Ü 1 SWS: M.Sc. Christoph Sauer

- Regulatorische Rahmenbedingungen
- Operative Aufgaben eines Netzbetreibers
 - Betriebsführung
 - Regelleistung
 - Engpassmanagement
 - Spannungshaltung
 - Netzwiederaufbau
- Leittechnik
- Planungsprozesse
- Kooperationsprozesse
- Praxisberichte
- Exkursion

Regenerative Elektroenergiequellen - Systembetrachtung

— Renewable Energy Sources —

WS V 2 SWS: M.Sc. Eric Glende
Ü 1 SWS: M.Sc. Maja Maletz

- Einführung, Energiebegriffe, Elektrische Energiesysteme, Smart Grid
- Grundlagen des regenerativen Energieangebots, Energiebilanz
- Photovoltaische Stromerzeugung
- Stromerzeugung aus Wind
- Stromerzeugung aus Wasserkraft
- Brennstoffzellen
- Elektrische Energiespeicher
- Netzintegration regenerativer Erzeuger
- Netzbetrieb lokaler Energieerzeuger

Windenergie

Power Network Planning and Operation

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Ü 1 SWS: M.Sc. Artem Kashtanov

- Introduction to the tasks of network planning and system operation
- Equation systems to describe steady-state and quasi-steady-state problems in electric power networks
- Grid modeling using modal component systems
- Basic algorithms of power flow, short-circuit and stability calculations as well as state estimation
- Introduction to power grid modelling with MATLAB

Renewable Energy Sources

SS V 2 SWS: M.Sc. Eric Glende
Ü 1 SWS: M.Sc. Christoph Sauer

- Introduction to renewable energy
- Legal framework, priority and subsidies
- Functionality of energy conversion
- Introduction to different technologies:
 - Photovoltaic energy
 - Wind energy
 - Hydroelectric power plants
 - Geothermal energy
 - Biomass
 - Fuel cells
 - Energy storage systems
- Grid connection of renewables

Digital Protection of Power Networks

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter
Prof. dr. hab. inż. Dr.-Ing. E. h. Waldemar Rebizant

- Concepts and requirements of power system protection
- Protection of particular network elements
- Digital signal processing for protection purposes
- Adaptive and intelligent protection systems

2.2.2 Abgeschlossene Arbeiten

2.2.3 Abgeschlossene Forschungsprojekte

1. Alisa Kharina: Klassifizierung und Parametrierung elektrischer Ersatzschaltbilder für industrielle Elektrolysestacks
2. Meet Pankajkumar Joshi: Investigation on How to Build a Tesla Coil
3. Arpit Gunvant Shah: Basics for using Kafka as gateway for PMU data
4. Hamza Ahmed Ansari: Hardware-in-Loop Setup and Use of PMU Using OPAL-RT HYPERSIM
5. Anton Shvets: Integration einer IEC 60780-Substation mit SCADA und Frontend
6. Nevilbhai Ashokbhai Italiya: Identifying the Barriers to the Diffusion of Battery Electric Vehicles: A Literature Review
7. Bennett Sattler : Analyse von Elektromobilitätslastprofilen und Implementierung in ein Synthetisches Netz
8. Tommy Christopher Gaede: Konfiguration der Kommunikationstechnik in RT-Lab
9. Yashwanth Akuthota: Critical Clearing Time for Transient Stability Analysis

2.2.4 Abgeschlossene Bachelor- und Studienarbeiten

1. Joachim Wanke: Teilautomatisierung in der Leitwarte
2. Omar Altabareen: Auslegung einer intelligenten Steuereinheit für die kurative Netzbetriebsführung
3. Erik Dolezal: Kraftwerkseinsatzplanung für das 50Hertz-Netzmodell in der Leitwarte
4. Finn Philipp: Erstellung spezifischer Lastprofile durch Analyse von real gemessenen Strommessdaten zur Anwendung dynamischer Stromtarife

2.2.5 Abgeschlossene Master- und Diplomarbeiten

1. Christoph Andres: Entwicklung eines induktiven Energieversorgungssystems für einen Teilentladungssensor
2. Usama Waqar: Investigation of the Communication Protocol Between a Substation Sensor and the Distribution System Operator
3. Urvisha Patel: PMU Application for Weighted Least Squares State Estimation
4. Mykyta Vasyliiev: Energieeffizienter Betrieb eines solarthermiegestützten Fernwärmenetzes durch Wetterprognosen-basierte Regelung & Steuerung eines Blockheizkraftwerks
5. Klara Uhlig: Auswertung von Teilentladungsbehafteten Messsignalen
6. Vladyslav Duchenko: Kurzschlussstromanalyse in einem Salzbergwerk
7. Rezvan Tahmasebi: Volkswirtschaftliche Bewertungsmodelle für Energiemärkte - Vergleich und Anwendung

8. Hammad Mushtaq: Investigating ns-Peak Detection Methods for Partial Discharge Measurements

2.2.6 Praktikantenbetreuung

Schülerpraktika am LENA – Interessante Einblicke in Forschung und Studium¹

Der Lehrstuhl bietet bereits seit vielen Jahren Schülerpraktika für interessierte Schülerinnen und Schüler an, welche einen umfassenden Einblick in die Forschungsarbeiten und Studienmöglichkeiten am LENA und der Otto-von-Guericke-Universität insgesamt vermitteln. Wie können die verstärkt eingesetzten erneuerbaren Energien in das elektrische Netz integriert werden; wie ist das deutsche Stromnetz aufgebaut und wie wird es überwacht, welche Rolle spielen dabei Energiespeicher und was genau ist Sektorenkopplung? Nur einige Fragen die im Rahmen der zumeist zweiwöchigen Praktika theoretisch und durch praktische Laborversuche den Schülerinnen und Schülern näher gebracht werden.

Während des Praktikums werden jedoch nicht nur die Themen des LENA behandelt, sondern auch andere Forschungsbereiche der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. Interessante Einblicke bieten beispielsweise die Absorberhalle des Lehrstuhls für Elektromagnetische Verträglichkeit und die Aktivitäten zur Elektromobilität des angrenzenden Fraunhofer IFF Magdeburg.

Weiterhin besteht die Möglichkeit in der Praktikumszeit verschiedene Vorlesungen zu besuchen, den Campus der Universität kennen zu lernen und wichtiges Hintergrundwissen zum Studium zu erlangen. Im aktuellen Jahr fanden zwei Schülerpraktika statt. Die Schüler wurden durch die Praktikumsangebote der Fakultät auf das LENA aufmerksam und lernten die Bereiche Elektrische Energienetze, Elektromobilität und Brennstoffzelle kennen.

Tabelle 2.1: Schulpraktikanten des Jahres 2024

Name	Schule	Zeitraum
Finn Jonas	Werner von Siemens Gymnasium Magdeburg	04.03 – 15.03.2024
Matthis Karger	Norbertus Gymnasium Magdeburg	09.09. – 13.09.2024
Fadi Al-Jazrawi	Norbertus Gymnasium Magdeburg	09.09. – 13.09.2024
Ole Thomas Wedekind	Evangelische Sekundarschule	11.11. – 28.11.2024

¹M. Sc. Martin Fritsch

2.3 Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit

2.3.1 Lehrveranstaltungen für Bachelor-Studiengänge

Vorkurs Mathematische Grundlagen der Elektrotechnik und Medizintechnik

WS Blockveranstaltung Dr.-Ing. Mathias Magdowski

Der Vorkurs dient der Wiederholung wichtiger mathematischer Grundlagen speziell für Studierende der Elektrotechnik und Medizintechnik. Der Vorkurs findet als Blockveranstaltung über fünf Tage statt.

1. Tag: Zahlen und Einheiten, Funktionen, Winkelfunktionen, Exponentialfunktion
2. Tag: Differentialrechnung, Differentialquotient, Differentiationsregeln, Differentialgleichungen
3. Tag: Integralrechnung, unbestimmtes und bestimmtes Integral, Integrationsregeln, Mittelwert und Effektivwert
4. Tag: Lineare Algebra, Vektoren, Skalarprodukt, Vektorprodukt
5. Tag: Matrizen, Matrixmultiplikation, inverse Matrix, lineare Gleichungssysteme

Die Lehrveranstaltung wird durch eine handschriftliche Übung und durch eine Computerübung ergänzt. In der handschriftlichen Übung werden die Lehrveranstaltungsthemen durch einfache und anwendungsnahe Aufgaben wiederholt und gefestigt. In der anschließenden Computerübung werden die gleichen Übungsaufgaben unter Zuhilfenahme von Mathematiksoftware bearbeitet. Dabei wird der grundlegende Umgang mit den Programmen

- GNUplot (Funktionenplotter)
- Maxima (Computeralgebrasystem)
- GNU Octave (Numerikprogramm)

besprochen. Diese Programme sind alle quelloffen und frei verfügbar. Sie wurden per Download-Link an die Studierenden verteilt. Diese können die Software auf ihren eigenen Notebooks (sowie Smartphones und Tablet-PCs) installieren und zur Bearbeitung der Aufgaben im Rahmen des Vorkurses sowie im weiteren Studium benutzen.

Grundlagen der Elektrotechnik I

WS V 3 SWS: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick
Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Ü 2 SWS: Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Jörg Petzold
M. Sc. Benjamin Hoepfner
Dr.-Ing. Moustafa Raya
M. Sc. Felix Middelstädt
Dipl.-Ing. Max Rosenthal

Die Vorlesung behandelt Grundbegriffe und Elemente elektrischer Stromkreise und gibt einen Überblick über die Berechnung resistiver elektrischer Netzwerke (linear und nichtlinear). Weiterhin werden die Grundlagen der Vierpoltheorie eingeführt.

Grundlagen der Elektrotechnik (Praktikum I)

WS P 3 SWS: Dr.-Ing. Moustafa Raya
M. Sc. Benjamin Hoepfner
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Jörg Petzold

Das Praktikum dient der Vermittlung grundlegender praktischer Erkenntnisse und Erfahrungen beim Einsatz moderner Mess-, Simulations- und Auswertetechnik, wobei dem Messen mit dem digitalen Speicheroszilloskop große Bedeutung zukommt. Im Detail gehören dazu laborpraktische Untersuchungen von Gleich- und Wechselstromkreisen, von Zweipolen mit linearem und nichtlinearem Strom-Spannungs-Verhalten sowie Auseinandersetzung u. a. mit der Problematik von Ortskurven, nichtharmonischen periodischen Vorgängen, Resonanzkreisen und Ausgleichsvorgängen in Gleich- und Wechselstromnetzwerken.

Grundlagen der Elektrotechnik II

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick
Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Ü 2 SWS: Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Dipl.-Ing. Max Rosenthal
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Jörg Petzold
M. Sc. Benjamin Hoepfner
Dr.-Ing. Moustafa Raya
M. Sc. Felix Middelstädt

Die Vorlesung behandelt elektrische Netzwerke und ihre Berechnung, resistive Netzwerke (linear, nichtlinear), Netzwerke bei harmonischer Erregung (komplexe Wechselstromrechnung, Ortskurven, duale und äquivalente Schaltungen, 2-Tor-Schaltungen bei Wechselstrom, Wechselstromschaltungen mit technischer Bedeutung, Mehrphasensysteme), Leitungen als Vierpole, Netzwerke mit nichtsinusförmiger periodischer Erregung und Ausgleichsvorgänge in Netzwerken.

Die Prüfungszulassung zu der Lehrveranstaltung „Grundlagen der Elektrotechnik I und II“ basiert seit einigen Jahren auf einem Konzept von personalisierbaren Aufgabe mit anonymen Peer Review. Dabei bekommen alle Studierenden eine eigene Aufgabe per E-Mail zugeschickt, können diese lösen und ihre Lösung über das Lernmanagementsystem Moodle zur Korrektur einreichen. Um den Korrekturaufwand für die Lehrenden zu senken, begutachten sich die Studierenden dann anhand einer ebenfalls personalisierten Musterlösung gegenseitig. Das ganze Verfahren läuft automatisiert ab und ist dadurch gut skalierbar. Gegenüber einfachen Multiple-Choice- oder Zahlenwert-und-Einheit-Aufgaben lassen sich hier auch der Rechenweg und Ansatz gut bewerten. Auf der Seite <https://bit.ly/PeerReviewAufgaben> sind weitere Informationen dazu in zusammengefasster Form verfügbar.

Grundlagen der Elektrotechnik (Praktikum II)

SS P 3 SWS: Dr.-Ing. Moustafa Raya
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Jörg Petzold
Dr. rer. nat. Sergey Tkachenko

Das Praktikum dient der Vermittlung grundlegender praktischer Erkenntnisse und Erfahrungen beim Einsatz moderner Mess-, Simulations- und Auswertetechnik, wobei dem Messen mit dem digitalen Speicheroszilloskop große Bedeutung zukommt. Im Detail gehören dazu laborpraktische Untersuchungen von Gleich- und Wechselstromkreisen, magnetischen Kreisen und Übertragern, ebenen Feldern, Energiewandlungsprozessen und von Zweipolen mit nichtlinearem Strom-Spannungs-Verhaltens sowie Auseinandersetzung u. a. mit der Problematik von Kompensations- und Brückenschaltungen und der Simulation von Ausgleichsvorgängen in Gleich- und Wechselstromnetzwerken.

Projektseminar Elektrotechnik/Informationstechnik (LEGO Mindstorms)

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Elektromagnetische Verträglichkeit

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Jörg Petzold

- Einführung in die EMV
- Klassifizierung und Charakterisierung von Störquellen
- Koppelmechanismen und Gegenmaßnahmen
- EMV-Analysemethoden zur Behandlung elektromagnetischer Kopplung basierend auf dem $\lambda/2$ -Dipolmodell
- Schirmung nach Schelkunoff, Einkopplung durch Aperturen, Messung der Schirmdämpfung
- Verkabelung, Massung, Filterung, Schutzschaltungen
- EMV-Mess- und Prüftechnik (Überblick)

2.3.2 Lehrveranstaltungen für Master-Studiengänge

Modern Concepts of EMC und EMC Measurements

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Dr.-Ing. Moustafa Raya

- basic principles of electromagnetic compatibility
- regulatory requirement of EMC compliant products
- overview of international EMC standards and measurement procedures
- analytical and numerical method for the analysis of EMC problems
- electromagnetic coupling, shielding and filtering
- countermeasures against electromagnetic interference

Modern Concepts of EMC and EMC Measurements (Laboratory Experiments)

WS P 2 SWS: Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Dr.-Ing. Al-Hamid
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Jörg Petzold
M. Sc. Thomas Gerlach

The students gain hands-on experience in EMC measurement techniques during the following experiments:

- measurements in the semi-anechoic chamber
- measurements in the reverberation chamber
- characterization of filters
- numerical calculation of electromagnetic fields and couplings
- transmission line perturbations
- shielding efficiency

Elektromagnetische Verträglichkeit regenerativer elektrischer Systeme

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick
M. Sc. Benjamin Hoepfner
Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Ü 1 SWS: M. Sc. Benjamin Hoepfner
Dr.-Ing. Mathias Magdowski

- Einführung in die EMV regenerativer elektrischer Systeme
- Gesetzliche Anforderungen und Standardisierung
- Elektromagnetische Kopplung und Schirmung
- Einkopplung in Leitungen
- Power Quality

Anwendung stochastischer Modelle in der EMV

WS V/Ü 2 SWS: Dr. rer. nat. Sergey Tkachenko

Die Studierenden kennen bereits die grundlegenden Prinzipien der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Sie werden weiterhin befähigt, elektromagnetische Kopplungen durch Nutzung von analytischen und numerischen Methoden zu beschreiben. Sie können stochastische Modelle zur Beschreibung von EMV-Testumgebungen anwenden.

Inhalte:

- Problemspezifische Einführung in die EMV, Begriffe, Störemission, Störfestigkeit, Störpegel, Störabstand, Zeit- und Frequenzbereich
- EMV-Mess- und Prüftechnik (Überblick)
- Methoden zur Analyse der Kabelkopplung
- Modellierung der Kabelkopplung in zufällige Kabelstrukturen
- Modenverwirbelungskammer (MVK) als stochastische EMV-Messumgebung
- Beschreibung des elektromagnetischen Feldes durch den Ansatz ebener Wellen

- Feldverteilung und Korrelationsfunktionen
- Messwertinterpretation

EMV-Messtechnik

SS V 2 SWS: Dr.-Ing. Mathias Magdowski
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Mathias Magdowski

Inhalte:

- Einführung, Begriffe, Definitionen (Messgrößen, Einheiten, dB-Skala, Rauschen, Signale, Messunsicherheit)
- Spektrum- und Netzwerkanalyse, Zeitbereichsmessverfahren
- Antennen, Messschaltungen und Komponenten
- Messung der Streu- und Transferimpedanzmatrizen
- EMV-Messplätze und -Umgebungen
- Feld- und leitungsgebundene Emissionsmessungen
- Störfestigkeitsuntersuchungen
- Standardisierte Messverfahren

Analyse und Berechnung elektromechanischer Strukturen

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Mathias Magdowski

- Einführung in die Beschreibung von Signalen im Zeit- und Frequenzbereich, lineare und nichtlineare Systeme, Beschreibung von Netzwerkstrukturen
- Simulation elektrischer Netzwerke
- Berechnung magnetischer Kreise
- Modellierung mechanischer Systeme als äquivalente elektrische Netzwerke
- Kombination von Netzwerk- und Feldberechnungsverfahren
- Zusammenwirken von Leistungselektronik und elektrischen Maschinen

Die Lehrveranstaltung findet als Inverted-Classroom-Variante statt, d. h. die Vorlesungen sind größtenteils auf Video aufgezeichnet und können eigenständig von den Studierenden vorbereitet, angeschaut und nachbereitet werden. In der synchronen Phase, die in diesem Jahr als Zoom-Videokonferenz stattfand, wurden dann hauptsächlich komplexe Übungsaufgaben bearbeitet sowie weiterführende Probleme besprochen und diskutiert.

Non-technical Project Seminar

SS Seminar Dr.-Ing. Mathias Magdowski
M. Sc. Thomas Gerlach
Dr.-Ing. Jörg Petzold
Dr.-Ing. Moustafa Raya

After successful completion of the seminar, students have an overview of the methods of scientific writing and presentation. The students are able to perform all the necessary steps to create and defend a final paper/thesis. Basic knowledge of research, scientific writing, visualization and presentation is imparted.

2.3.3 Abgeschlossene Forschungsprojekte

1. Surabhi Girish Purohit: Methodology to Simulate TEM Cells for Radiated Immunity Testing
2. Steffen Bach: Untersuchung von Verfahren zur messtechnischen Bestimmung des Radarquerschnitts in der Modenverwirbelungskammer anhand einfacher resonanter Modelle

2.3.4 Abgeschlossene Bachelorarbeiten

1. Saad Al-Hamid: Untersuchung und Validierung der Berechnung der abgestrahlten Störungen aus dem Bordnetz im Fahrzeug basierend auf CISPR 25

2.3.5 Abgeschlossene Masterarbeiten

1. Abu Sayed: Analysis of the Stochastic Electromagnetic Field Coupling to Transmission Line Networks Using the Numerical Electromagnetic Code
2. Mohammad Jannat Hossain: Comparison of the Random Coupling Model with the Plane Wave Integral Representation
3. Surabhi Girish Purohit: Integrated Simulation Methodology for Evaluating Radiated Emission and Immunity of Automotive Microcontrollers Using GTEM Cells
4. Björn Hirschfeld: Erstellung einer schnelltaktenden, bidirektionalen und prozessoroptimierten SPI-Kommunikation für aktive Oberschwingungsfilter am elektrischen Netz

2.4 Lehrstuhl für Leistungselektronik

2.4.1 Lehrveranstaltungen für Bachelor-Studiengänge

Grundlagen der Leistungselektronik

— Introduction to Power Electronics —

SS	V 2 SWS:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann Dr.-Ing. Carsten Kempiak
	Ü 1 SWS:	Dr.-Ing. Carsten Kempiak
WS	P 1 SWS:	Dr.-Ing. Carsten Kempiak M. Sc. Kevin Ladentin

- Einführung
- Gleichstromsteller
 - Tiefsetzsteller
 - Hochsetzsteller
 - Zwei-Quadranten-Steller – Brückenweig
- H-Brücke (selbstgeführt mit Spannungszwischenkreis)
- dreiphasige Brückenschaltung (selbstgeführt mit Spannungszwischenkreis)
- netzgeführte Brückenschaltungen
 - ungesteuerte Gleichrichter
 - voll- und halbgesteuerte Brückenschaltungen
- Wechsel- und Drehstromsteller
- Leistungsfaktorkorrektur

unter besonderer Berücksichtigung von

- Schaltungen
- Strom- und Spannungsverläufen
- Steuerverfahren
- Anwendungsbeispielen

Bauelemente der Leistungselektronik

— Power Semiconductor Devices —

SS	V 2 SWS:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann M. Sc. Kevin Ladentin
	Ü 1 SWS:	M. Sc. Kevin Ladentin
	P 1 SWS:	Dr.-Ing. Carsten Kempiak M. Sc. Kevin Ladentin

- Leistungshalbleiter-Bauelemente:
 - MOSFET
 - IGBT
 - HEMT

2 Studium und Lehre

- Diode
- Thyristor

unter besonderer Berücksichtigung von

- Funktionsweise
- statischem und dynamischem Verhalten
- Ausführung – Si, SiC, GaN, ...
- Aufbau- und Verbindungstechnik
- schaltungsgerechter Auslegung
- Ansteuerung, Systemarchitektur

Bauelemente der Elektronik bzw. Fahrzeugelektronik

— Electronic Devices —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
M. Sc. Kevin Ladentin
Ü 1 SWS: M. Sc. Kevin Ladentin

- Halbleiter
- Dioden
- Bipolar-Transistoren
- Feldeffekt-Transistoren
 - diskrete Bauelemente
 - integrierte Schaltungen
- weitere Bauelemente

Allgemeine Elektrotechnik 1 bzw. Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbau (Teil 1)

— Electrical Engineering and Electronics 1 —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
M. Sc. Kevin Ladentin
S 1 SWS: M. Sc. Kevin Ladentin

- Grundbegriffe
- Stromkreise
- Wechselgrößen
- elektrische und magnetische Felder

Veranstaltung für Nicht-Elektrotechniker; Allgemeine Elektrotechnik 2 vgl. auch Abschnitt 2.1.2

2.4.2 Lehrveranstaltungen für Master-Studiengänge

Schaltungen der Leistungselektronik

— Power Electronic Circuits —

SS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
M. Sc. Kevin Ladentin
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Carsten Kempiak
M. Sc. Kevin Ladentin

- resonante Schaltungen
 - lastgeführte Stromrichter, z. B. Schwingkreis-Wechselrichter
 - Entlastungsnetzwerke, z. B. ARCP-Umrichter
- selbstgeführte Schaltungen
 - Varianten
 - * Mehrpunkt-Umrichter
 - * Stromzwischenkreis-Umrichter
 - * Matrix-Umrichter
 - Steuer- und Regelverfahren
 - * Raumzeiger
 - * Modellbildung und Stromregelung beim Gleichstromsteller
- netzgeführte Stromrichter – Varianten
 - Umkehrstromrichter
 - höherpulsige Brückenschaltungen
 - Wechselstromsteller, Drehstromsteller

Systeme der Leistungselektronik

— Power Electronic Systems —

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Carsten Kempiak

- Stromversorgungen – Schaltnetzteile
 - Sperrwandler
 - Durchflusswandler
- Leistungselektronik zur Nutzung von aus erneuerbaren Quellen erzeugter elektrischer Energie
 - Photovoltaik
 - Windenergie
 - drehzahlvariable Pumpspeicherkraftwerke
 - Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ)
- Leistungselektronik im Automobil
 - Übersicht

- Zuverlässigkeit
- Ladetechnik: kontaktlose Energieübertragung

Systembetrachtung intelligenter Elektrofahrzeuge

— System Aspects of Intelligent Electric Vehicles —

SS S 3 SWS Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold
Dr.-Ing. Carsten Kempiak

Elektrofahrzeuge und autonom fahrende Fahrzeuge bestehen aus einer Vielzahl an Einzelsystemen, vom Energiespeicher, dem Antriebssystem, den Energiewandlern, bis hin zu Steuergeräten für vernetzte Planung, Umfelderkennung und Regelung. Der Entwurf, die Auslegung, Analyse und Optimierung des Gesamtsystems erfordert eine systemische Sicht auf alle Teilsysteme, um einen sicheren und zuverlässigen Betrieb von intelligenten Elektrofahrzeugen zu ermöglichen.

Inhalte:

- Ansatz der Systembetrachtung von intelligenten Elektrofahrzeugen
- Grundlagen sowie Methoden zur Modellierung und Analyse des Gesamtfahrzeuges und der Teilkomponenten, insbesondere der
 - Energiespeicher
 - leistungselektronischen Energiewandler
 - elektrischen Maschinen
 - Steuergeräte und Regelungssysteme
- optimale Dimensionierung
- optimale Regelung und Planung

gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme, vgl. Abschnitt 2.1.2

Power Electronics

WS V 2 SWS: Dr.-Ing. Folkhart Grieger
Ü 1 SWS: Dr.-Ing. Carsten Kempiak

- basic self commutated converters — DC choppers
 - buck chopper
 - boost chopper
 - phaseleg
- self-commutated bridges: circuit and control methods
 - H bridge
 - three phase bridge
- mains commutated bridges
 - uncontrolled bridges
 - controlled bridges
 - half controlled bridges

- AC controllers
- power supplies
 - power factor correction
 - flyback converter
- control circuitry

Power Electronic Components and Systems

WS V 2 SWS: Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann
Ü 1 SWS: M.Sc. Kevin Ladentin

- semiconductors
 - material
 - p-n junction
- diode
 - structure and functional principle
 - characteristics
 - application
- field effect transistor
 - principle
 - JFET
 - MOSFET
- insulated gate bipolar transistor (IGBT)
- high electron mobility transistor (HEMT)
- packaging

2.4.3 Abgeschlossene Projekte

1. Atharva Prashant Joshi: Current balancing methods in paralleling wide bandgap devices
2. Krzysztof Passella: Temperature monitoring of GaN devices by using end to end gate resistance
3. Christa Raison: Influence of the positive gate voltage level on the current distribution between paralleled SiC MOSFETs

2.4.4 Abgeschlossene Bachelorarbeiten

1. Maxim Loderstedt: Inbetriebnahme und Optimierung eines Durchflusswandlers für den Betrieb in einem Elektrofahrzeug

2.4.5 Abgeschlossene Masterarbeiten

1. Svenja Langer: Untersuchung der Temperaturmessung mittels $U_{SD}(T)$ -Methode an parallelgeschalteten SiC-MOSFETs beim Lastwechseln
2. Bhavik Kumar Chauhan: Comparison of Methods for Current Measurement in WBG Systems
3. Martin Damian Cuallo: Finite Element Method Simulation of Paralleled SiC MOSFETs During Power Cycling

2.5 Institutsebene

2.5.1 Internationale Hochschulkooperationen

Technische Universität Breslau²

Die langjährige Kooperation mit Politechnika Wroclawska wurde auch in diesem Jahr gepflegt: Dozenten des Instituts für Elektrische Energiesysteme (IESY) haben in Breslau die Ringvorlesung „Renewable Energy Sources“ angeboten. Es sind auch wieder Studierende aus Breslau im Rahmen des Doppelabschluss-Programms zum Studium nach Magdeburg gekommen. Prof. Rebizant aus Breslau bietet in Magdeburg die Lehrveranstaltung „Digital Protection of Power Networks“ an.

Stärkung der Verbindungen: Der Erfolg des Dual-Degree-Programms DSG-2³

Das DSG2 Programm, das in Kooperation zwischen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Nationalen Technischen Universität Charkiw (NTU „KhPI“) ins Leben gerufen wurde, hat in den vergangenen zwei Jahren erhebliche Fortschritte erzielt, um ukrainische Studierende zu unterstützen, die durch den anhaltenden Konflikt in ihrer Heimat betroffen sind. Das Programm wurde als Antwort auf die Herausforderungen ins Leben gerufen, mit denen diese Studierenden konfrontiert sind, und ermöglicht es ihnen, einen dualen Bachelor-Abschluss zu erwerben und sich gleichzeitig in das deutsche Hochschulsystem zu integrieren.

Seit seiner Gründung im Jahr 2022 hat das Programm etwa 80 ukrainische Abiturienten aufgenommen. Zunächst absolvierten diese Studierenden ein Jahr Online-Studium an der NTU Charkiw, wo sie sich auf technische Fächer konzentrierten und ihre Deutschkenntnisse verbesserten. Im darauffolgenden Jahr wechselten sie zu Präsenzstudien in Magdeburg, wo sie sich in verschiedenen Ingenieurstudiengängen einschrieben, darunter Elektrotechnik, Maschinenbau und Chemieingenieurwesen.



Abbildung 2.1: Ukrainische Studierende mit Dr.-Ing. Denys Meshkov und Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter im Hörsaal

Das Programm wurde mit Begeisterung aufgenommen, und etwa 80 Studierende haben sich erfolgreich an den Ingenieurfacultäten der Universität Magdeburg eingeschrieben. Prof. Martin Wolter, der das Programm mitentwickelt hat, stellt fest, dass sich die Studierenden gut in ihr Studium zusammen mit ihren deutschen Kommilitonen integrieren. Das Programm bietet

²von Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter

³von Dr.-Ing. Denys Meshkov

ihnen nicht nur eine solide akademische Grundlage, sondern betont auch die Bedeutung des interkulturellen Austauschs und der sozialen Integration.

Einer der attraktivsten Aspekte des DSG2-Programms ist die Möglichkeit für die Studierenden, duale Abschlüsse zu erlangen. Nach Abschluss ihres Studiums erhalten sie Bachelor-Abschlüsse sowohl von der Otto-von-Guericke-Universität als auch von der NTU Charkiw. Darüber hinaus spielen Ingenieurdisziplinen eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der Zukunft von Technologie und Innovation. Sie tragen nicht nur zur Lösung aktueller Herausforderungen bei, sondern fördern auch Fortschritte in verschiedenen Bereichen, darunter erneuerbare Energien, Infrastruktur und Automatisierung. Die in diesen Programmen erworbenen Fähigkeiten ermöglichen es den Studierenden, reale Probleme zu lösen, was sie für das Wirtschaftswachstum und die gesellschaftliche Entwicklung unerlässlich macht.

Denys Meshkov, der Koordinator von der NTU Charkiw, betont: „Ingenieurausbildung ist entscheidend für die Erholung und Entwicklung der Ukraine. Indem wir die Studierenden mit den notwendigen Fähigkeiten ausstatten, bereiten wir sie darauf vor, sowohl zu lokalen als auch zu globalen Herausforderungen effektiv beizutragen.“

In diesem Jahr haben die Rektoren sowohl der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg als auch der Nationalen Technischen Universität Charkiw die Studierenden begrüßt, was einen bedeutenden Meilenstein im DSG-2-Programm markiert. Ihre Anwesenheit unterstrich das Engagement beider Institutionen, die Bildungsreise dieser ukrainischen Studierenden zu unterstützen und die Zusammenarbeit zwischen den Universitäten zu fördern. Der herzliche Empfang hob die Bedeutung der Einheit angesichts von Herausforderungen hervor und das gemeinsame Ziel, die Studierenden durch qualitativ hochwertige Bildung und kulturellen Austausch zu stärken.

2.5.2 Aktivitäten in Verbänden

IEEE Student Branch Magdeburg⁴

Auch in diesem Jahr organisierte die IEEE Student Branch Magdeburg wieder einige Veranstaltungen, in denen sich die Studierenden vernetzen, das Gelernte in Anwendungssituationen vertiefen und Unterhaltungen mit Ingenieurinnen und Ingenieuren aus verschiedenen Bereichen führen konnten. Dieses Jahr standen Workshops, Technical Talks und eine Semesteranfangsfeier auf dem Plan.

Workshops Wie jedes Jahr wurde für Studierende eine Workshopreihe abgehalten. Hierbei wurden für das Studium und den späteren beruflichen Werdegang wichtige Kompetenzen behandelt. Folgende Workshops wurden sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache angeboten:

- Wie man ein gutes Protokoll schreibt
- LaTeX für Einsteiger
- Medizinische Bildanalyse
- MATLAB-Crashkurs
- Erste Schritte in Python
- Schöne Plots mit \LaTeX
- Netzwerksimulation mit LTspice

⁴von M. Sc. Kevin Ladentin

Technical Talks Auch in diesem Jahr lieferten die Technical Talks einen tollen Einblick in die Arbeitswelt nach dem Studium und boten eine fantastische Grundlage zum Netzwerken und zum Austausch zwischen den Studierenden und den Vortragenden.

Mit den Vortragenden Sebastian Südekum von der Firma Siemens Mobility, Konrad Schulze von der Firma Viessmann, Samuel Hildebrandt von der Firma Lumiloop und Lars Middelstädt von der Firma Panasonic Industrial Devices Europe, wurde ein breites Spektrum von Themengebieten und späteren Berufszweigen abgedeckt. Nach den Vorträgen gab es noch die Möglichkeit des Netzwerkers und des Austausches bei einem gemeinsamen Grillabend.

bIEEEer-Reinlötkurs Auch in diesem Jahr wurde der IEEE-bIEEEer-Reinlötkurs veranstaltet. Mit leckerem Gebrüllten, einem Live-DJ und Freigetränken aus unseren eigens designeten bIEEEer-Reinlötkursbechern konnte der Start in das Wintersemester gebührend gefeiert werden.

2.5.3 Exkursionen

Exkursion zum Umspannwerk Wolmirstedt⁵

Am 25.01.2024 waren wieder Studierende und Mitarbeitende der Otto-von-Guericke-Universität eingeladen, das Umspannwerk Wolmirstedt zu besuchen. Zwei Stunden lang wurde die Geschichte des Umspannwerkes, aktuelle und zukünftige Pläne sowie der Betrieb des Umspannwerkes erläutert. Ein wichtiger Punkt im Gespräch mit den Mitarbeitenden des Umspannwerkes war die Diskussion über die Inbetriebnahme von HGÜ-Systemen im Umspannwerk Wolmirstedt. Außerdem wurden die Gäste durch die wichtigsten Punkte des Umspannwerkes, wie die Schaltanlage, die Automatisierungs- und Relaischutzzentrale und die Transformatoren geführt. Die Studierenden konnten die in der Vorlesung behandelten Elemente in der Praxis sehen, hören und sogar unter den wachsamen Augen der Mitarbeitenden des Umspannwerkes anfassen.



Abbildung 2.2: Exkursionsgruppe im Umspannwerk Wolmirstedt

⁵von M. Sc. Christoph Sauer

Exkursion zur Konverterstation für die HGÜ-Verbindung SuedOstLink

In Wolmirstedt errichtet Siemens Energy eine Konverterstation für die HGÜ-Verbindung Sued-OstLink. Der modulare Mehrpunktumrichter ist für eine Gleichspannung von 525 kV und eine Leistung von 2 GW ausgelegt. Wir hatten Gelegenheit, nach einer Einführung an der OVGU diese beeindruckende leistungselektronische Anlage kurz vor ihrer Inbetriebnahme zu besichtigen.

Exkursion zu Avacon und dessen Umspannwerk⁶

Am 03.06.2024 besuchten Studierende und Mitarbeitende der Otto-von-Guericke-Universität die Avacon Netz GmbH in Salzgitter. Dabei konnten sie spannende Einblicke in den Arbeitsalltag von Mitarbeitenden der Netzleitstelle, dem Herzstück des Standortes, bekommen. Zusätzlich wurden interessante Fachvorträge von Expert*innen zu Themen wie „Planung und Bau Spezialnetz“ und „Sekundärtechnik“ gehalten.



(a) Gruppenfoto der Gruppe



(b) Besichtigung des Umspannwerks

Abbildung 2.3: Exkursion zu Avacon und dessen Umspannwerk

Nach dem Mittagessen fuhr die Besuchergruppe dann ins Umspannwerk Helmstedt, das ca. 2 Millionen Kunden mit Strom versorgt. Dort wurden das Betriebsgebäude und die Außenanlagen

⁶von M. Sc. Christoph Andres

besichtigt und es fand eine Schaltvorgang-Demonstration statt, gesteuert aus der Netzleitstelle in Salzgitter.

Vielen Dank an das Team der Avacon Netz GmbH für die tolle Organisation und die informativen Einblicke.

2.5.4 Studienwerbung

Train-the-Trainer-Aktion mit angehenden Grundschullehrerinnen⁷

Wenn wir es schaffen, Kinder und Jugendliche für MINT-Fächer zu begeistern, können wir das auch mit Erwachsenen tun. Am Donnerstag, den 07.12.2023 besuchten uns deshalb 12 angehende Grundschullehrerinnen zu einer Train-the-Trainer-Veranstaltung mit 6 Mitmachstationen an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg in der Experimentellen Fabrik (siehe Abbildung 2.4).

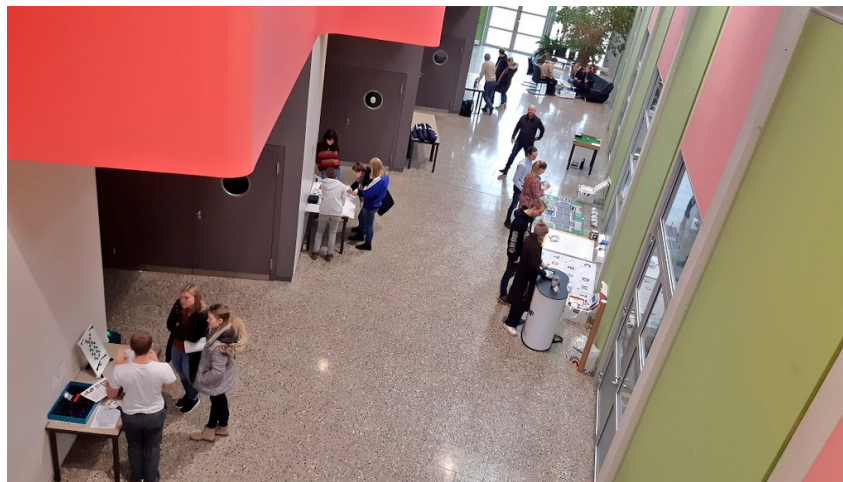


Abbildung 2.4: Train-the-Trainer-Aktion mit angehenden Grundschullehrerinnen

Im Angebot hatten wir einen Elektrobaukasten, einige Ozobots, die sich durch farbige Muster auf Linien programmieren lassen, einen mechanischen Turing-Tumble-Logikrechner, einen grafisch per Tablet-PC programmierbaren Photon-EDU-Roboter, einen mittels Tastendruck programmierbaren Bee-Bot, einen Sphero-Roboter zum Spielen von Roboter-Minigolf und einen KUBO-Roboter, der ganz einfach mit Kacheln programmiert werden kann.

Vielen Dank an unsere Studierenden Lisa, Katharina, Daniel und Daniel, Johann und Steffen sowie an die Kollegen Dario (extern) und Thomas für die Unterstützung und Betreuung der Stationen.

Vorstellung Leitwarte⁸

Nur wenige Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland besitzen einen Netzleitstand und noch weniger besitzen eine simulative Testumgebung zur Bewertung der dynamischen Systemstabilität.

Die Bedeutung eines solchen Systems für Forschungseinrichtungen wird durch die Transformation des Energieversorgungssystems in Deutschland und Europa noch weiter verstärkt. In diesem Kontext sind innovative Lösungen erforderlich, um die Systemstabilität auch bei einem geringeren

⁷von Dr.-Ing. Mathias Magdowski

⁸von M. Sc. Eric Glende

Anteil konventioneller Erzeugungsanlagen sicher bewerten und gewährleisten zu können. Das System bietet die Grundlage dafür, solche Analysen in einer praxisnahen Umgebung durchzuführen und so direkt Methoden und Hinweise zu entwickeln, die die Arbeit für das Leitwartenpersonal in Zukunft weiterhin ermöglicht und vereinfacht.

Der Wegfall von konventioneller Schwungmasse und die daraus resultierenden Fragestellungen hinsichtlich der transienten Stabilität des elektrischen Netzes sind für das erfolgreiche Gelingen der Energiewende von großer Bedeutung. Daher gewinnen diese Themen auch im Rahmen des Energieforschungsprogramms des BMWK an Bedeutung, wodurch das hier dargestellte Vorhaben die Förderfähigkeit der OVGU innerhalb von Förderungen auf Bundesebene stärkt.

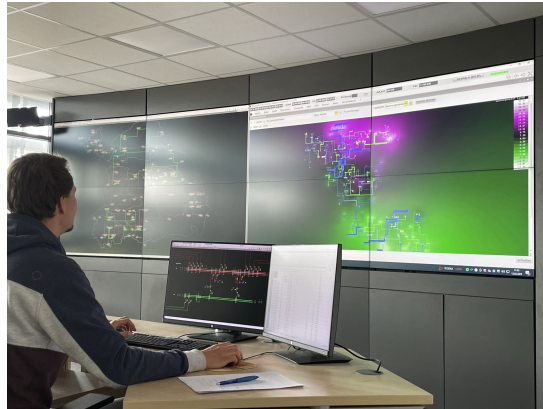


Abbildung 2.5: Eric Glende bei einer Vorstellung in der Leitwarte.

Darüber hinaus ist die transiente Stabilität nicht nur ein lokales, sondern ein europäisches Thema. So betreffen Winkelpendelungen im europäischen Verbundnetz immer mehrere Regelzonen bzw. Länder. Somit schafft die Leitwartenumgebung eine wichtige Grundvoraussetzung um zukünftig auch im Rahmen von EU-Projekten mit anderen Forschungseinrichtungen bzw. mit Netzbetreibern anderer Regelzonen zusammenzuarbeiten.

In der vorhandenen Systemumgebung lassen sich weitere Algorithmen und Methoden modular anfügen. Damit ist sichergestellt, dass die Umgebung auch in zukünftigen Forschungsprojekten regelmäßig zum Einsatz kommen kann. Zusätzlich sichert sie eine nachhaltige und zukunftsorientierte Ausbildung von Studierenden, da die Abschlussarbeiten, die in Zusammenarbeit mit dieser Umgebung entstehen, für den zukünftigen Systembetrieb des elektrischen Netzes relevante Themen aufgreifen.

Im Rahmen unterschiedlicher Projekte arbeitet die OVGU bereits mit Netzbetreibern und Herstellern von Leitsystemsoftware zusammen. Die Möglichkeiten zur Kooperation werden durch die Erweiterung der Leitwarte am LENA um weitere Forschungsthemen erweitert. Insbesondere eine verstärkte Zusammenarbeit mit Übertragungsnetzbetreibern kann durch die Umsetzung dieses Vorhabens angestrebt werden

3 Forschung

3.1 Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme

3.1.1 Forschungsprofil

Inhalte

Gegenstand der Forschung im Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme sind neben der elektrischen Maschine auch die Regelung und das leistungselektronische Stellglied sowie die Interaktion der Komponenten im Gesamtsystem.

Neben der Entwicklung neuer und der Weiterentwicklung von bestehenden Konzepten für die Optimierung solcher Systeme, werden auch neue bisher nicht genutzte Anwendungsfelder für elektrische Maschinen erschlossen. Hierfür steht die Vereinfachung der Konstruktion des elektrischen und des mechanischen Systems durch einen angepassten und erweiterten Einsatz der Regelung sowie der Leistungselektronik besonders im Mittelpunkt der Betrachtungen. Ziel ist es, insbesondere die Produktionskosten und den Betriebsaufwand eines elektrischen Antriebssystems zu reduzieren und gegebenenfalls bestehende konventionelle Systeme zu ersetzen.

Schwerpunkte

Magnetisch gelagerte Systeme für universelle Anwendungen Aktiv magnetisch gelagerte Systeme besitzen ein breites Anwendungsspektrum, was auf die bekannten Vorteile, wie Berührunglosigkeit, Verschleißfreiheit und die über die Regelung beeinflussbare Dämpfung und Steifigkeit, zurückzuführen ist. Dem gegenüber steht ein erhöhter Hardware- und Kostenaufwand, bezogen auf Sensorik, Aktorik, Leistungselektronik und Reglerkomponenten. Am Beispiel eines in 5 Freiheitsgraden magnetisch gelagerten Werkzeugmaschinenrundtisches, der in Abbildung 3.1 dargestellt ist, werden verschiedene technische Fragestellungen experimentell untersucht.

Neben einer Erprobung von zentralen und dezentralen Regelungen zur Positionierung des Schwebekörpers werden auch Konzepte für die Kompensation der Nichtlinearität im gesamten Arbeitsbereich analysiert. Dabei bezieht sich die Nichtlinearität auf die Luftspaltabhängigkeit der Induktivität und dem quadratischen Zusammenhang zwischen Magnetkraft und Strom.

Weiterhin werden aufgrund der technischen Realisierung dieser Lagerung, Möglichkeiten der aktiven Schwingungsdämpfung untersucht. Durch Erweiterungen der bestehenden Regelalgorithmen kann eine Dämpfung interner und externer Schwingungen erreicht werden, wodurch dieses Lagerprinzip auch zur Schwingungsisolation eingesetzt werden kann.

Ziel ist es, den höheren gerätetechnischen Aufwand zu verringern, eine höhere Verfügbarkeit und Robustheit sowie universellere Anwendungsmöglichkeiten gegenüber der konventionellen Technik zu erreichen.

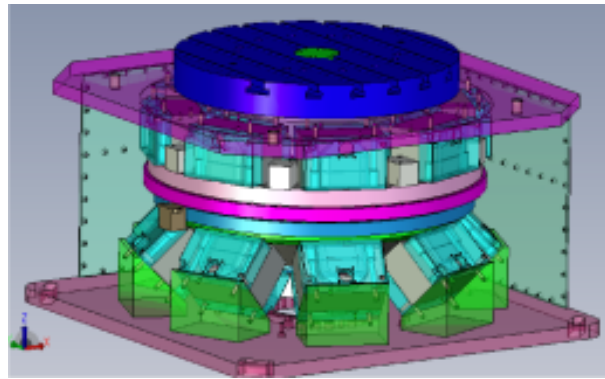


Abbildung 3.1: Magnetisch gelagerter Rundtisch

Gegenseitig ergänzende Auslegung der elektrischen Maschine und der Regelung Die Regelung elektrischer Maschinen basiert fast immer auf der zur regelnden Maschine. Bei der Auslegung der elektrischen Maschinen hingegen, wird meistens der Regler nicht betrachtet. Berücksichtigt man die Möglichkeiten der Regelung schon bei der Maschinenauslegung, wie in Abbildung 3.2 gezeigt ist, so kann z. B. eine höhere Leistungsdichte bei gleichzeitig niedrigerem Produktionsaufwand realisiert werden. Daher werden neue Auslegungskriterien und Auslegungsmethoden der Maschine im Zusammenhang mit der Regelung untersucht. Auslegungsziele wie Leistungsdichte, Wirkungsgrad, Zuverlässigkeit und Produktionsaufwand werden hierbei in Betracht gezogen.

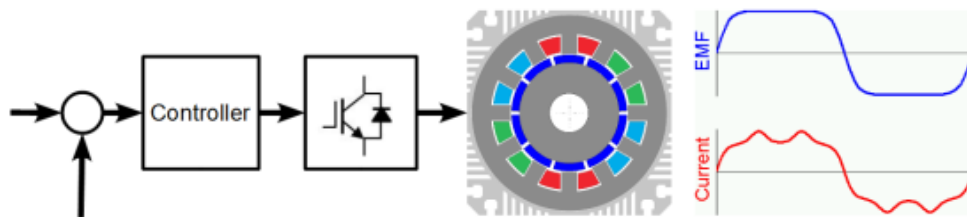


Abbildung 3.2: Regelung von Maschinen nicht sinusförmiger elektromotorischer Kraft

Elektrische Antriebssysteme mit optimaler Integration in der Arbeitsmaschine In elektrischen Antriebssystemen wird in der Regel die elektrische Maschine mit der Arbeitsmaschine mit Hilfe eines mechanischen Übertragungssystems verbunden. Das erlaubt z. B. den Einsatz von standardisierten rotierenden Maschinen. Die Art und die Kenngrößen der Bewegungsabläufe werden dann über Getriebe, Kugelgewindetrieb, Zahnriemen, Kurbeltrieb etc. an die Arbeitsmaschine angepasst.

Mechanische Übertragungssysteme sind durch ihren Verschleiß und die damit verbundene Wartung gekennzeichnet. Sie beeinflussen zudem die Dynamik, die Zuverlässigkeit und den Wirkungsgrad des gesamten Antriebssystems. In Abhängigkeit der Anwendung können durch die Reduzierung der mechanischen Übertragungssysteme wichtige Vorteile erzielt werden. Dafür muss die elektrische Maschine optimal an die Arbeitsmaschine angepasst werden. Dieser Ansatz, der in Abbildung 3.3 dargestellt ist, erfordert daher neue Konzepte für elektrische Maschinen sowie dessen Auslegung und Regelung.

Lagegeberlose (sensorlose) Regelung elektrischer Maschinen Die Position bzw. die Lage ist eine wichtige Rückführgröße für geregelte elektrische Antriebe. Normalerweise werden hierfür Lagegeber eingesetzt. Sie sind aber ein aufwendiger Bestandteil des Antriebes. Der Lagegeber und die entsprechende Signalübertragung zum Regler sind auch die Ursache für eine erhöhte

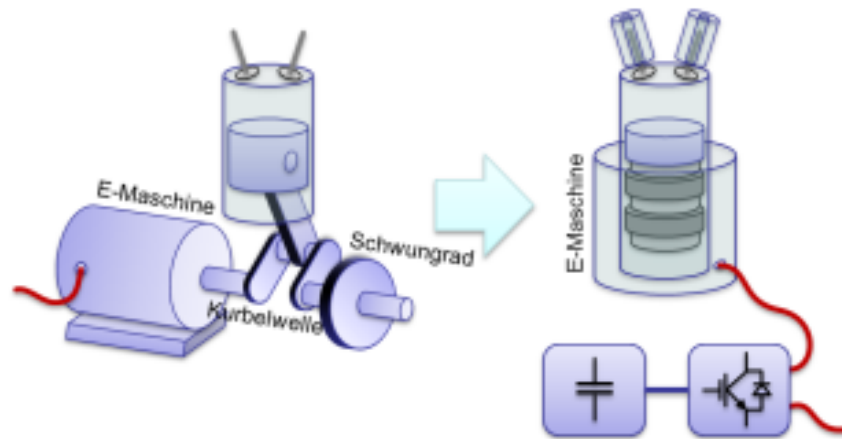


Abbildung 3.3: Einsatz von elektrischen Linearmaschinen bei Verbrennungsmotoren

Störanfälligkeit des Antriebes. In einige Anwendungen kann es auch vorkommen, dass raue Umgebungsbedingungen den Einsatz von Lagegebern verhindern.

Die Lage des Motorläufers kann aber auch indirekt über die Messung nur elektrischer Größen, z. B. Phasenspannung und/oder Phasenstrom, ermittelt werden. Diese Methode wird als sensorlose oder lagegeberlose Regelung bezeichnet und ist in Abbildung 3.4 schematisch gezeigt. Die lagegeberlose Regelung wird schon seit zwei Jahrzehnten in der wissenschaftlichen Literatur behandelt, wurde aber bislang kaum von der Industrie umgesetzt. Der dadurch entstehende Forschungsbedarf bezieht sich besonders auf eine höhere Genauigkeit, Dynamik und Parameterunabhängigkeit, besonders im unteren Geschwindigkeits- und Stillstandsbereich.

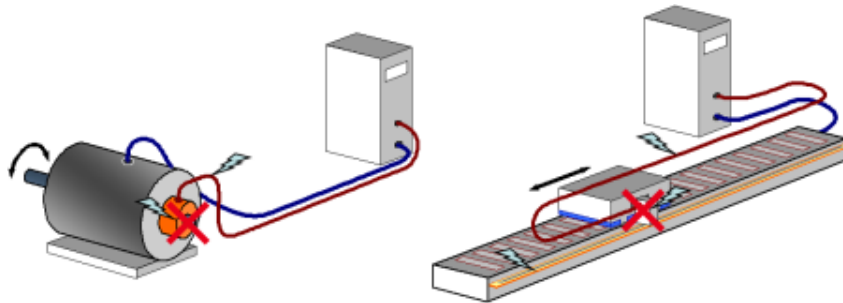


Abbildung 3.4: Sensorlose Regelung elektrischer Maschinen

3.1.2 Forschungsprojekte

Zustandserkennung elektrischer Maschinen (Condition Monitoring) ¹

Elektrische Maschinen spielen eine fundamentale Rolle bei Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen und auch in der Elektromobilität. Ein guter Zustand und eine hohe Effizienz des gesamten Antriebssystems sind daher sehr bedeutsam.

Im Rahmen des Projektes „Ausbau des Forschungsschwerpunktes Automotive mit Fokus auf eine nachhaltige Elektromobilität – KeM II“ wird am Lehrstuhl für elektrische Antriebssysteme seit diesem Jahr über einen Gesamtzeitraum von 4 Jahren ein Teilprojekt bearbeitet, das die Methodenneu- und -weiterentwicklung zur Zustands- bzw. Fehlererkennung elektrischer

¹von Dr.-Ing. Mario Stamann

3 Forschung

Maschinen beinhaltet. Dabei liegt der Fokus auf der Fehlerfrüherkennung während des Betriebes, die grundlegend für die Anwendung der fehlertoleranten Methoden ist.

Da jedoch jede elektrische Maschine oder Komponente des Antriebssystems irgendwann ausfällt, entsteht häufig ein Sicherheitsrisiko oder ein wirtschaftliches Risiko. Im schlimmsten Fall kann ein Ausfall auch zu Folgeschäden an einer Anlage führen. Anfänglich kleine und unbemerkte Fehler entwickeln sich häufig zu gravierenden Defekten, woraus die Motivation entsteht Fehler möglichst früh zu erkennen. Weiterhin bildet die Möglichkeit der Fehlererkennung die Grundlage zur Umsetzung von fehlertoleranter Methoden und Techniken, die das Ziel haben, z. B. einen Komplettausfall zu vermeiden und damit Risiken zu minimieren.

Aufbauend auf wissenschaftlichen Voruntersuchungen und Veröffentlichungen zu diesem Thema ist ein Ziel des Teilprojektes, die Methoden auf theoretische und experimenteller Ebene zu vertiefen bzw. zu verbessern. Dabei stehen folgende Zielstellungen im Fokus:

- möglichst frühe Identifikation von Fehlern (Fehlererkennung)
- Entwicklung von Online-Diagnosemethoden zur Zustandsüberwachung
- Modellbildung fehlerbehaftete elektrischer Maschinen
- Entwicklung von Maßnahmen zur Fehlereindämmung und Minimierung von Folgeschäden

In Abbildung 3.5 ist die Einordnung des Vorhabens in Stufe 1 eines Stufenmodells zur Fehlererkennung dargestellt. Die Methodenumsetzung soll in Form einer Online-Diagnose erfolgen, sodass der Systemzustand während des Betriebes ständig erfasst wird und entsprechend in einer möglichst frühen Phase Fehler signalisiert werden können. Im Gegensatz zur Stufe 4 in Abbildung 3.5 besteht in Stufe 1 des Stufenmodells ein höherer Forschungsbedarf. Die Entwicklung, Optimierung und experimentelle Verifikation neuer bzw. etablierter Methoden zur Zustandsüberwachung haben auch das Ziel ausschließlich die gegebene Sensorik der zur Maschinenregelung eingesetzten Hardware zu nutzen.



Abbildung 3.5: Stufenmodell der Fehlererkennung

Die Zustandsüberwachung und Fehlererkennung ist nicht nur ausschließlich für die elektrische Maschine denkbar, denn aufgrund der CAN-Kommunikationsstruktur in Fahrzeugen ist auch eine komponentenübergreifende Diagnose ohne zusätzlichen Hardwareaufwand implementierbar. Eine Erweiterung ist auf folgende Komponenten des Antriebssystems möglich:

Energiequelle: Batteriesystem mit BMS, Brennstoffzellensystem mit Regelungstechnik

Leistungselektronik der E-Maschine: Mikroprozessor-gesteuerter Wechselrichter mit integrierter Sensorik

Elektrische Verbindungstechnik: Leitungen, Klemmstellen, Zellkontaktierung, Isolation

Mechanik: Reduktionsgetriebe, Antriebsgelenkwelle, Kugellager Rotor/Getriebe

Gehäusetechnik: Akustik/Körperschall als Kriterium für Fehlerzustände

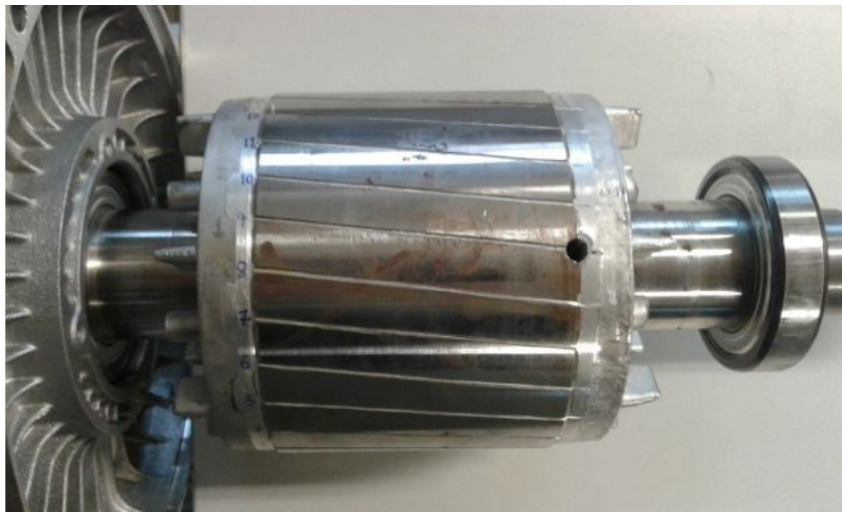


Abbildung 3.6: Provozierter Rotorstabbruch einer Asynchronmaschine mit Kurzschlussläufer

Im Rahmen des Projektes ist die Erstellung von Modellen verschiedener Komponenten, inklusive eines bestimmten Fehlerverhaltens, mit entsprechender Modellierungstiefe geplant. Im Vorfeld dient eine Analyse und Bewertung häufig auftretender Fehler in Antriebssystemen dazu, Prüflinge mit solchen Fehlern zu modifizieren (siehe Abbildung 3.6), damit die entwickelten Methoden auf Prüfständen für bestimmte Fehlerfälle verifizierbar sind.

Für diese Aufgabenstellung ist die moderne Prüfstandstechnik des CMD (Center of Method Development), insbesondere mit der Möglichkeit der Automatisierung und Prüffeldvernetzung, zur Realisierung umfangreicher Messaufgaben sehr geeignet.

Projekttitle²

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

²von M. Sc. Shokoofeh Abbaszadeh

3.1.3 Promotionen

Dr.-Ing. Shokoofeh Abbaszadeh: Experimentelle Optimierungsmethoden für aktuierte Systeme mit komplexen Fluid-Struktur Wechselwirkungen

Gutachter:

- Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Dominique Thévenin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Assoc. Prof. Dr. Eng. Jeffrey Andrew Tuhtan, Centre for Environmental Intelligence and Sensing, Tallin, Estland

verteidigt am 23. Februar 2024 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (siehe Abbildung 3.7)



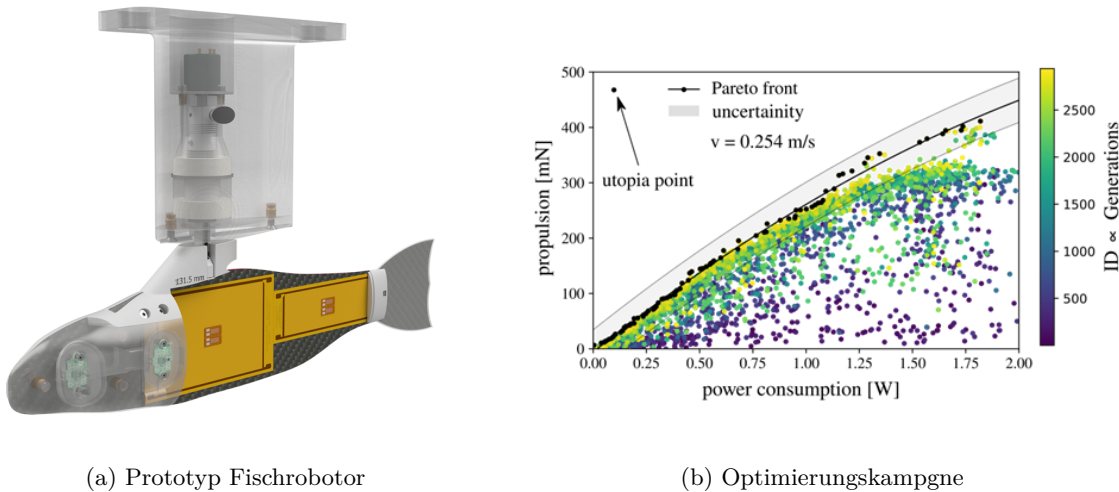
Abbildung 3.7: Gratulation an Dr.-Ing. Shokoofeh Abbaszadeh mit den drei Gutachtern und dem Mitglied der Prüfungskommission

In der im Februar 2024 verteidigte Promotion (DOI: 10.25673/115315) wurden Methoden zur experimentellen Optimierung (Exp-O) komplexer und realistischer Aufgabenstellungen aus den Ingenieurwissenschaften untersucht und entwickelt. Die Arbeit konzentrierte sich insbesondere auf elektrisch aktuierte, fluid-solid-gekoppelte, mechatronische Systeme, die durch die nichtlinearen Charakteristiken von Fluid-Struktur-Wechselwirkungen sehr herausfordernd sind (siehe Abbildung 3.8a).

Ziel dieser Arbeit war es, die Grundhypothese, dass Exp-O eine geeignete und in komplexen Fällen kosteneffiziente Methode zur systematischen Optimierung ist, zu untersuchen. Anhand dreier konkreter Fälle wurde demonstriert, dass Exp-O eine signifikante Reduktion der Auswertzeit für multiphysikalische Optimierungsprobleme in realistischen Szenarien erreichen kann. Darüber hinaus ermöglicht sie die Berücksichtigung der realen Strömungsphysik ohne signifikante Modellvereinfachungen.

In einem der Anwendungsfälle wurde das Bewegungsmuster eines Roboters experimentell optimiert. Ziel der Optimierung war es, einen möglichst leistungsstarken und effizienten Schwimmmodus für den Roboter zu erreichen. Es wurden zwei Sinussignale für die Ansteuerung von zwei unabhängig voneinander gesteuerten künstlichen Muskeln eingesetzt. Daraus ergaben sich fünf Steuerparameter, zwei Amplituden und Frequenzen sowie eine frei einstellbare Phasenverschiebung zwischen der Ansteuerung der Muskeln, für die Bewegungsmusteroptimierung.

Unter der Verwendung genetischer Algorithmen (NSGA-II) und Nutzung der am Lehrstuhl für Strömungsmechanik entwickelten Optimierungssoftware OPAL++ wurde ein vollständig automatisiertes Experiment mit mehreren Aktoren und Sensoren realisiert, um die besten Bewegungsmuster für eine hohe Vortriebsleistung in Kombination mit einem geringen Energieverbrauch zu ermitteln. Die dazu erforderliche Kopplung des Optimierers mit dem Versuch, bzw. dem zur Automatisierung eingesetztem Mikrocontroller, erfolgte über Python-Skripte. Die Optimierung wurde sowohl in stehendem als auch fließendem Wasser ($0,254 \frac{m}{s}$) mit identischen Parametern durchgeführt. Jede Optimierungskampagne (siehe Abbildung 3.8b) dauerte rund 26 Stunden für 2940 Individuen, die jeweils in etwa 31 s durchgeführt und bewertet wurden.



(a) Prototyp Fischroboter

(b) Optimierungskampagne

Abbildung 3.8: Fischroboter und Optimierungskampagne

Die Vielzahl der Individuen erlaubte nachfolgend eine statistische Analyse der Parameter und ihrer Korrelation zu den Optimierungszielen. Die Optimierung konnte so zum besseren Verständnis des Systems beitragen und es konnten Handlungsempfehlungen formuliert werden. Darüber hinaus wurden für die Optimierung weitere Erkenntnisse gewonnen, die für die Robotik-Community von Interesse sind.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass Exp-O-Techniken eine robuste Methodik zur Optimierung multiphysikalischer Optimierungsprobleme in realistischen Szenarien bieten, die eine massive Reduzierung der Auswertezeit erlauben.

Experimentelle Optimierungsansätze bieten einige Vorteile gegenüber anderen Ansätzen, die es ermöglichen, Probleme zu überwinden, die mit anderen Methoden nur mit sehr hohen Kosten oder gar nicht zu lösen sind. Dies gilt insbesondere für Anwendungen mit komplexer Multiphysik. Exp-O zeigt hier insbesondere drei große Vorteile:

- Experimente sind von Natur aus näher an der realen Physik, theoretisch sind keine Vereinfachungen notwendig;
- Ähnlichkeitsgesetze erlauben in den meisten Fällen eine sinnvolle Verkleinerung des Problems, bei weiterem Reduktionsbedarf können Ersatzmodelle bestimmt werden;
- die Auswertungszeit für ein Problem liegt im Sekunden- oder Minutenbereich.

Der letzte Punkt erlaubt eine sehr gute Abdeckung des Designraums und damit eine fundierte statistische Analyse aller genutzten Parameter. Dies ermöglicht in der Regel als zusätzlichen Nutzen ein tieferes Verständnis des optimierten Systems bei einer hohen Stichprobengröße.

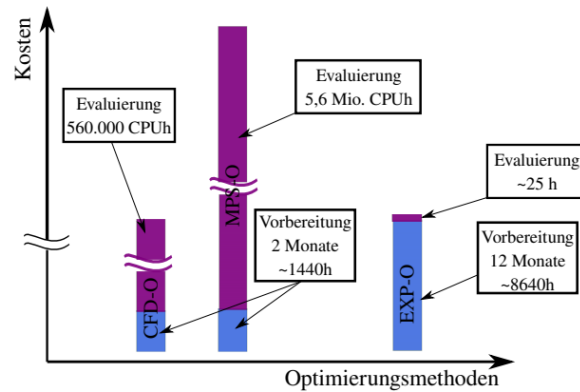


Abbildung 3.9: Optimierungsmethoden

Um die der Arbeit zugrunde liegende Hypothese zu beantworten: Exp-O sind sehr gut geeignet, komplexe, ingenieurtechnisch relevante Systeme zu optimieren. Dabei steigt ihr Nutzen mit der Komplexität der Aufgabe. Es ist zu erwarten, dass diese Methodik in den kommenden Jahren zunehmend eingesetzt wird, um komplizierte und interdisziplinäre Optimierungsaufgaben (siehe Abbildung 3.9) zu lösen.

3.1.4 Veröffentlichungen

Dissertationen und Bücher

- [1] S. Abbaszadeh, R. Leidhold, D. Thévenin und J. A. Tuhtan, „Experimentelle Optimierungsmethoden für aktuierte Systeme mit komplexen Fluid-Struktur Wechselwirkungen“, ix, 135 Seiten, Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Magdeburg, 2024.
- [2] S. Abbaszadeh, S. Hoerner und R. Leidhold, „Experimental optimization of a fish robot’s swimming modes: a complex multiphysical problem“, *Experiments in Fluids*, Jg. 65, Nr. 4, S. 51, März 2024, ISSN: 1432-1114. DOI: 10.1007/s00348-024-03786-0. Adresse: <https://doi.org/10.1007/s00348-024-03786-0>.

3.2 Lehrstuhl Elektrische Netze und Erneuerbare Energie

3.2.1 Forschungsprofil

Der Lehrstuhl „Elektrische Netze und Erneuerbare Energie“ hat sich zur Aufgabe gesetzt, technische und ökonomische Prozesse im Elektroenergiesystem weiter zu entwickeln, Optimierungspotentiale zu heben und neue, innovative Methoden der Netzführung, -planung und -nutzung hervorzubringen. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem systemischen Gedanken. Das bedeutet, dass der Lehrstuhl neben dem Verständnis der Funktionen und Prozesse einzelner Akteure im Energieversorgungssystem insbesondere die Interaktionen der Player untereinander und deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem betrachtet. Dies spiegelt sich auch in den Forschungsschwerpunkten wider:

- Zur Bewältigung der bevorstehenden Herausforderungen ist die Analyse und Optimierung der Interaktion zwischen den Akteuren im Energieversorgungsnetz sowie die geeignete Modellierung des „Interaktionsmediums Stromnetz“ unerlässlich. Durch diese grundlegende Methoden-, Modell- und Verfahrensentwicklung lässt sich das erforderliche, bessere Verständnis der stationären, quasistationären und dynamischen Vorgänge im Gesamtsystem erwerben, aus dem schlussendlich die Ableitung optimierter Konzepte für Netzplanung und -führung erfolgt.
- Der Bedarf an diesen neuen Konzepten ergibt sich u. a. aus der Notwendigkeit, mehr und mehr erneuerbare und dezentrale Erzeuger sowie Speicher sinnvoll in das Gesamtsystem zu integrieren. Hierfür ist es erforderlich, das jeweilige Betriebsverhalten der Anlage, dessen Vor- und Nachteile sowie die sich daraus ergebenden Potentiale und Risiken für das Netz näher zu analysieren. Darauf aufbauend werden am Lehrstuhl Konzepte für eine technisch und ökonomisch sinnvolle Integration dieser Anlagen in neue oder bestehende Prozesse der Netzbetreiber im Rahmen des Energiemanagements entwickelt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auch auf der Modellierung, der Diagnose und der Integration von Brennstoffzellensystemen.
- Aufgrund ihrer geringen Leistung werden die meisten dieser Anlagen in den unteren Spannungsebenen angeschlossen, die messtechnisch nicht vollständig erfasst sind. Mittlerweile führen die zu transportierenden Energiemengen zu Grenzwertverletzungen, welche aufgrund der fehlenden Information vom Netzbetreiber nicht behoben werden können. Deshalb werden am LENA geeignete Methoden zur Netzzustandsidentifikation entwickelt, die sowohl technische Unschärfe als auch ökonomischen Aufwand berücksichtigen.
- Bei der Modellierung und Optimierung des Elektroenergiesystems spielen das Übertragungsmedium (Freileitung, Kabel, GIL, usw.) und die Übertragungstechnik (Drehstrom, HGÜ, usw.) eine wesentliche Rolle. Aus diesem Grund wird am Lehrstuhl das Betriebsverhalten dieser Technologien im Hinblick auf den Einsatz im Energieversorgungssystem untersucht und verbessert.

3.2.2 Forschungsprojekte

IDiNA – Intelligente Digitalisierung der Energieversorgung zur Optimierung des Netzbetriebs und zur Erhöhung der Akzeptanz³

Das Projekt IDiNA („Intelligente Digitalisierung der Energieversorgung zur Optimierung des Netzbetriebs und zur Erhöhung der Akzeptanz“) startete gemeinsam mit anderen Projektpartnern im Jahr 2021. Zu den Projektzielen von IDiNA gehört die Ableitung von Strategien und

³M. Sc. Maja Maletz

Empfehlungen zur Erhöhung des (funktionalen) Kundennutzens (z. B. sicherer Systembetrieb), des betriebswirtschaftlichen Nutzens (OPEX/CAPEX-Optimierung, neue Geschäftsmodelle, Innovationen), des volkswirtschaftlichen Nutzens (Reduktion des Netzausbaus, Senkung von Netzentgelten) sowie der Nachhaltigkeit (Reduktion des CO₂-Ausstoßes).

Ferner werden die Auswirkungen der Neugestaltung von Datenaustauschprozessen auf den Prozess der Netzzustandsidentifikation untersucht. Dieser bildet die Grundlage für weitere Betriebs- und Planungsprozesse, sodass eine Verbesserung der Netzzustandsidentifikation in der Nieder- und Mittelspannungsebene weitreichende Einflüsse hat. Die wirtschaftlich geprägte Untersuchung wird um eine sozio-ökonomische Betrachtung ergänzt. Diese hat zum Ziel eine höhere Akzeptanz für die steigende Informationserhebung und den zugehörigen Austausch zu schaffen, nicht zuletzt, um die kommende Entwicklung in Harmonie mit der Endkundschaft fortführen zu können.

In diesem Jahr fand das letzte Projekttreffen aller Partner in Präsenz statt. Dieses wurde vom 14. bis 15. Mai 2024 an BTU in Cottbus ausgetragen. Dabei konnten sich die Projektpartner zusätzlich zu den monatlichen virtuellen Treffen vertieft über den aktuellen Projektstand austauschen und die finalen Schritte bezüglich der Projektfertigstellung besprechen. Das Projektende von „IDiNA“ wurde durch eine kostenneutrale Verlängerung vom 29.02.24 auf den 31.08.24 verschoben. Nach Projektende erfolgt die Fertigstellung des Abschlussberichtes.

UMZUG - Netzstabilität durch Momentanreserve in stromrichterdominierten Netzen (Umbruch zwischen stromrichter- und generatorbasiertem Energiesystem)⁴

Das UMZUG-Projekt begann am 01.02.2021 und befindet sich im vierten und letzten Jahr des Projekts und wurde für weitere sechs Monate kostenneutral verlängert. Das UMZUG-Projekt betrachtet die Momentanreserve als Methode zur Verbesserung der Netzstabilitätsprobleme bei der Umstellung von einem generatorischen Energiesystem auf ein umrichterbasiertes Energiesystem. Dazu ist eine technisch fundierte Stabilitätsanalyse auf Basis der deutschen und europäischen Netzsituation erforderlich, um zu zeigen, ob und wie ein Testnetz, das von umrichterbasierten Generatoren dominiert wird, stabil betrieben werden kann. Das vom BMWi geförderte Projekt UMZUG konzentriert sich im Wesentlichen auf die folgenden Bereiche: Bereitstellung von Momentanreserve mittels virtueller Synchronmaschinen (VSM), angepasste System- und Schutzkonzepte, DC-gekoppelte Speicher, Schwarzstart, Inselbetrieb, Netz- und Marktanalysen und die Erprobung der entwickelten Konzepte in einem Reallabor.

Im Rahmen des Projektes ist der LENA-Lehrstuhl auch für die ganzheitliche Systemanalyse der Bereitstellung von Momentanreserve verantwortlich. Dies umfasst sowohl die technischen Aspekte hinsichtlich der Systemstabilität und des Bedarfs an umrichterbasierten Erzeugungsanlagen mit VSM-Funktionalität als auch die wirtschaftlichen Aspekte hinsichtlich der Integration der VSM-Funktionalität in bestehende und zukünftige Netzmärkte. Abschließend werden Empfehlungen zur Netzstabilität unter Berücksichtigung der Momentanreserve festgehalten und dokumentiert.

Im Jahr 2024 lag der Schwerpunkt auf der Entwicklung eines Marktkonzepts und die ökonomische Validierung von möglichen Kosten verschiedener Marktalternativen. Hierfür wurden Marktoptionen definiert, welche aktuelle regulatorische Debatten berücksichtigen. Anschließend fand eine Optimierung eines potentiell zukünftigen Speicherparks anhand von Netzentwicklungsplänen statt und es wurde ein Mechanismus für benötigte Momentanreserven festgelegt. Mit diesen Ergebnissen fand ein Marktvergleich unter volkswirtschaftlichen Aspekten statt, woraus sich eine Handlungsempfehlung ableiten ließ.

Das Projekt endet für den LENA-Lehrstuhl in diesem Jahr und die Ergebnisse werden in einem Abschlussbericht zusammengetragen. Darüber hinaus werden derzeit die Ergebnisse mit

⁴M. Sc. Christoph Sauer

wichtigen Funktionären des Energiesystems besprochen, analysiert und diskutiert, sodass ein Beitrag zur zukünftigen Gestaltung des Energiesystems in Deutschland geschaffen worden ist.

SmartMES plus – Intelligentes Multi-Energie-System plus⁵

Das Projekt „SmartMES plus“ („Intelligentes Multi-Energie-System plus“) startete gemeinsam mit anderen Projektpartnern im Jahr 2024. Namentlich sind das der Lehrstuhl für Technische Thermodynamik und der Lehrstuhl für Innovations- und Finanzmanagement der OVGU. Außerdem sind als assoziierte Partner die Stadtwerke Burg GmbH und die Stadtwerke Burg Energienetze GmbH sowie die ARGE Energiekreis Ebendorf e.V. vertreten. Das Projekt wird vom Landesministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt über Mittel des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Zu den Projektzielen von SmartMES plus gehört die Diskrepanz zwischen Last und Erzeugung im elektrischen Netz durch Einbindung des Wärmenetzes auszugleichen. Dafür soll ein Multi-Energie-System untersucht werden, welches die Sektoren miteinander verbindet. Neben der Entwicklung von Methoden zur Netzzustandserfassung, soll die Kommunikationsinfrastruktur genauer betrachtet werden. Es soll erarbeitet werden, welches Equipment an welchen Punkten des Netzes benötigt wird. Außerdem wird erforscht, welche thermischen Speicher für den Einsatz in einem Multi-Energie-System geeignet sind und wie diese in Kombination mit den Kopplungstechnologien agieren. Weiterhin sollen datengetriebene Bewertungsmodelle für energiewirtschaftliche Flexibilitätsoptionen entwickelt und analysiert werden. Abschließend liegt ein Konzept zur Betriebsführung vor, welches den elektrischen und thermischen Sektor optimal miteinander koppelt.

PROGRESS – Erprobung kurativer Entlastungsmaßnahmen in Höchst- und Hochspannungsnetzen⁶

Im Projekt PROGRESS werden kurative Maßnahmen zur Entlastung in Höchst- und Hochspannungsnetzen (HöS/HS) erprobt. Kurative Maßnahmen entsprechen hierbei einer reaktiven Anpassung von Aktoren im Netz zur gezielten Beeinflussung von Spannungen und Strömen nach dem tatsächlichen Eintritt eines Fehlers. Das bestehende Netz kann somit höher und effizienter ausgelastet und der Anteil präventiver Engpassmanagementmaßnahmen reduziert werden. Ein Einsatz kurativ entlastend wirkender Maßnahmen mittels Systemautomatiken erfordert eine umfassende Analyse und Erweiterung der bestehenden Systemarchitektur auf Netzleitebene, Stationsleitebene und im Feld. Zudem ist die Verknüpfung der Netzbetriebsführung mit betriebsplanerischen Prozessen sowie die Koordination zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern zu beachten.

Der Forschungsbedarf ergibt sich aus den Anforderungen an einen sicheren, effizienten und netzbetreiberübergreifenden Einsatz kurativer Maßnahmen. In diesem Projekt werden daher relevante soft- und hardwaretechnischen Komponenten der elektrischen Energieübertragung und -verteilung in HöS- und HS-Ebene analysiert, entsprechende Funktionsmuster zur Umsetzung kurativer Maßnahmen entwickelt und vor dem Hintergrund der netzbetreiberübergreifenden Koordination in prototypische Anwendungen überführt. Unter Beteiligung eines Leitsystemherstellers, Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern sowie akademischen Partnern wird die Umsetzung kurativer Maßnahmen innerhalb von Feldtestvorhaben in realen Leitsystemumgebungen erprobt.

⁵M. Sc. Maja Maletz

⁶M. Sc. Eric Glende

Zusätzlich erfolgt eine analytische Begleitung dieser praxisnahen Erprobung. Neben der kommunikationstechnischen Realisierung von Signalketten, der Berücksichtigung von stationären und dynamischen Netzsicherheitsrechnungen, der Adressierung neuer Verfahren zur Netzzustandserfassung sowie Grenzwertbestimmung im online Betrieb wird die Koordination zwischen ÜNB/ÜNB und ÜNB/VNB fokussiert.

K+S Zielitz Projekt „Energieversorgung im Grubenbetrieb“⁷

Das Kaliwerk Zielitz in Sachsen-Anhalt ist der größte Einzelstandort der K+S AG und gewinnt kaliumhaltige Rohsalze zur Herstellung von Düngemitteln, Produkten für industrielle Anwendungen sowie Produkten für die Futter- und Lebensmittelindustrie. Bezogen auf die jährliche Fördermenge zählt das Werk zu den größten und modernsten Kaliwerken der Welt. Der Bergbau findet ausschließlich unter Tage in einem weitläufigen Grubengebäude statt.

Elektrische Netze im Bergbau unterliegen besonderen Bedingungen und müssen kontinuierlich an die sich ändernden Rahmenbedingungen einer aktiven und stetig wachsenden Grube angepasst werden. Das stellt die Elektroingenieure vor Herausforderungen, da die Netze immer größere Ausdehnungen erreichen, während nur über einen einzigen Schacht eingespeist werden kann. Um das untertägige Netz auch zukünftig stabil zu halten, arbeitet der LENA-Lehrstuhl der OVGU seit September 2023 mit K+S im Rahmen eines Forschungsprojekts zusammen. In der wissenschaftlichen Untersuchung sollen das derzeitige Bestandsnetz der Grube Zielitz analysiert und bewertet sowie mögliche Verbesserungen für die Zukunft dargelegt werden. Die Laufzeit des Initialprojekts beträgt 10 Monate.

DeTEkt – Teilentladungsdetektion an Energiekabeln zur Online-Überwachung ihres Isolierungszustandes⁸

Die Transformation des elektrischen Energieversorgungssystems hin zu dezentralen Strukturen und einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien stellt Netzbetreiber vor neue Herausforderungen. Da die meisten erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen auf der Verteilnetzebene angeschlossen werden, wird der Leistungsfluss zunehmend bidirektional, wodurch die Mittelspannungsnetze eine wichtige Rolle im Systembetrieb übernehmen. Die Übertragung von elektrischer Energie in deutschen Verteilnetzen wird überwiegend durch unterirdisch verlegte Kabel realisiert, die aufgrund der zustandsbasierten Instandhaltungsstrategie der Netzbetreiber nach und nach ihre maximale Design-Lebensdauer erreichen.

Zusätzlich wird durch die steigende Auslastung der Verteilnetze die Isolierung vieler der verlegten Kabel zunehmend schwächer, was das Risiko eines Totalausfalls und kostspieliger Versorgungsausfälle erhöht. Daher ist eine kontinuierliche Überwachung der Isolierung über Online-Monitoring-Systeme sinnvoll, um beschädigte Kabel rechtzeitig zu erkennen und gezielt austauschen zu können. Die gängigste Methode zur Überwachung ist die Teilentladungsmessung, die das frühzeitige Erkennen von Isolierungsfehlern ermöglicht.

Bereits im Rahmen des abgeschlossenen, EFRE-geförderten Forschungsprojekts „Low-Cost-Teilentladungsmessung“, entwickelte der Lehrstuhl für elektrische Netze und Erneuerbare Energien der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg einen Prototyp für einen kostengünstigen und sensitiven Teilentladungssensor auf Basis eines Hochfrequenz-Stromwandlers. Ein innovatives Design mit variabel einstellbarem Luftspalt im Sensor-Kern vermeidet magnetische Sättigung und erlaubt

⁷M. Sc. Martin Fritsch

⁸M. Sc. Christoph Andres

die Detektion auch während des laufenden Netzbetriebs. Damit ist der Prototyp eine vielversprechende Grundlage für die Umsetzung einer Methode zur permanenten Zustandsüberwachung von Betriebsmitteln in Verteilnetzen.

Das Folgeprojekt DeTEkt, baut auf diesen Ergebnissen auf und wird vom Lehrstuhl für elektrische Netze und erneuerbare Energien in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Messtechnik fortgeführt. Ziel ist es, den Sensor zur Marktreife weiterzuentwickeln und offene Fragen wie die Datenerfassung und -verarbeitung, die autarke Energieversorgung des Systems sowie eine erweiterte Zustandserfassung zu klären. Zeitgleich zu den erforderlichen Entwicklungsschritten soll ein Proof-of-Concept des bereits entwickelten Prototyps durchgeführt werden, um die Funktionalität auch unter realistischen Bedingungen nachzuweisen. Zusätzlich sollen weitere Applikationsszenarien des Sensors analysiert werden.

Langfristig zielt das Projekt darauf ab, Netzbetreibern eine kostengünstige und zuverlässige Methode für ein permanentes Condition-Monitoring zur Verfügung zu stellen und so zur Sicherheit und Effizienz des elektrischen Energieversorgungssystems in Zeiten der Energiewende beizutragen.

3.2.3 Promotionen

Dr.-Ing. Martin Fritsch

Gutachter:

- Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Prof. Dr.-Ing. Peter Werle, Leibniz Universität Hannover

verteidigt am 12. März 2024 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (siehe Abbildung 3.11)

Die elektrischen Verteilnetze, welche zu einem hohen Anteil aus Energiekabeln bestehen, werden in Zukunft einer zunehmenden Auslastung ausgesetzt sein und eine wichtigere Rolle im Energieversorgungssystem spielen. Die höhere Auslastung ist ein Problem, da die meisten Energiekabel bereits Jahrzehnte alt sind und die elektrische Festigkeit ihrer Isolierung sich mit der Zeit verschlechtert. Da der Zustand der Kabelisolierung den Verteilnetzbetreibern (VNB) im Allgemeinen nicht bekannt ist, wird das Risiko für Kabelausfälle entsprechend steigen. Um kostspielige Versorgungsunterbrechungen zu vermeiden, benötigen die VNB daher eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie für ihre Energiekabel. Die gebräuchlichste Methode zur Zustandsüberwachung ist die Teilentladungsmessung (TE), die kleine elektrische Entladungen an Isolierungsdefekten frühzeitig erkennt. Heutige TE-Sensoren sind jedoch üblicherweise nicht für eine kontinuierliche Online-Überwachung konzipiert und oft schlicht zu teuer, weshalb ihre Anwendung für VNB erheblich eingeschränkt ist.

Ziel dieser Dissertation ist daher die Entwicklung eines günstigen und zuverlässigen TE-Sensors zur Online-Überwachung von Energiekabeln. Der Fokus der Forschung liegt auf der Verbesserung von Hochfrequenz-Stromwandlern (HFCT), um deren Probleme bezüglich magnetischer Sättigung zu überwinden und ihre Empfindlichkeit zu optimieren. Zu Beginn der Arbeit wird hierzu das Übertragungsverhalten von TE-Signalen auf Energiekabeln und ihre messbare Bandbreite untersucht. Hierzu wird ein analytisches Energiekabelmodell hergeleitet, um die verbleibende Bandbreite der TE-Impulse an den Kabelenden, an denen die TE-Sensoren installiert werden, zu bestimmen. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse wird ein optimiertes HFCT-Sensordesign ermittelt. Zu diesem Zweck wird ein analytisches HFCT-Modell entwickelt.

3 Forschung

Die eigentliche Herausforderung bei der Nutzung von HFCTs zur Online-TE-Messung ist jedoch deren Anfälligkeit für magnetische Sättigung, verursacht durch die hohen 50-Hz-Betriebsströme der Energiekabel. Zur Lösung dieses Problems wird ein verbessertes HFCT-Design mit geteiltem Kern vorgeschlagen, wobei der Sensor in der Lage ist, die Luftspaltlänge selbstständig entsprechend des derzeitigen Sättigungsniveaus zu variieren. Ein Mikrocontroller steuert hierzu einen Servomotor an, um die Luftspaltlänge in Echtzeit zu regeln und maximale Empfindlichkeit ohne Sättigung zu gewährleisten. Diese Lösung ermöglicht die Online-Überwachung von Energiekabeln mit HFCT-Technologie.

Zu den wichtigsten Beiträgen dieser Arbeit gehören das verbesserte Split-Core-HFCT-Design mit selbstregelnder Luftspaltlänge, ein analytisches Übertragungsleitungsmodell für die HF-Signalübertragung, ein analytisches HFCT-Modell zur Designoptimierung und eine Methode zur Echtzeitauswertung der TE-Messung. Zukünftige Arbeiten sollten sich der weiteren Optimierung des Sensordesigns und der Integration fortgeschrittener Methoden zur TE-Detektion und Signalauswertung widmen.



Abbildung 3.10: Traditioneller Gang zum Otto-von-Guericke-Denkmal

Am Dienstag, den 12.03.2024 hat Herr M. Sc. Martin Fritsch seine Dissertation mit dem Titel „Measurement of Partial Discharges on Power Cables: A Step Towards Successful Online Monitoring“ erfolgreich verteidigt. Nach dem bestandenen Promotionskolloquium und Bekanntgabe der Note fand der traditionelle Gang zum Otto-von-Guericke Denkmal am Alten Markt statt (siehe Abbildung 3.10). In der Abbildung 3.11 sind die Kollegen des LENA-Lehrstuhls zu sehen, die nach der feierlichen Urkundenverleihung zusammenkamen.

Dr.-Ing. Sebastian Helm

Gutachter:



Abbildung 3.11: Gruppenfoto von Kolleg*innen und Freunden vor dem Otto von Guericke Denkmal

- Prof. Dr.-Ing. Ines Hauer, Technische Universität Clausthal
- Prof. Dr.-Ing. Krzysztof Rudion, Universität Stuttgart
- Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

verteidigt am 14. Juni 2024 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (siehe Abbildung 3.12)

Im Rahmen einer CO₂-neutralen Energiegewinnung und der Reduzierung des Anteils fossiler Energieträger in den Sektoren Strom, Wärme und Transport erfolgt die Integration von regenerativen Energien. Infolge der langfristig zunehmenden Energiepreise steigt der Wunsch von Privatpersonen nach energetischer Unabhängigkeit sowie der Eigenversorgung mit Energie. Die Folge ist ein starker Zubau an einphasig und dreiphasig angeschlossenen PV-Anlagen und Batteriespeichern sowie dreiphasig angeschlossenen Wärmepumpen, was zu neuen Herausforderungen durch die wesentlich höheren Bezugsleistungen der Anlagen führt.

Die Umstellung des Verkehrssektors und die Forcierung der Elektromobilität mit einer Summe von 1 000 000 Fahrzeugen im Laufe des Jahres 2021 führt zu einem weiteren Anstieg von einphasigen und dreiphasigen Lasten. Niederspannungsnetze weisen im Gegensatz zu anderen Netzebenen die Besonderheit auf, dass Lasten großteils einphasig angeschlossen sind, da sie oft geringe Leistungen aufweisen. Die wesentlich höheren Bezugsleistungen von PV-Anlagen, Batteriespeichern, Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen wirken sich unmittelbar auf die Netzstabilität aus und spiegeln sich durch niedrige und unsymmetrische Netzspannungen auf den Phasen wieder.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Symmetrierung sowie der Spannungshaltung der drei Phasen im Niederspannungsnetz unter Verwendung von intelligenten „Grid-to-Vehicle“ (G2V) sowie „Vehicle-to-Grid“ (V2G) Anwendungen von Elektrofahrzeugen. Eingangs erfolgt die Definition von Unsymmetrie und Grenzwerten sowie die Berechnung von unsymmetrischen Lastflüssen. Es wird analysiert, wie Lasten sowohl mit einphasigem als auch mit dreiphasigem Netzanschluss Unsymmetrien erzeugen. Im Anschluss wird auf die Entwicklung eines G2V-Ansatzes zur Symmetrierung und eines V2G-Ansatzes zur Symmetrierung und Spannungshaltung eingegangen. Auf Basis von vorhandenen Messwerten, gegeben durch die Ladeinfrastruktur, erfolgt mit Anwendung eines Optimierungsansatzes die Bestimmung einer optimalen Lade- bzw. Entladeleistung zur Stabilisierung des Netzzustandes. Dabei wird konzeptionell von keinerlei

kommunikationstechnischer Anbindung oder hinterlegten Netztopologien im Elektrofahrzeug ausgegangen. Im Rahmen von Simulationen für die definierten Szenarien 2020, 2025 sowie 2030 wird die Funktion der entwickelten Lösung aufgezeigt und die Ansätze ohne Anpassung der Ladeleistung mit G2V und V2G verglichen.



Abbildung 3.12: Gratulation von der Erstprüferin Ines Hauer in den Räumlichkeiten des LENA-Lehrstuhls

Am Freitag, den 14.06.2024, hat M.Sc. Sebastian Helm seine Dissertation mit dem Titel „Optimiertes Lademanagement von E-Kfz zur Spannungsstabilisierung im Niederspannungsnetz“ verteidigt. Nach dem bestandenen Kolloquium und Bekanntgabe der Bewertung wurde zuerst die traditionelle Zeremonie des Abschneidens der Krawatte und im Anschluss der Gang zum Otto-von-Guericke Denkmal am Alten Markt in Magdeburg auf einem elektrisch fahrenden Fass durchgeführt.

Dr.-Ing. Mauro dos Santos Ortiz

Gutachter:

- Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Prof. Dr. Eng. Daniel Pinheiro Bernadon, Universidade Federal de Santa Maria, Brasilien

verteidigt am 07. November 2024 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (siehe Abbildung 3.14)

Die zunehmenden Diskussionen über die Erschöpfung der natürlichen Ressourcen und die Umweltrisiken, die sich aus der extensiven Nutzung fossiler Brennstoffe in den Produktionssektoren ergeben, mobilisieren öffentliche und private Akteure, um Strategien für eine nachhaltige wirtschaftliche und soziale Entwicklung zu überdenken. Gleichzeitig werden diverse Forschungsprojekte durchgeführt, die sich auf die Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen und die Entwicklung von Technologien und Strategien für eine effiziente und intelligente Energienutzung konzentrieren.

Im Transportsektor, der für hohe Emissionen von Treibhausgasen verantwortlich ist, sind Elektrofahrzeuge (EVs) eine vielversprechende Alternative. Der globale Markt für EVs boomt aktuell, und die Aussichten stehen gut, dass die Anschaffungskosten, insbesondere die Batteriekosten, sinken werden. Zudem wird erwartet, dass die Reichweite der Fahrzeuge steigt und die Ladeinfrastruktur verbessert wird. Darüber hinaus stellen die Formulierung öffentlicher Richtlinien und Subventionen für den Kauf von EVs wichtige Anreize für deren Einführung dar, insbesondere für private Verbraucher. Ob diese ein EV kaufen oder nicht hängt von der Wertvorstellung und Subjektivität jedes einzelnen Menschen ab.

In der Literatur finden sich Studien, die die Verbreitung von EVs nicht gesamtheitlich betrachten und sich auf einige wenige Variablen beschränken. Aus diesem Grund ist es das Ziel dieser Doktorarbeit, ein globales Modell zur Vorhersage der Verbreitung von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen (BEVs) bei privaten Verbrauchern zu entwickeln, indem die Variablen analysiert werden, die deren Entscheidungsfindung beeinflussen. Zu diesem Zweck wird der Ansatz der Systemdynamik (SD) zusammen mit dem Bass Modell verwendet, wobei quantitative und qualitative Aspekte der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden, um die Verbreitung von BEVs im Laufe der Zeit zu bestimmen. Des Weiteren umfasst das Modell die Analytical Hierarchy Process (AHP) und Fuzzy Logik, um die Unsicherheiten und regionsspezifischen Merkmale zu berücksichtigen, die die Einführung von BEV beeinflussen. Fallstudien in Brasilien und Deutschland zeigen die Flexibilität und Genauigkeit des Modells bei der Vorhersage von Einführungstrends und heben die unterschiedlichen Auswirkungen unter anderem von Gesetzgebung, Infrastruktur und Marktbedingungen hervor.

Zusätzlich zu den akademischen und wissenschaftlichen Beiträgen kann das entwickelte Modell Regierungen bei der Formulierung öffentlicher Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität unterstützen. Für Unternehmen im Energiesektor liefert es wichtige Informationen für Studien zum Ausbau des elektrischen Energiesystems. Zudem hilft es Automobilunternehmen bei der Ausrichtung ihrer Verkaufsstrategien und der Erweiterung von Geschäftsmodellen.



Abbildung 3.13: Finaler Schnitt nach der erfolgreichen Promotionsverteidigung

Am Donnerstag, den 07.11.2024 hat Herr M. Sc. Mauro dos Santos Ortiz seine Dissertation mit dem Titel „Forecasting Model for the Integration of Battery Electric Vehicles into the Power Grid using System Dynamics“ erfolgreich verteidigt. Nach dem bestandenen Promotionskolloquium und Bekanntgabe der Note fand der traditionelle Vorgang des Abschneidens der Krawatte in den Räumlichkeiten des Lehrstuhls statt (siehe Abbildung 3.13). Zum feierlichen Abschluss wurde der Gang zum Otto-von-Guericke Denkmal am Alten Markt vollzogen. Dies war der Auftakt der sogenannten Cotutelle-Verfahrens für den LENA Lehrstuhl. Dies bedeutet, dass der Promovend jeweils an der Universidade Federal de Santa Maria und an der Otto-von-Guericke-Universität

Magdeburg zu der gleichen Arbeit betreut wird und mit dieser an beiden Standorten in einem integrierten Promotionsverfahren promoviert.



Abbildung 3.14: Prüfungskommission, Kolleg*innen, Familie und Freunde nach erfolgreicher Verteidigung

Zu Besuch waren ebenso der brasilianische Gutachter Prof. Dr. Eng. Daniel Pinheiro Bernadon sowie Mitglieder der Prüfungskommission Prof. Adriano Peres De Moraes und online zugeschaltet Prof. Mauricio Sperandio. Als deutsche Unterstützung hat Herr Prof. Dr.-Ing. Thilo Pionteck die Kommission vervollständigt, welche von dem Vorsitzenden Herr Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle geleitet wurde (siehe Abbildung 3.14).

3.2.4 Veröffentlichungen

Zeitschriften- und Konferenzbeiträge

- [1] M. Maletz und M. Wolter, „Analysis of the Expansion Plan for Renewable Electrical Energy“, in *UPEC 2024; Universities Power Engineering Conference*, 2024.
- [2] G. M. Cocco, J. P. S. Cipriani, C. Sauer, H. Pinheiro und M. Wolter, „FFR Coordination with Energy Storage Systems for Grid-Supporting Control of Inverter-Based Resources“, in *NEIS 2024; Conference on Sustainable Energy Supply and Energy Storage Systems*, 2024, S. 1–5.
- [3] G. M. Cocco, J. P. S. Cipriani, C. Sauer, M. Wolter, F. á. E. Bisogno und H. Pinheiro, „Employing a Reduced Component Count Inverter Fed by Multiple Sources for Grid Support“, in *2024 IEEE Power and Energy Student Summit (PESS)*, 2024, S. 1–7.
- [4] C. G. Marques, J. P. S. Cipriani, M. W. Dickow, L. Roggia, J. R. Tibola und Á. R. Seidel, „Efficiency Enhancement of a Dual Active Bridge Converter with a Variable Inductor for Battery Charging Applications“, in *16th Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC)*, 2024, S. 1–6.
- [5] L. N. F. da Silva u. a., „Innovative Strategy for the Socioeconomic Variables Impact Evaluation on Non-Technical Losses“, in *Proceedings of IEEE PES ISGT Europe 2024*, Dubrovnik, Croatia, Okt. 2024.

- [6] C. Sauer, C. Rinne und M. Wolter, „Development of an Instantaneous Reserve Market and Storage Park Based on Inertia Safety Levels“, in *Proceedings of IEEE PES ISGT Europe 2024*, Dubrovnik, Croatia, Okt. 2024, S. 1–5.
- [7] C. Sauer, J. P. S. Cipriani, G. M. Cocco, H. Pinheiro und M. Wolter, „Instantaneous Reserve Implementations: Method for Testing Worst-Case Resilience Scenarios“, in *NEIS 2024; Conference on Sustainable Energy Supply and Energy Storage Systems*, 2024, S. 1–6.
- [8] C. Sauer, J. P. S. Cipriani, G. M. Cocco, H. Pinheiro und M. Wolter, „Batteries for fast frequency containment response: market impacts on outage dynamics“, *at - Automatisierungstechnik*, Jg. 72, Nr. 11, S. 1007–1016, 2024. DOI: doi:10.1515/auto-2024-0099. Adresse: <https://doi.org/10.1515/auto-2024-0099>.
- [9] N. B. Sousa u. a., „Analysis of the degree of correlation of spatial distribution of electricity theft and exogenous variables: case study of Florianopolis, Brazil“, *at - Automatisierungstechnik*, Jg. 72, Nr. 11, S. 1052–1065, 2024. DOI: doi:10.1515/auto-2024-0095. Adresse: <https://doi.org/10.1515/auto-2024-0095>.
- [10] N. Souza u. a., „Analysis of the Spatial Distribution of Electricity Theft: Case Study for Delimiting the Inspection Area“, in *2024 IEEE Power and Energy Student Summit (PESS)*, 2024, S. 1–6.
- [11] A. B. Richter u. a., „Analysis of Feature Selection in Self Organizing Map Model Performance for Energy Theft Areas Identification“, in *Proceedings of the 16th Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC 2024)*, Santa Maria, Brazil, Okt. 2024.
- [12] M. Gebhardt, E. Glende und M. Wolter, „Detection of Transformer Circular Flow Effects“, in *2024 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT-Asia)*, 2024, S. 1–6. DOI: 10.1109/TD47997.2024.10556370.
- [13] E. Glende, A. Kashtanov, M. Wolter und M. Aldebs, „Laboratory Setup to Test Hybrid State Estimation and WAMPAC Functionalities“, in *2024 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*, 2024, S. 1–5. DOI: 10.1109/TD47997.2024.10556370.
- [14] A. Sharma, R. R. Lautert, L. N. Canha, E. Glende und M. Wolter, „Analysis of Renewable-Based Microgrid Energy Management and the Impact of Storage System“, in *16th Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC)*, 2024, S. 1–6.
- [15] R. R. Lautert, M. Wolter, L. N. Canha, D. P. Bernardon und M. d. S. Ortiz, „Smart Contracts and Transactive Energy in Microgrid Energy Management – A Review“, in *IEEE Power and Energy Student Summit (PESS) 2024*, 2024, S. 1–5.
- [16] R. R. Lautert, C. A. C. Cambambi, M. d. S. Ortiz, M. Wolter und L. N. Canha, „Optimal Power Dispatch in Microgrids Using Mixed-Integer Linear Programming“, *Automatisierungstechnik*, Jg. 72, S. 1030–1040, 2024. DOI: 10.1515/auto-2024-0094.
- [17] C. A. C. Cambambi, R. R. Lautert, I. P. Milani, C. A. S. Rangel, L. N. Canha und M. Wolter, „Real-Time Power Dispatch in Grid-Connected Microgrids using Deep Q-Learning“, in *59th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, 2024, S. 1–6.
- [18] R. R. Lautert, C. A. C. Cambambi, C. A. S. Rangel, L. N. Canha, M. Wolter und M. d. S. Ortiz, „Modeling and Optimization of Transactive Energy Management for Microgrids“, in *Dresdener Kreis 2024*, 2024, S. 1–6.
- [19] M. Fritsch, C. Andres und M. Wolter, *at - Automatisierungstechnik*, Jg. 72, Nr. 11, S. 1041–1051, 2024. DOI: doi:10.1515/auto-2024-0101. Adresse: <https://doi.org/10.1515/auto-2024-0101>.
- [20] M. Fritsch und M. Wolter, „High-Frequency Current Transformer With Variable Air Gap for Power Cable Monitoring“, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Jg. 73, S. 1–10, 2024. DOI: 10.1109/TIM.2023.3345915.

- [21] C. Andres, M. Fritsch und M. Wolter, „Induktives Energieerntesystem mit Sättigungsgesteuerter Leistungsmaximierung“, in *24. Dresdner Kreis Elektroenergieversorgung in Duisburg*, März 2024, S. 1–7.
- [22] C. Andres, M. Fritsch und M. Wolter, „Inductive Energy Harvester with Saturation-Controlled Maximum Power Point Tracking“, in *2024 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)*, IEEE, Juli 2024, S. 1–5. DOI: [10.1109/pesgm51994.2024.10688801](https://doi.org/10.1109/pesgm51994.2024.10688801).

Dissertationen und Bücher

- [1] M. Fritsch und M. Wolter, „Measurement of partial discharges on power cables : a step towards successful online monitoring“, Redaktionsschluss: April 2024, Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Magdeburg, 2024. DOI: <https://doi.org/10.25673/116274>. Adresse: <https://opendata.uni-halle.de/handle/1981185920/118230>.
- [2] S. Helm und M. Wolter, „Optimiertes Lademanagement von E-Kfz zur Spannungsstabilisierung im Niederspannungsnetz“, Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Magdeburg, 2024.
- [3] M. d. S. Ortiz und M. Wolter, „Forecasting Model for the Integration of Battery Electric Vehicles into the Power Grid using System Dynamics“, Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Magdeburg, 2024.

3.3 Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit

3.3.1 Forschungsprofil

Vier wesentliche Schwerpunkte werden durch das Forschungsprofil des Lehrstuhls für Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) abgedeckt:

- Analyse und Modellierung komplexer Systeme,
- EMV-Messverfahren,
- EMV in der Medizintechnik, sowie
- Netzzrückwirkungen und Power Quality.

Die EMV-Analyse und Modellierung komplexer Systeme beinhaltet insbesondere die Analyse der Ein- und Auskopplung elektromagnetischer Felder in/aus Systeme und Verkabelung, die Modellierung der Verkopplung im System und die Ein- und Auskopplung in/aus Komponenten. Einerseits steht die stochastische Einkopplung in Leitungen im Fokus. Stochastische elektromagnetische Felder treten in Modenverwirbelungskammern oder elektrisch großen und geometrisch komplexen Hohlraumresonatoren wie Flugzeugrümpfen auf. Die Analyse der Einkopplung dieser Felder in Leitungen und alternativ die Einkopplung von elektromagnetischen Feldern in stochastische Leitungsstrukturen ist essentiell für die EMV-Analyse komplexer Systeme. Am Lehrstuhl werden die entsprechenden Theorien entwickelt und verifiziert.

Ziel weiterer Arbeiten ist es, EMV-gerechte Systeme kosteneffizient zu entwerfen, d. h. Methoden und Modelle für eine Bearbeitung der EMV in der Konstruktions- und Designphase zur Verfügung zu stellen. Dabei sind die EMV automatisierter Elektroantriebe und die EMV im Kfz relevante Forschungsaktivitäten. Auch interdisziplinäre Aktivitäten, wie z. B. die Fehlerortung in Energieversorgungskabeln können diesem Forschungsschwerpunkt zugeordnet werden.

Der Themenkomplex der EMV-Messverfahren beinhaltet insbesondere die Weiterentwicklung von EMV-Mess- und Prüfverfahren. Insbesondere die Modenverwirbelungskammer (MVK) als alternative Messumgebung wird intensiv erforscht, ebenso der Vergleich von Emissionsmessungen und Störfestigkeitstests zwischen etablierten und alternativen Messumgebungen.

Medizintechnische Geräte erfordern eine besondere Beachtung der EMV, um den zuverlässigen Betrieb in jeder Situation sicherzustellen, woraus sich ein weiterer Forschungsschwerpunkt ableitet. Dabei beschäftigen sich die Arbeiten nicht nur mit der EMV von medizintechnischen Produkten, auch die Beeinträchtigung von bildgebenden Verfahren in der Diagnostik durch die Rückwirkung von medizinischen Werkzeugen, Implantaten oder Geräten ist Inhalt der Forschungsaktivität. Außerdem ist der Lehrstuhl aktiv in den Medizintechnik-Forschungscampus STIMULATE eingebunden.

Der vierte Schwerpunkt Netzzrückwirkungen und Power Quality leitet sich aus dem verstärkten Einsatz von leistungselektronischen Betriebsmitteln in elektrischen Versorgungsnetzen ab, da diese Rückwirkungen im elektrischen Energieversorgungsnetz bedingen. Die Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe liegen bei der Analyse und Modellierung des Verhaltens von Oberschwingungen (bis 2 kHz) und Supraharmonischen (2 kHz bis 150 kHz) sowie der Entwicklung geeigneter Maßnahmen zur Sicherstellung der Spannungsqualität im Niederspannungsnetz, z. B. durch den Einsatz geeigneter Filtertechnologien.

3.3.2 Forschungsprojekte

Analysis of the Field Homogeneity and Isotropy in a Tent-Like Reverberation Chamber⁹

Since the availability of fast laser-powered broadband and isotropic field probes, it has become possible to significantly accelerate validation measurements and immunity tests in mode-stirred chambers, especially if an equipment under test (EUT) does not require a dwell time. Fast-rotating mode stirrers make it possible to generate many statistical samples in a short time and thus achieve a low statistical uncertainty. This also makes it possible to abstain from a separate test EUT validation in accordance with IEC 61000-4-21 to determine the loading of the chamber by the EUT and instead enable direct control of the field strength according to ISO 11451-5.

A mobile tent-like mode-stirred chamber from Shieldex serves as the test chamber for the investigations. This chamber consists of a cuboid frame made of twelve suitably pre-cut aluminum profiles, which are screwed together with appropriate angle connectors. The profile lengths are 221 cm, 195 cm and 258 cm. The shielding tent with pre-assembled fabric flaps is then hung tightly in this frame with short elastic bands. The tent consists of double-layer metallized shielding fabric, which is designed to ensure a shielding attenuation of around 75 dB in the frequency range from 30 MHz to 18 GHz. The floor is reinforced with an additional layer of fabric to prevent damage while walking inside the chamber. The shielding door is also double-layered and overlapping, whereby the zippers for opening and closing the door are supplemented by Velcro fasteners. A photo of the exterior view of the tent-like chamber is shown in Figure 3.15a. To simplify the cabling, the tent chamber was set up in an existing larger reverberation chamber at the Otto von Guericke University of Magdeburg made of galvanized steel plates with dimensions of approximately 7.9 m × 6.5 m × 3.5 m.

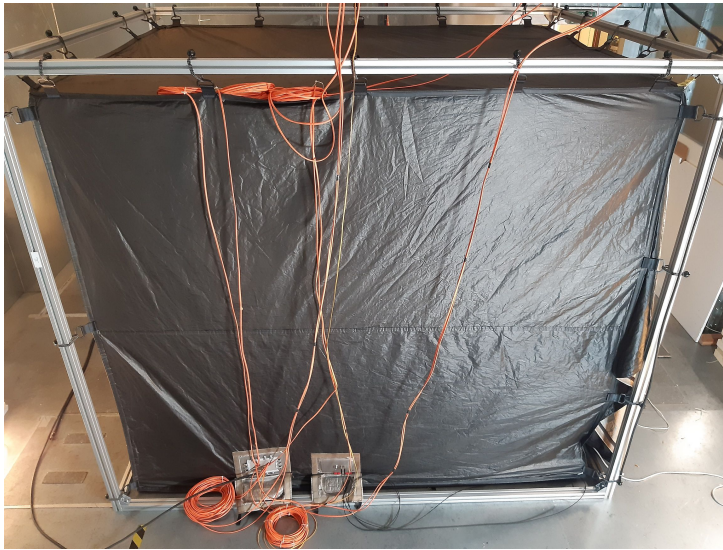
To enable tests with a dwell time, the tent-like chamber is equipped with a classic rotating mode stirrer in Z-fold shape, which is also made of shielding textile and stretched on a plastic frame. The stirrer is approximately 50 cm wide, 50 cm deep and 180 cm high. A CT0800 turntable from innco, remote-controlled by fiber optic cable, is used for rotation. The turntable is connected to the power supply via a mains filter. The fiber optic cables are routed to the outside via shielded connectors and connected to the measuring computer via a USB adapter.

An array of eight EMC-300 electric field probes from Narda was used to investigate the field homogeneity and isotropy and to estimate the lowest usable frequency of the tent-like mode-stirred chamber. These probes are battery-powered and are also read out via fiber optic cables. A logarithmic-periodic dipole antenna VULP 9118 C of Schwarzbeck as well as a signal generator of Rohde&Schwarz and a power amplifier or AR were used to excite the chamber. A photograph of the interior view of the chamber is shown in Fig. 3.15b.

The investigations of field homogeneity and isotropy were carried out in the frequency range from 200 MHz (far below the expected lowest usable frequency) to 2 GHz (upper frequency limit of the TX antenna). Linear frequency steps of 2 MHz were used up to 1 GHz. Above that frequency, larger frequency steps of 5 MHz or 2.5 MHz were used. At 1 GHz the power amplifier was switched. A few watts were used as forward power to obtain reliable values at the field probes.

The spatial standard deviation σ_x , σ_y and σ_z of the normalized Cartesian field strength components as well as the combined spatial standard deviation σ_{24} were calculated according to the procedure defined by the IEC 61000-4-21. Exemplary results for the empty chamber are displayed in Fig. 3.16. The x direction is the vertical component almost parallel to the polarization of the transmitting antenna. The y and z components are horizontal ones mainly excited due to field

⁹von Dr.-Ing. Mathias Magdowski



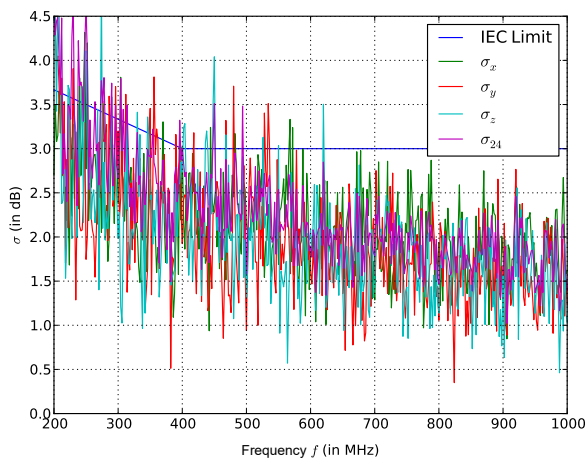
(a) Exterior view of the tent-like reverberation chamber



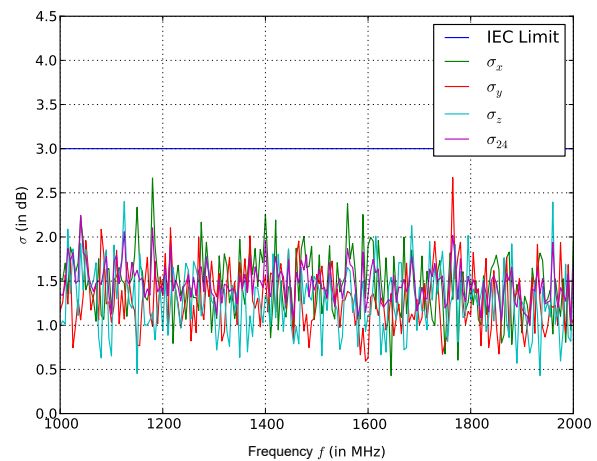
(b) Interior view of the tent-like reverberation chamber with the 8 field probes (orange) and the rotating z-fold mode-stirrer in the background

Figure 3.15: Setup for the analysis of the field homogeneity and isotropy in a tent-like reverberation chamber

reflections at the walls and the stirrer. It can be observed that the chamber fulfills the IEC limit of 3 dB for most frequencies above 500 MHz.



(a) from 200 MHz to 1 GHz



(b) from 1 GHz to 2 GHz

Figure 3.16: Spatial standard deviations of the normalized Cartesian field strength components as a function of frequency for the empty tent-like reverberation chamber

Similar results have been analyzed for more configurations:

1. chamber loaded with 3 blocks of absorbing material
2. different polarization of the transmitting antenna
3. „manual“ stirring by shaking and moving the walls of the tent-like reverberation chamber

NEPIT – A Time-Domain Approach to the Analysis of Pulsed Excitations inside a Reverberation Chamber¹⁰

One potential methodology for characterising the electric field in the frequency domain within a reverberation chamber (RC) is through the superposition of plane waves. However, for signals such as pulsed excitations, the emergence of peaks in the signal transients has been observed. The presence of these peaks gives rise to significant challenges during immunity testing, as there is a risk of obtaining electric field values during the transients that exceed the steady-state field value.

These phenomena result from the chaotic, but deterministic, nature of reverberation chambers and the constructive interference of reflected signals during transients. A time-domain plane-wave representation model is employed to describe the behaviour of the electric field as a series of plane waves with randomised angles and phases (see Fig. 3.17). The theoretical model is capable of predicting the occurrence of peaks in the electric field and power levels during the off-to-on and on-to-off states of the signal. The objective is to validate the model in different reverberation chambers with the use of different antennas and to conduct a series of immunity tests to verify its effectiveness.

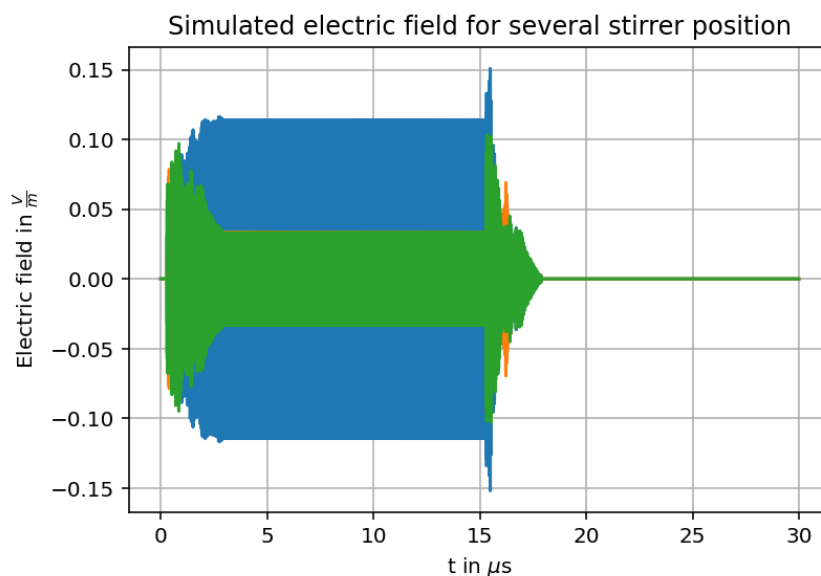


Abbildung 3.17: Electric field behaviour inside a reverberation chamber

Untersuchung normativer Verfahren für Emissionsmessungen oberhalb von 6 GHz¹¹

Die Verfahren für Emissionsmessungen oberhalb von 6 GHz sind in CISPR 16-2-3 für einen Frequenzbereich bis 18 GHz und in ANSI C63.4 bis 40 GHz beschrieben. Die Bestimmung der maximalen abgestrahlten Feldstärke in Voll- und Halbsabsorberkammern unter Verwendung von Antennen ist die etablierte Methode der standardisierten Messverfahren. Dabei wird die maximale elektrische Feldstärke durch eine räumliche Abtastung des Prüflings ermittelt. Mit steigender Frequenz bzw. kürzeren Wellenlängen nimmt jedoch die elektrische Größe des zu prüfenden Geräts zu, was zu einer erhöhten Komplexität der Strahlungscharakteristik führt. Infolgedessen sinkt die Wahrscheinlichkeit, die höchste Emission zu erfassen, was den Messaufwand deutlich erhöht.

¹⁰von M. Sc. Francesco Pio Cecca

¹¹von Dipl.-Ing. Max Rosenthal, Dr.-Ing. Jörg Petzold

Um die Richtwirkung und das Strahlungsdiagramm von elektrisch großen Prüflingen zu untersuchen wurde ein physikalisches Modell eines zufälligen unbeabsichtigten Strahlers auf der Grundlage stochastisch verteilter Dipole auf einer Kugeloberfläche verwendet, um die normativen Verfahren anhand von Monte-Carlo-Simulationen zu bewerten. Ziel dieser Arbeit war es, die messtechnische Untersuchung der normativen Verfahren vorzustellen, um die Ergebnisse des stochastischen Modells zu validieren und praktische Empfehlungen für anwendbare Messverfahren im Frequenzbereich von 6 GHz bis 40 GHz abzuleiten. Zur Untersuchung der Messverfahren wurde ein künstliches Prüfobjekt verwendet, das die Eigenschaften eines ungewollten Strahlers repräsentiert.

Die Ergebnisse in Abbildung 3.18 der Emissionsmessung zeigen, dass das erfasste Maximum stark von der verwendeten Winkelaufösung abhängt. Um die Reproduzierbarkeit der Verfahren zu gewährleisten und die Messunsicherheit zu reduzieren, sollten die bestehenden Verfahren eine klare Definition einer frequenzabhängigen Winkelaufösung vorsehen oder eine winkelabhängige Messunsicherheit einführen. Aufgrund der guten Übereinstimmung des Modells mit den Messergebnissen kann das statistische Modell zur Ableitung dieser Parameter verwendet werden. Da die höheren Winkelaufösungen jedoch zu längeren Messzeiten führen, ist die alternative Methode in der Modenverwirbelungskammer nach IEC-61000-4-21 vorteilhafter.

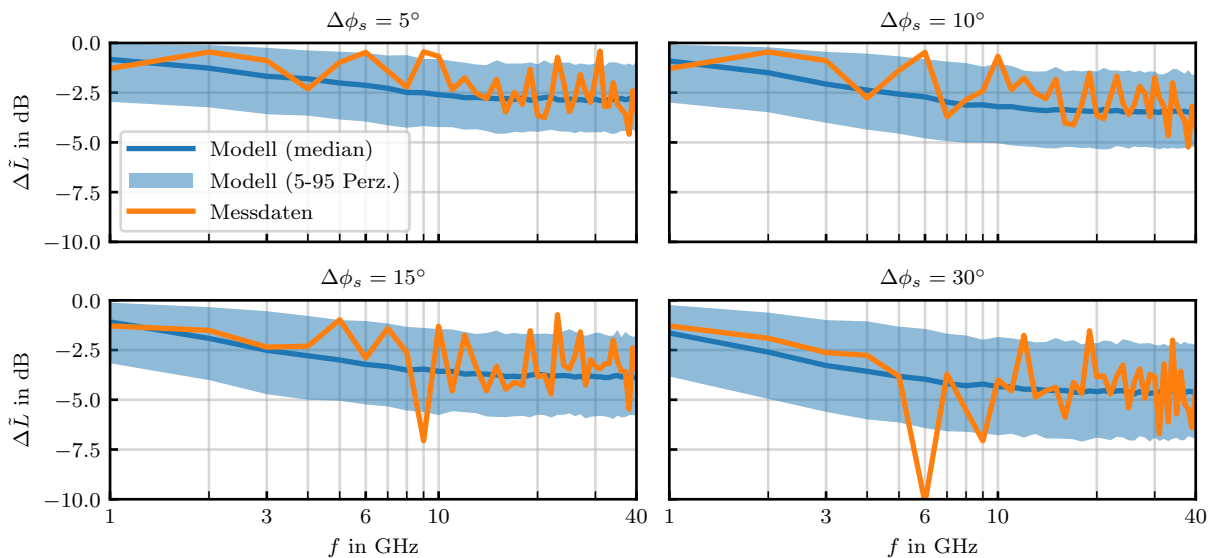


Abbildung 3.18: Vergleich der Pegelabweichung zwischen gefundener und tatsächlicher maximaler Feldstärkeemission bei verschiedenen Winkelaufösung mit den Perzentilen aus dem statistischen Modell

Bestimmung des komplexen Radarquerschnitts in der Modenverwirbelungskammer¹²

Die Modenverwirbelungskammer (MVK) bietet eine alternative Umgebung für die Untersuchung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) von elektronischen Geräten. Durch die Manipulation der Randbedingungen innerhalb eines Hohlraumresonators, typischerweise durch einen mechanischen Rührer, wird statistisch eine homogene, isotrope Feldverteilung erzeugt. Dies ermöglicht eine effiziente Bewertung der Emission und Störfestigkeit von Geräten, ohne die Position bzw. Orientierung des Prüflings zu verändern. Im Gegensatz zu etablierten Absorberhallen, die eine deterministische räumliche Abtastung des Prüflings erfordern, führen diese Art der Messungen in der MVK zu deutlich verkürzten Messzeiten.

¹²von Steffen Bach, Dipl.-Ing. Max Rosenthal

In jüngster Zeit wurde vermehrt Literatur zur Verwendung der MVK für die Charakterisierung von richtungsabhängigen Größen, wie die Bestimmung der Richtcharakteristik von Antennen oder des Radarquerschnitts (RCS), veröffentlicht. Das Ziel dieser Methoden ist es die statistischen Komponenten der MVK herauszufiltern, um die richtungsabhängigen Größen zu bestimmen. Frühere Arbeiten am Lehrstuhl für EMV haben gezeigt, dass die Bestimmung des komplexen RCS zur Bewertung kritischer Einkoppelpfade hilfreich ist. Da der Bau einer MVK im Vergleich zu einer Absorberhalle aufgrund der fehlenden Absorber kostengünstiger ist, sind alternative Testumgebung für die Bestimmung von richtungsabhängigen Größen von Interesse.

Das Ziel dieses Forschungsprojekts war es, bestehende Ansätze aus der Literatur zu verfolgen und um die Bestimmung der Phaseninformation zu erweitern. Der theoretische Ansatz wurde messtechnisch überprüft und mit Simulations- und Messdaten aus der Absorberhalle validiert. Im Vergleich mit der Absorberhalle ergibt sich für die ausgewählte Methode in der MVK eine längere Messzeit bei vergleichbarer Genauigkeit, siehe Abbildung 3.19.

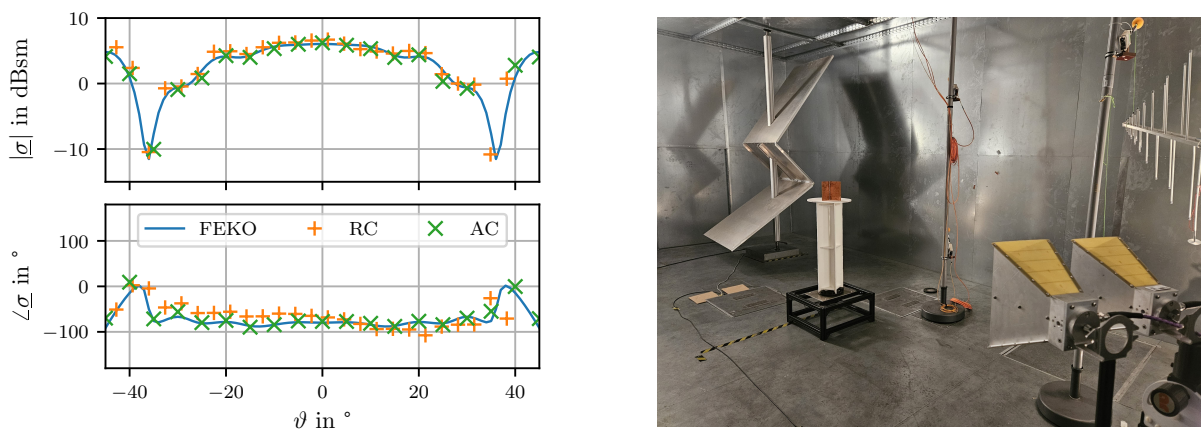


Abbildung 3.19: Quasi-monostatischer Radaraufbau in der MVK (RC) und Vergleich des komplexen Radarquerschnitts mit den Ergebnissen der Simulationssoftware FEKO und Messdaten aus der Absorberhalle (AC)

SEM-Modellierung elektromagnetischer Impulsantworten für die Analyse der absichtlichen elektromagnetischen Störung kleiner unbemannter Luftfahrzeuge¹³

Die Singularity Expansion Method (SEM) beschreibt die Impulsantwort elektromagnetischer Streuobjekte als Summe gedämpfter Sinusschwingungen, die durch Pole der komplexen Frequenz charakterisiert werden. Diese Pole sind unabhängig von der Anregung und eignen sich hervorragend zur Identifizierung von Systemen. Im Kontext der absichtlichen elektromagnetischen Störung (IEMI) sind die Pole von besonderem Interesse, da diese Informationen über die Systemresonanzen und deren Dämpfungsverhältnisse beinhalten und somit die Analyse von dominanten Kopplungspfaden unterstützen. Ziel dieser Arbeit ist es, mittels SEM das Resonanzverhalten kleiner unbemannter Luftfahrzeuge (UAVs) anhand von komplexen Radarquerschnittsmessungen zu modellieren und dabei eine robuste Methode zur Identifikation der Systemresonanzen zu entwickeln, die auch bei verrauschten Daten präzise Ergebnisse liefert.

Kern der Methodik ist die inverse Modellierung der Systeme durch Approximation der Systemantwort mittels rationaler Funktionen. Die Bestimmung der Modellparameter führt üblicherweise auf ein Kleinste-Quadrate Problem welches durch ein überbestimmtes Gleichungssystem aus der

¹³Dipl.-Ing. Max Rosenthal

gemessenen Systemantwort gelöst wird. Aus der approximierten Modellfunktion können dann Pole abgeleitet werden.

Eine besondere Herausforderung liegt darin, dass gängige Methoden die Modellordnung des Systems als bekannt voraussetzen und physikalische Systemeigenschaften wie Stabilität oder Passivität nicht gewährleisten, wie in Abbildung 3.20 veranschaulicht wird. In der Praxis erfordert die Anwendung zudem eine hohe Robustheit der Methode gegenüber Rauschen.

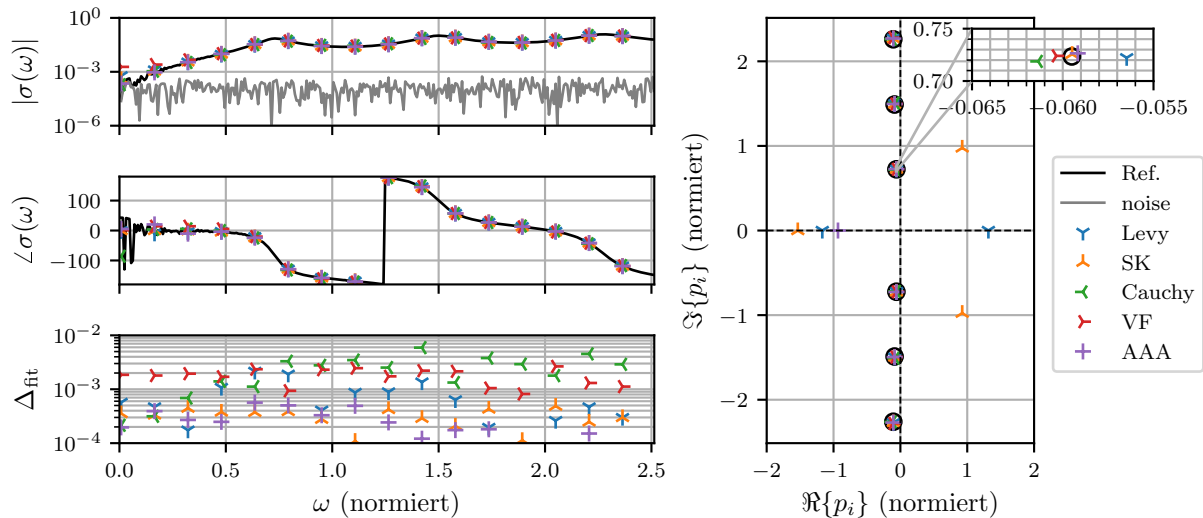


Abbildung 3.20: Modellierung des Radarquerschnitts eines Dipols und Bestimmung der Systemresonanzen mittels Levy, Sanathan Koerner (SK), Cauchy, Vector Fitting (VF) und Adaptive Anderson-Antoulas (AAA)

Entwicklung eines cloudbasierten aktiven Netzmanagementsystems für aktive Filter (AFiMan)¹⁴

Die Messung der zeit- und frequenzabhängigen Netzimpedanz rückt zunehmend in den Fokus gegenwärtiger Forschung hinsichtlich netzgebundener Wechselrichter. Mit dem Wissen über die Netzimpedanz können einerseits Informationen über den Netzzustand wie z. B. die Detektion eines Inselnetzes und andererseits adaptive Regelalgorithmen optimal angepasst werden.

Darüber hinaus ist es möglich, mit Hilfe der Amplitude und Phasenlage der Impedanz eine spannungsgeführte Oberschwingungskompensation zu realisieren, wie es das Verbundprojekt *AFiMan* anstrebt. Zusammen mit Partnern wird ein Verfahren zur Messung und Nutzung der volatilen Netzimpedanz mit dem Ziel der Oberschwingungskompensation auf Basis einer Spannungsmessung untersucht. Zu diesem Zweck werden mehrere Wechselrichtereinheiten aufgebaut und im Labor sowie ausgewählten Netzknoten mit den zu entwickelnden Algorithmen getestet.

Ein weiterer Bestandteil des Projektes die Umsetzung eines Echtzeitdatenaustausches. Dieser beinhaltet die Übertragung hochauflösender Messdaten einer Wechselrichtereinheit hin zu einer vorgelagerten Recheneinheit, welche die Daten analysiert und ihrerseits in Echtzeit an eine zentrale Recheneinheit sendet, an der die weitere Wechselrichtereinheiten verbunden sind. Von ihr können Steuer- und Regelparameter an jede Einheit gesendet werden. Der bidirektionalen Kommunikation (Fernanalyse und -Steuerung) zwischen jeder Einheit und der zentrale Recheneinheit ist eine webbasierte Nutzeroberfläche überlagert. Ziel ist es, bspw. eine Bewertung des Netzzustandes

¹⁴ von M. Sc. Benjamin Hoepfner

oder eine Filterparameteränderung jeder Wechselrichtereinheit aus einer entfernten Leitstelle heraus durchführen zu können.

Beide Aufgaben, die zeit- und frequenzabhängige Netzimpedanzmessung sowie die webbasierte Datenübertragung stellen große Herausforderungen dar, denen sich das Projekt *AFiMan* stellt.

Danksagung Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages – Förderkennzeichen 16KN111525.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

3.3.3 Promotionen

Dr.-Ing. Felix Middelstädt: Electromagnetic Field Coupling to Thin Wires Above a Ground

Gutachter:

- Prof. Dr.-Ing. Ralf Vick, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Prof. Dr.-Ing. Farhad Rachidi-Haeri, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL)

verteidigt am 28. Februar 2024 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (siehe Abbildung 3.21)

Leitungen spielen in vielen elektrischen und elektronischen Geräten eine große Rolle. Sie werden zur Übertragung von Informationen oder Leistung zwischen unterschiedlichen Komponenten verwendet. Sie können jedoch auch ungewollt als Antenne wirken und somit ein Einfallstor für elektromagnetische Störungen durch externe elektromagnetische Felder sein. Außerdem können über die Leitungen elektromagnetische Felder abgestrahlt werden, die wiederum andere benachbarte Geräte stören. Daher ist es speziell im Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit wichtig die physikalischen Mechanismen der Feldeinkopplung in und Datenübertragung auf Leitungen zu untersuchen. Es gibt verschiedene Leitungstypen, z. B. Mikrostreifenleitungen auf Leiterplatten oder dünnen Drähte über einer Masseebene.

Das Ziel dieser Dissertation ist die analytische und semi-analytische Untersuchung der Ströme auf dünnen Drähten über einer großen Masseebene im Frequenzbereich. Das allgemeine Verständnis der Ausbreitung von Wellen auf Leitungen soll hiermit verbessert werden. Die untersuchten dünnen Drähte werden durch ebene Wellen angeregt. Verglichen mit der Wellenlänge sind die Leitungen lang und besitzen einen gleichförmigen Abschnitt entlang der Trajektorie. Bis auf den gleichförmigen Abschnitt ist die Trajektorie der Leitung beliebig und Abschlussimpedanzen werden berücksichtigt. Mehrere parallele Drähte werden ebenfalls untersucht. Für diese Leitungen ist der sogenannte asymptotischen Ansatz anwendbar. Der Ansatz liefert einen analytischen Ausdruck für den Strom im gleichförmigen Abschnitt des Drahtes. Er spielt eine zentrale Rolle bei der analytischen und semi-analytischen Untersuchung des Stromes. Es wird angenommen, dass der Strom eine Superposition aus mehrere transversal elektromagnetischen Moden und einer erzwungenen Antwort ist. Die Amplituden der Moden hängen von sogenannten Streu- und Reflexionskoeffizienten an den Leitungstoren ab. Diese Koeffizienten sind im Allgemeinen komplex, frequenzabhängig und von der Trajektorie am Leitungsende abhängig. Daher beinhalten die Koeffizienten Hochfrequenzeffekte, wie z. B. Feldabstrahlung an Ungleichförmigkeiten entlang der Leitung.

Dies ist ein entscheidender Unterschied zur klassischen Leitungstheorie. Daher ist der asymptotische Ansatz für deutlich höhere Frequenzen anwendbar als die klassische Theorie. Die Streu- und Reflexionskoeffizienten können durch numerische und analytische Methoden approximiert werden. Das Hauptaugenmerk liegt in dieser Arbeit auf der analytischen Näherung. Eine iterative Methode wird verwendet, um die Koeffizienten ausgehend von den „Mixed Potential Integral Equations“ für dünne Drähte analytisch zu approximieren. Die Iteration wird mit der Lösung der klassischen Leitungstheorie initialisiert. Jeder weitere Iterationsschritt nutzt die vorherige Lösung als Quelle, um eine bessere Approximation zu finden. Die analytische Lösung wird mit einer numerischen (Momentenmethode) verglichen. Es ist eine sehr gute Übereinstimmung zu beobachten. Außerdem zeigen die Beispiele, dass die iterative Lösung signifikant genauer ist als die klassische Lösung aus der Leitungstheorie. Darüber hinaus werden die analytischen und numerischen Approximationen mit Messergebnissen verglichen. Der komplexe Radarrückstreuquerschnitt von dünnen Drähten wird dazu gemessen und die komplexen Resonanzfrequenzen, die sogenannten natürlichen Frequenzen, werden extrahiert. Die analytischen natürlichen Frequenzen werden mithilfe des asymptotischen Ansatzes und der iterativen Methode bestimmt. Eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Messergebnissen, der analytischen Näherung und der numerischen Lösung ist für alle gewählte Beispiele zu beobachten.



Abbildung 3.21: Gratulation an Felix Mittelstädt am Otto-von-Guericke-Denkmal

3.3.4 Veröffentlichungen

Zeitschriften- und Konferenzbeiträge

- [1] H. Steinbeck und M. Magdowski, „Massenvorlesung 2.0 – Öffentliche Bildungs-Live-Streams“, in *Hochschullehre in großen und kleinen Gruppen Tagungsband zur 6. Online-Tagung Hochschule digital.innovativ #digiPH6*, M. Miglbauer, Hrsg., Ser. phbhochschulschriften 01|2023, Lizenz: CC BY-NC-ND, E. Weber Verlag GmbH, Eisenstadt, Österreich: Private Pädagogische Hochschule Burgenland, Jan. 2023, S. 88–94, ISBN: 978-3-85253-804-4. Adresse: https://www.ph-burgenland.at/fileadmin/Forschung/Hochschulschriften/digiPH6_FINAL.pdf.
- [2] M. Magdowski, „Lehre in der Elektrotechnik“, *Ruhr-Universität Bochum – LEHRE LADEN – Fachspezifische Lehre*, Juli 2024. Adresse: <https://lehreladen.rub.de/fachspezifische-lehre/lehre-in-der-elektrotechnik/>.
- [3] M. Rosenthal, J. Petzold und R. Vick, „Emissionsmessungen im Frequenzbereich von 6 GHz bis 40 GHz“, in *Proceedings EMV Kongress 2024 : Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit*, H. Garbe, Hrsg., Aachen: Apprimus, 2024, S. 49–56. DOI: 10.15488/16967. Adresse: <https://repo.uni-hannover.de/handle/123456789/17095>.
- [4] M. Magdowski, R. Vick, K. Bredenfeld, R. Gratzl und H. Bartko, „Schnelle E-Feldmessungen mit lasergespeisten Feldsonden in Modenverwirbelungskammern“, in *Proceedings EMV Kongress 2024 : Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit*, H. Garbe, Hrsg., Aachen: Apprimus, 2024, S. 85–92. DOI: 10.15488/16970. Adresse: <https://repo.uni-hannover.de/handle/123456789/17098>.
- [5] S. Schulze und S. Al-Hamid, „Vereinfachte Methode zur Einschätzung der Schirmdämpfung von metallischen Gehäusen mit Hilfe der Nahfeldkopplung auf eine Leitung“, in *Proceedings EMV Kongress 2024 : Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit*, H. Garbe, Hrsg., Aachen: Apprimus, 2024, S. 249–256. DOI: 10.15488/16988. Adresse: <https://repo.uni-hannover.de/handle/123456789/17116>.
- [6] B. Hoepfner und R. Vick, „Entwurf eines diskreten, frequenzvariablen Resonanzreglers mit anpassbarem Delay, sicherem Ein- und Ausschaltverhalten sowie einer Strombegrenzung für praxistaugliche aktive Filteranwendungen“, in *Proceedings EMV Kongress 2024 : Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit*, H. Garbe, Hrsg., Aachen: Apprimus, 2024, S. 403–411. DOI: 10.15488/17005. Adresse: <https://repo.uni-hannover.de/handle/123456789/17133>.
- [7] M. Rosenthal, J. Petzold und R. Vick, „Validation of the Physical Random Unintentional Radiation Model by Measurement of an Artificial Test Object in an Anechoic Chamber“, in *2024 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC Europe*, 2024, S. 397–402. DOI: 10.1109/EMCEurope59828.2024.10722328.
- [8] K. Bredenfeld, M. Magdowski, R. Vick, R. Gratzl, H. Bartko und J. Medler, „Evaluation of Fast Stirring Methods for Direct Field Strength Control in a Reverberation Chamber“, in *2024 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC Europe*, Sep. 2024, S. 174–178. DOI: 10.1109/EMCEurope59828.2024.10722055.
- [9] M. Magdowski, „EMC Personality Profile“, *IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine*, Jg. 13, Nr. 2, S. 19–20, Okt. 2024, ISSN: 2162-2272. DOI: 10.1109/MEMC.2024.10711991.
- [10] C. Bockelmann u. a., „Rolle der Künstlichen Intelligenz in der Elektro- und Informationstechnik“, *VDE Info*, S. 50, Okt. 2024. Adresse: <https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/ki-in-der-elektro-und-informationstechnik>.

Dissertationen und Bücher

- [1] F. Middelstädt, *Electromagnetic Field Coupling to Thin Wires Above a Ground* (Res Electricae Magdeburgenses 99), 1. Aufl. Magdeburg: Lindemann, A. u. a., 2024, ISBN: 978-3-948749-43-9. DOI: 10.24352/UB.OVGU-2024-082.
- [2] J. Schleiß und M. Magdowski, „Mastery Learning in der Hochschulbildung: Eine Einordnung von der Theorie zur Praxis“, in *Digitale Prüfungsszenarien in der Hochschule: Didaktik – Technik – Vernetzung*, S. Bedenlier, S. Gerl, B. Küppers und M. Bandtel, Hrsg., 1. Aufl. Bielefeld: wbv Publikation, Juli 2024, Bd. 4, S. 65–79. DOI: 10.3278/9783763977055. Adresse: <http://u.wbv.de/9783763977055>.

Beiträge zu Kolloquien u. a. Vorträge

- [1] M. Magdowski, „Use ChatGPT in Electrical Engineering (!?)“, in *AI Tools at OVGU*, Max Planck Institute for Dynamics of Complex Technical Systems Magdeburg, Dez. 2023. Adresse: <https://cloud.ovgu.de/s/NnFRZ26GEM2He7Y>.
- [2] H. Steinbeck und M. Magdowski, „Bit-Gespräch Folge 36 – Teleprompter-Technik und Video(un)längen“, in *Bits & Bytes*, Dez. 2023. Adresse: <https://youtu.be/etAVF7HGYQs>.
- [3] H. Steinbeck und M. Magdowski, „Bit-Gespräch Folge 37 – StreamYard, Funkmikros und „Attending lectures in person, hybrid or online“, in *Bits & Bytes*, Jan. 2024. Adresse: <https://youtu.be/CUIJVmW7tUY>.
- [4] H. Steinbeck und M. Magdowski, „Bit-Gespräch Folge 38 – Videotechnik in Kassel & Karlsruhe, Panopto, Videoformate und Vive la France“, in *Bits & Bytes*, März 2024. Adresse: <https://youtu.be/7DNeVjb9ocM>.
- [5] H. Steinbeck und M. Magdowski, „Bit-Gespräch Folge 39 – Teleprompter, Lehre in Angers, Reels & Shorts, Tafelvideos und Audiomaterial“, in *Bits & Bytes*, Mai 2024. Adresse: <https://youtu.be/DUcL4HoyfJQ>.
- [6] H. Steinbeck und M. Magdowski, „Bit-Gespräch Folge 40 – Technik-Tipps, Licht & Schatten mit KI, Deepfakes & erlesene Videokommentare“, in *Bits & Bytes*, Aug. 2024. Adresse: <https://youtu.be/0gcLPXTmCkQ>.
- [7] M. Magdowski, „Robust, Precise, Fast – Chose Two for Radiated EMC Measurements!“, in *Online Distinguished Lecturer Talk for the IEEE Denver EMC Chapter*, IEEE EMC Society, Feb. 2024. Adresse: <https://youtu.be/zbfavJTpinQ>.
- [8] M. Magdowski, „Theorie und Praxis von EMV-Messungen in Modenverwirbelungskammern“, in *Workshop auf der EMV 2024 – Fachmesse und Kongress für elektromagnetische Verträglichkeit*, Köln, März 2024.
- [9] M. Magdowski, „Alternative Prüfungsformate“, in *Online-Workshop für das Netzwerk hdw nrw*, März 2024.
- [10] M. Magdowski, „Well Stirred is Half Measured – EMC Tests in Reverberation Chambers“, in *Distinguished Lecturer Talk for the IEEE Toronto EMC Chapter*, IEEE EMC Society und University of Toronto, März 2024. Adresse: <https://events.vtools.ieee.org/m/406983>.
- [11] M. Magdowski. „Fundamentals of Electromagnetic Compatibility“.
- [12] M. Magdowski, „Well Stirred is Half Measured – EMC Tests in Reverberation Chambers“, in *Distinguished Lecturer Talk for the IEEE Toronto EMC Chapter*, IEEE EMC Society und Raymond EMC, März 2024.

- [13] M. Magdowski, „Why the Wire is on Fire – Electromagnetic Field Coupling to Transmission Lines“, in *Distinguished Lecturer Talk for the IEEE Montreal EMC Chapter*, IEEE EMC Society und McGill University, März 2024.
- [14] M. Magdowski und S. Dickmann, „Kern-Curriculum und Laborversuche für die EMV-Lehre und von heute“, in *EMV und Ausbildung*, IEEE Germany Section Chapter, EMC27, März 2024. Adresse: <https://events.vtools.ieee.org/m/411327>.
- [15] M. Magdowski, „Robust, Precise, Fast – Chose Two for Radiated EMC Measurements“, in *Distinguished Lecturer Talk for the IEEE Poland Section Chapter, EMC27*, Recording: https://youtu.be/JKgjCc_nwUA, IEEE EMC Society und Łukasiewicz – Poznan Institute of Technology, Apr. 2024. Adresse: <https://events.vtools.ieee.org/m/420001>.
- [16] M. Magdowski, „Well Stirred is Half Measured – EMC Tests in Reverberation Chambers“, in *Online Distinguished Lecturer Talk for the IEEE Galveston Bay-Houston Section Jt Chapter, EMC*, IEEE EMC Society, Mai 2024. Adresse: <https://events.vtools.ieee.org/m/415851>.
- [17] M. Magdowski, „Well Stirred is Half Measured – EMC Tests in Reverberation Chambers“, in *Distinguished Lecturer Talk for the IEEE German EMC Chapter*, Recording: https://youtu.be/Z6J2GRX_1mk, IEEE EMC Society und Technical University of Hamburg, Juni 2024. Adresse: <https://events.vtools.ieee.org/m/419868>.
- [18] T. Kahle und M. Magdowski, „EIG036 Richtiger rechnen (mit Mathias)“, in *Eigenraum – ein Mathepodcast*, Magdeburg, Apr. 2024. Adresse: <https://eigenpod.de/eig036-richtiger-rechnen-mit-mathias/>.
- [19] M. Magdowski, „Alternative Prüfungsformate“, in *Online-Workshop für das Netzwerk „Flying Experts“*, Mai 2024.
- [20] M. Magdowski, „AC/DC – Highway to Electromagnetic Compatibility (for Renewable Energy Systems)“, in *GRIAT Alumni Meeting 2024*, Aug. 2024.
- [21] F. Leferink u. a., „Workshop: ‚You had me at ‚Reverb ...‘!“, in *2024 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC Europe*, Sep. 2024.
- [22] M. Magdowski, „Grundlagen der Elektromagnetischen Verträglichkeit“, in *EMV Boot Camp 2024 des deutschen EMV-Chapters der IEEE EMC Society*, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg, Sep. 2024. Adresse: <https://r8.ieee.org/germany-emc/activities/emc-boot-camps/>.
- [23] M. Magdowski, „Do’s and Don’ts für mobile Streamsetups“, in *Beitrag zum Science-VideoCamp2024*, Aufzeichnung: https://youtu.be/WjoToA_HLyQ, TIB – Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften und Universitätsbibliothek Hannover, Apr. 2024. Adresse: <https://de.slideshare.net/slideshow/dos-and-donts-fr-mobile-streamsetups-beitrag-zum-sciencevideocamp2024-der-tib-hannover/267270652>.
- [24] M. Magdowski, „Ohne Greenscreen zum Dream-Stream“, in *Beitrag zur ViTeach 24 – Sozial. Intelligent. Kompetent.*, Aufzeichnung: <https://youtu.be/JM2Vig4INS8>, VCRP (Virtueller Campus Rheinland-Pfalz), MMKH (Multimedia Kontor Hamburg) und ELAN e.V. (E-Learning Academic Network Niedersachsen), Apr. 2024. Adresse: <https://de.slideshare.net/slideshow/ohne-greenscreen-zum-dream-stream-einfache-und-effektive-wege-zum-livestreaming-von-lehrveranstaltungen-beitrag-zur-viteach-24-sozial-intelligent-kompetent/271774154>.
- [25] M. Magdowski, „Well Stirred is Half Measured – EMC Tests in Reverberation Chambers“, in *EMV-Fachtagung – 21st EMC Symposium 2024*, IEEE EMC Society und Technical University of Graz, Sep. 2024. Adresse: <https://www.tugraz.at/institute/ife/research/emv-fachtagung-2024>.

- [26] M. Magdowski, „Generation of Personalized Tasks and Sample Solutions in MATLAB for Anonymous Peer Feedback“, in *MATLAB EXPO 2024*, Recording: <https://youtu.be/OwU7wYYpDD8>, MathWorks, Nov. 2024. Adresse: <https://www.matlabexpo.com/online/2024/proceedings.html>.
- [27] M. Magdowski, „MINT-Mitmachaktionen und Tage der offenen Labortür“, in *Diskussionsbeitrag zur Veranstaltung "Quo Vadis EMV? Update 2024" auf der EMV Köln*, IEEE German EMC Chapter, März 2024. Adresse: <https://de.slideshare.net/slideshows/mintmitmachaktionen-und-tage-der-offenen-labortr-diskussionsbeitrag-zur-veranstaltung-quo-vadis-emv-update-2024-auf-der-emv-kln/266809389>.
- [28] M. Magdowski, „MINT-Mitmachaktionen on- und offline: Was geht und was geht nicht so gut?“, in *Beitrag zur Vocatium-Tagung "Impulse für die Berufsorientierung" in Magdeburg*, IFT Institut für Talententwicklung GmbH, Nov. 2024. Adresse: <https://de.slideshare.net/slideshow/mint-mitmachaktionen-on-und-offline-was-geht-und-was-geht-nicht-so-gut-beitrag-zur-vocatium-tagung-impulse-fur-die-berufsorientierung-in-magdeburg/273149355>.
- [29] M. Magdowski, „Aktivierende Lehr- und Lernmethoden in den Grundlagen der Elektrotechnik“, in *Input zum Arbeitskreis Elektrotechnik (AKEI)*, Aufzeichnung: <https://youtu.be/C1L4dU8J1dw>, Netzwerk Hochschuldidaktische Weiterbildung Nordrhein-Westfalen hdw nrw, Nov. 2024. Adresse: <https://de.slideshare.net/slideshow/aktivierende-lehr-und-lernmethoden-in-den-grundlagen-der-elektrotechnik-input-zum-ak-e-technik/273593132>.
- [30] M. Magdowski, „Alternative Prüfungsformate“, in *Beitrag zum Treffen der Oberstufenkordinator*innen der Schulen im Altmarkkreis Salzwedel und im Landkreis Stendal*, Landesschulamt Sachsen-Anhalt, Nebenstelle Magdeburg, Ref. 24: Gymnasien und Gesamtschulen, Nov. 2024. Adresse: <https://cloud.ovgu.de/s/epDrJbz8q9gQHRB>.
- [31] M. Magdowski, „Why the wire is on fire“, in *Workshop CEM 2024*, Distinguished Lecture for IEEE EMC Society French Chapter at ESEO in Angers, France, Dez. 2024. Adresse: <https://workshopcem2024.sciencesconf.org/>.
- [32] M. Magdowski, „Ohne Greenscreen zum Dream-Stream – Einfache und effektive Wege zum Lehrveranstaltungs-Livestreaming“, in *Beitrag zum 27. Workshop Videokonferenzen im Wissenschaftsnetz (SLUB Dresden)*, Aufzeichnung: <https://youtu.be/oZZAW3DWj2g>, Agenda der Veranstaltung: <https://tu-dresden.de/zih/vcc/projekt/workshops/27-workshop/agenda>, Technische Universität Dresden, Dez. 2024. Adresse: <https://tu-dresden.de/zih/vcc/ressourcen/dateien/27-workshop/vcc-workshop2024-MM.pdf>.
- [33] M. Magdowski, „Alles unter Strom!? - Studieren an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik“, in *Beitrag zu den Schulprojekttagen*, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Aug. 2024. Adresse: <https://de.slideshare.net/slideshow/alles-unter-strom-studieren-an-der-fakultat-fur-elektro-und-informationstechnik/271014865>.
- [34] M. Magdowski, „Pulsed Excitation of Reverberation Chambers“, in *Doctoral Network for Evaluation and Propagation of Interference Training*, Horizon Europe Marie Skłodowska-Curie Actions, Sep. 2024. Adresse: <https://de.slideshare.net/slideshow/pulsed-excitation-of-reverberation-chambers/271998310>.
- [35] M. Magdowski, „Experience with the Application Process from the NEPIT Project“, in *Doctoral Network for Evaluation and Propagation of Interference Training*, Recording: <https://youtu.be/DWuB3JuwK3U>, Horizon Europe Marie Skłodowska-Curie Actions, Apr. 2024. Adresse: <https://cloud.ovgu.de/s/38xomWxx64bqbmF>.

3.4 Lehrstuhl für Leistungselektronik

3.4.1 Forschungsprofil

Das Forschungsprofil des Lehrstuhls für Leistungselektronik trägt der rasch fortschreitenden Entwicklung in diesem Gebiet der Elektrotechnik Rechnung, die maßgeblich geprägt wird durch die Verfügbarkeit neuer, optimierter Bauelemente einerseits sowie durch gestiegene Anforderungen an verschiedene technische Systeme andererseits, die zweckmäßigerweise unter Einsatz leistungselektronischer Stellglieder realisiert werden. So zählt die Leistungselektronik zu den Schlüsseltechnologien für energieeffiziente elektrische Verbraucher, für die Einspeisung von aus erneuerbaren Quellen erzeugter elektrischer Energie ins Netz sowie für die Elektromobilität.

Der enge Zusammenhang von Komponenten- und Systemebene findet am Lehrstuhl für Leistungselektronik bei der Forschung zu leistungselektronischen Schaltungen und Systemen mit neuen Bauelementen Berücksichtigung: Die betrachteten neuen Leistungshalbleiter-Bauelemente umfassen neben weiterentwickelten MOSFETs, IGBTs und Dioden aus Silizium insbesondere Bauelemente aus Halbleitermaterialien mit großem Bandabstand wie SiC oder GaN; darüber hinaus ist die Aufbau- und Verbindungstechnik von nicht zu vernachlässigender Bedeutung, da sie das elektrische und thermische Verhalten sowie die Zuverlässigkeit der Leistungselektronik mitbestimmt.

Aktuelle Arbeiten beziehen sich hierbei schwerpunktmäßig auf Zuverlässigkeitsuntersuchungen an modernsten Leistungshalbleiter-Bauelementen sowie auf Schaltungen und Systeme der Stromversorgungs- und Antriebstechnik für stationäre und mobile Anwendungen. Ein Verständnis der Wechselwirkung zwischen Bauelement und Schaltung bzw. System erlaubt eine fundierte und anwendungsgerechte Optimierung.

Die hierfür am Lehrstuhl für Leistungselektronik angewandten Methoden sind geprägt durch eine Kombination theoretischer Untersuchungen – wie Berechnung, Modellbildung und Simulation – mit experimentellen Arbeiten – insbesondere an Bauelement, leistungselektronischem System und Prozess. Angesichts des ausgeprägt interdisziplinären Charakters vieler der beschriebenen Arbeiten hat sich eine Zusammenarbeit mit Arbeitsgruppen anderer Lehrstühle, außeruniversitären Instituten sowie industriellen Partnern bestens bewährt. Für die gute Zusammenarbeit und auch die diese oft erst möglich machende Förderung sei allen Partnern an dieser Stelle herzlich gedankt. Einige der im Jahr 2024 bearbeiteten Themen mit Bezug auf leistungselektronische Bauelemente und Systeme werden im folgenden Abschnitt detaillierter erläutert.

3.4.2 Forschungsprojekte

Substantial increase of power cycling capability of SiC MOSFETs after preconditioning¹⁵

A preconditioning procedure is introduced which is capable to successfully suppress parasitic chip-related drift effects of SiC MOSFETs during a subsequently performed power cycling (P/C) test. By exemplarily comparing end-of-life tests of preconditioned with fresh discrete DUTs, the impact on lifetime was investigated for the first time quantitatively, as shown in Figure 3.22.

A substantial three- to fivefold increase in lifetime was observed in case of $V_{GS,on} = 15\text{ V}$ and up to six- to sevenfold in case of $V_{GS,on} = 10\text{ V}$, respectively. The impact of metallurgical changes due to temperature treatment (TT) alone and the additional suppression of drift effects needs to be carefully evaluated:

¹⁵von Dr.-Ing. Carsten Kempniak

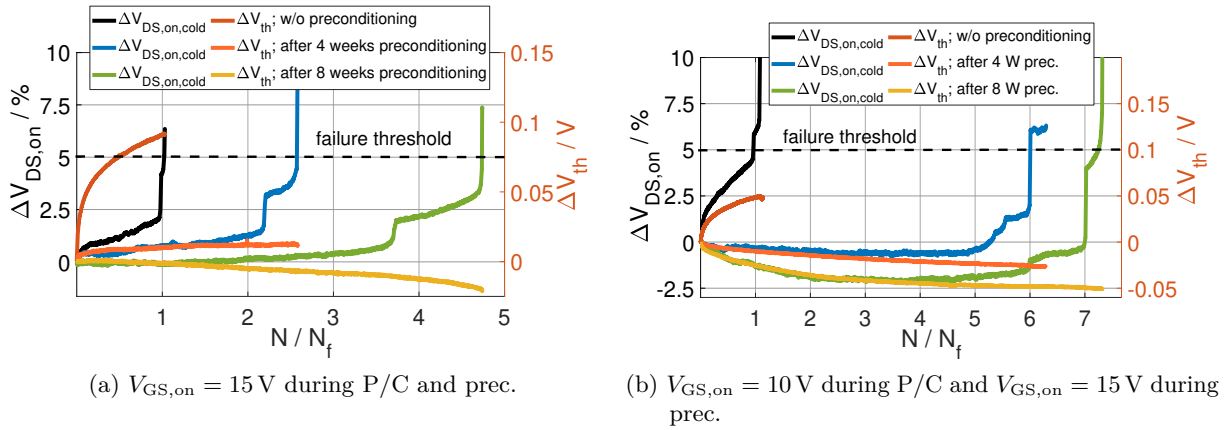


Figure 3.22: Impact of a more step preconditioning using $V_{GS,on}$ as parameter; $\Delta T_{vj} = 100\text{ K}$, $T_{vj,min} = 40\text{ }^\circ\text{C}$, $t_{on} = 3\text{ s}$, $t_{off} = 6\text{ s}$, $V_{GS,on} = \{15\text{ V}; 10\text{ V}\}$, $V_{GS,off} = -10\text{ V}$

- TT alone yields roughly a threefold lifetime increase and thus seems to be much more effective for SiC devices compared to Si, which might be caused by material softening after TT reducing strain and resulting plastic deformation and hence the main cause of the reduced P/C capability of SiC devices. More research, however, is needed to support this hypothesis.
- By suppressing ΔV_{th} additionally, a further lifetime increase is achieved which is more pronounced when a less positive $V_{GS,on}$ is applied during the P/C test due to the increasing proportion of the channel resistance on total $R_{DS,on}$.
- As TT delays BW lift-offs and further fosters a more pronounced ΔV_{th} during P/C, the additional lifetime increase by gate preconditioning of about 40 % at $V_{GS,on} = 15\text{ V}$ can be interpreted as upper boundary or worst-case impact of parasitic chip-related drift effects on lifetime for the exemplary DUTs and test conditions. The real impact on fresh DUTs will be somewhat lower and vary for different devices and conditions.

Preconditioning is capable to control ΔV_{th} during the subsequently performed P/C test. However, it needs to be discussed whether ΔV_{th} should be suppressed during P/C tests or not, because ΔV_{th} does also occur in application environments. ΔV_{th} -monitoring is obviously beneficial in order to quantify the effect and obtain comparability.

Furthermore, it is necessary to document whether such a preconditioning has been applied before a qualification test, which would lead to substantially increased lifetime data. Last but not least this investigation reveals much room for test bench optimisation with respect to power cycling SiC MOSFETs which needs to be addressed by standardisation.

Einfluss der positiven Gate-Source-Spannung auf Lastwechselergebnisse bei SiC MOSFETs¹⁶

Lastwechsel zählen zu den wesentlichen Zuverlässigkeitsuntersuchungen in der Leistungselektronik. Hierbei wird ein Prüfling periodisch aktiv aufgeheizt und abgekühlt, bis der thermomechanische Stress ihn zerstört. Ausfallkriterien sind anhand von Eigenschaften des thermischen elektrischen Pfades definiert. Ist eines dieser Kriterien erreicht, ist der Prüfling als defekt einzuordnen. Das End-of-Life Kriterium über den elektrischen Pfad bezieht sich beim MOSFET auf die Drain-Source-Spannung bzw. den Einschaltwiderstand des Transistors. Untersucht wurde, welchen Einfluss die positive Gate-Source-Spannung während der Lastwechseltests hat: Es wurde die laut

¹⁶von M. Sc. Kevin Ladentin

Datenblatt nominale Spannung von $U_{GS} = 15\text{ V}$ mit einer verringerten Spannung von $U_{GS} = 10\text{ V}$ verglichen.

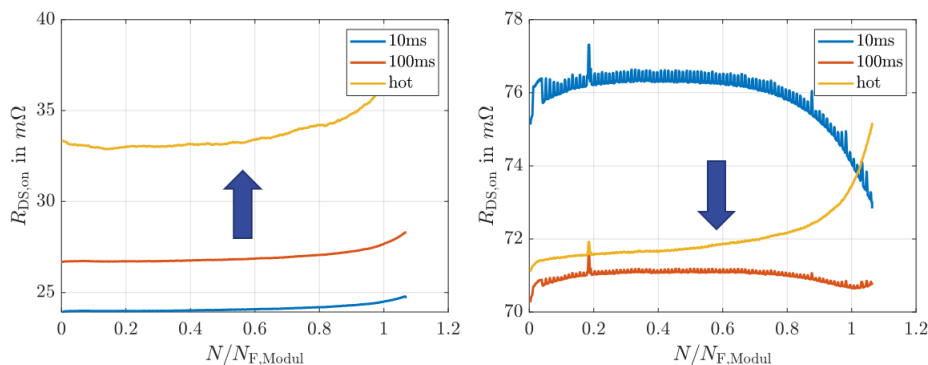


Abbildung 3.23: Vergleich der Einschaltwiderstände über die Lebensdauer bei $U_{GS} = 15\text{ V}$ (links) und $U_{GS} = 10\text{ V}$ (rechts)

Beim Prüfling mit den in Bild 3.23 gezeigten Ergebnissen ist eine Degradation des thermischen Pfades der Fehlermechanismus. Diese hat auch Auswirkungen auf den elektrischen Pfad, vorwiegend bei den Heißmessungen mit über die Zyklenzahlen ansteigenden Verläufen. Hingegen sinken die kalt gemessenen Verläufe bei $U_{GS} = 10\text{ V}$ wegen des größeren Anteils des Kanalwiderstandes am Gesamtwiderstand und dessen negativem Temperaturkoeffizienten sogar ab.

Extraction of dynamic threshold voltage and on-state resistance of GaN HEMT in hard-switching¹⁷

Gallium Nitride (GaN) transistors provide low on-state resistance ($R_{ds(on)}$) in conjunction with diminished switching losses. Especially normally-off devices like p-GaN gate HEMTs are frequently used in power electronics. However, still some charge trapping effects are observed, degrading device characteristics and resulting in an increased dynamic on-state resistance ($R_{ds(on)}$) or a threshold voltage (V_{th}) shift.

In this research, the dependence of the dynamic on-state resistance $R_{ds(on)}$ and the threshold voltage V_{th} on voltage bias-time, voltage level, frequency and temperature has been measured for 650 V Schottky-type p-GaN gate high electron mobility transistors (HEMTs) under hard-switching conditions, as shown in Fig. 3.24.

Modular multilevel converter in low-voltage systems¹⁸

This investigation aims to explore the potential applications of Modular Multilevel Converters (MMCs) in low-voltage systems. This may be of interest to minimize energy losses, improve system efficiency, and improve power quality. Simulations of circuit and control initially help to analyze and optimize the design and operation of MMCs for low-voltage scenarios. A three-phase MMC model, as shown in Fig. 3.25, serves as the basis for simulation studies.

¹⁷von M. Sc. Tianyu Li

¹⁸von M. Sc. Wenwen Yang

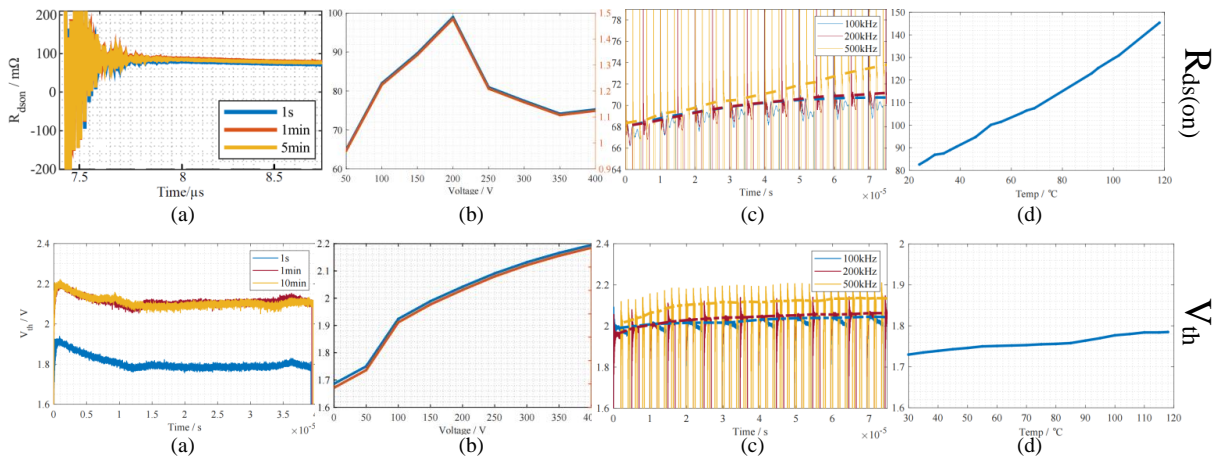


Figure 3.24: (a) Pre-bias-voltage dependence.
 (b) Switched voltage dependence in the range from 0 V to 400 V.
 (c) Frequency dependence under resistive switching operation.
 (d) Temperature dependence under 100 V voltage stress.

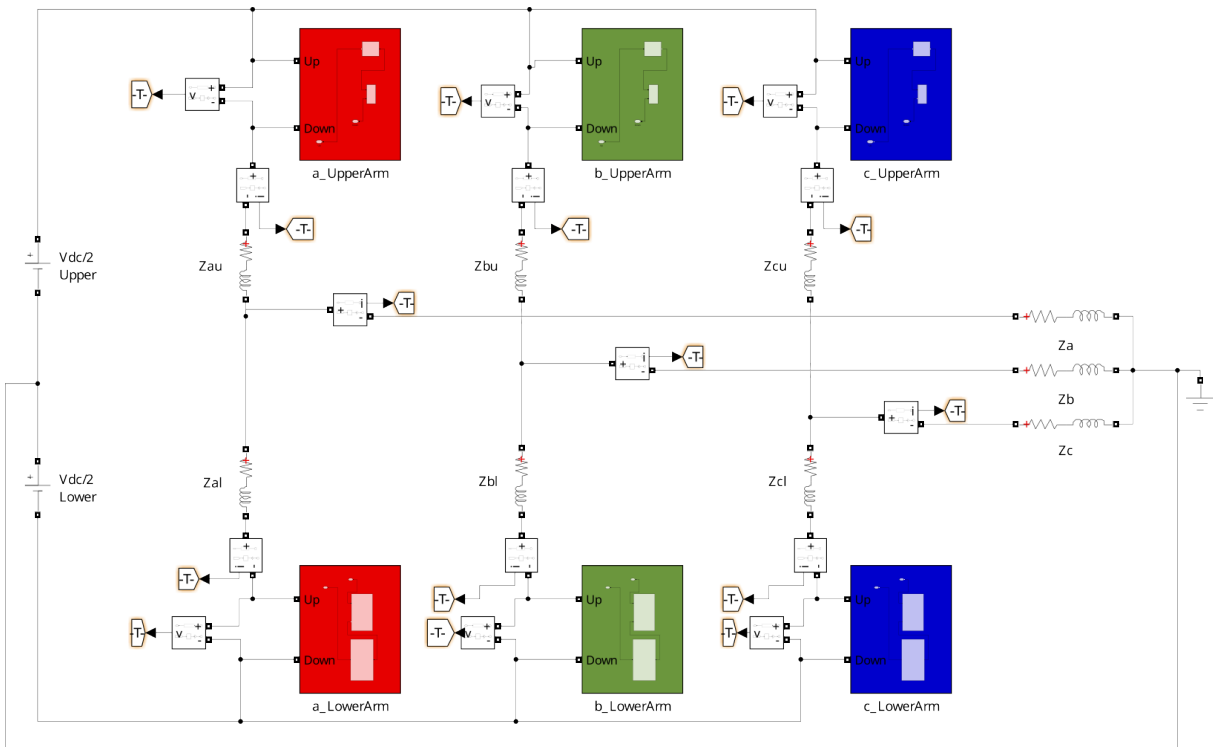


Figure 3.25: Simulation model of a three-phase modular multilevel converter with passive load

3.4.3 Promotionen

Fakultätspreis für Promotion von Dr.-Ing. Carsten Kempiak

Jede Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ehrt jährlich ihre besten Doktoranden für herausragende Promotionsleistungen mit dem Fakultätspreis. Jeder Preisträger erreichte im Promotionsverfahren das Gesamtprädikat „summa cum laude“.

Den Fakultätspreis 2024 der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik erhielt Dr.-Ing. Carsten Kempiak vom Lehrstuhl für Leistungselektronik im Rahmen des Akademischen Festaktes in der Johanniskirche am 21. November 2024. Abbildung 3.26 zeigt die feierliche Preisverleihung.



Abbildung 3.26: Verleihung des Promotionspreises der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik 2024 an Dr.-Ing. Carsten Kempiak; Foto: Jana Dünnhaupt

Dr.-Ing. Carsten Kempiaqs ingenieurwissenschaftliche Dissertation befasst sich auf Basis umfangreicher theoretischer und experimenteller Untersuchungen mit Methoden, die dabei unterstützen, die notwendige Zuverlässigkeit modernster Leistungshalbleiterbauelemente abzusichern. Leistungselektronik zählt zu den Schlüsseltechnologien vielerorts, z. B. in der Energieversorgung, in der Industrie, im Verkehrssektor und im Haushalt, verwendete Stromversorgungs- und Antriebstechnik. Seine Arbeit leistet damit einen bedeutenden Beitrag für die Elektrotechnik, die aus immer mehr Bereichen unseres Alltags nicht mehr wegzudenken ist.

Titel der Dissertation: Lastwechsellmethoden für Siliziumkarbid-MOSFETs unter Berücksichtigung von deren Schwellspannungsinstabilität

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann

Dr.-Ing. Florian Wilhelmi: On the characteristic electrical and thermal properties of beta-phase gallium oxide (β -Ga₂O₃) Schottky diodes in view of their potential application in power electronics

Gutachter:

- Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

- Prof. Dr.-Ing. Sibylle Dieckerhoff, Technische Universität Berlin

verteidigt am 02. Juli 2024 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Der Halbleiter beta-Galliumoxid (β -Ga₂O₃) vereint eine 4,6 eV bis 4,9 eV breite Bandlücke mit der Verfügbarkeit schmelzgewachsener Wafer und könnte dazu beitragen, den steigenden Bedarf an hocheffizienter und kostengünstiger Leistungselektronik zu decken. Jedoch konzentriert sich die Forschung derzeit noch hauptsächlich auf die grundlegenden Strukturen der Bauelemente. Außerdem weckt die geringe thermische Leitfähigkeit von Ga₂O₃ Bedenken hinsichtlich möglicher Probleme bei der Wärmeabfuhr. Ziel dieser Arbeit ist, einen Übergang von der bisherigen Forschung auf Bauelementestruktur-Ebene hin zur Anwendung in der Leistungselektronik zu schaffen, indem elektrische und thermische Eigenschaften neuartiger β -Ga₂O₃ Dioden aus einer geplanten Fertigungslinie experimentell und simulativ untersucht werden. Bei mehreren β -Ga₂O₃ Dioden ist eine Änderung des Leitmechanismus zu beobachten, die zu einer anfänglichen Abnahme und dann zu einem Anstieg der Leitungsverluste mit steigender Temperatur führt. Dies scheint jedoch auf die Herstellung der Chips zurückzuführen zu sein und nicht direkt auf die intrinsischen Eigenschaften von β -Ga₂O₃. Trotz einer starken Variation der Materialeigenschaften zwischen Dioden desselben Typs wird ein geringerer Anstieg des differentiellen Durchlasswiderstands mit steigender Temperatur im Vergleich zu Siliziumkarbid (SiC) Dioden beobachtet, und Messungen der temperaturabhängigen Idealitätsfaktoren und Schottky-Barrierenhöhen weisen auf stabile Sperrschicht- bzw. Grenzflächeneigenschaften hin. Die Entwärmung von Ga₂O₃ Dioden kann durch Abdünnen der derzeit 600 μ m dicken Standardbauteile auf Dicken von 200 μ m signifikant verbessert werden. Im Gegensatz zu SiC erweist sich jedoch die sperrschichtseitige Kühlung trotz der kleineren Kühlfläche als wesentlich effektiver bei der Senkung der Bauteiltemperatur, wenn die gesamte Anodenfläche mit Lot- bzw. Sinterpaste bedeckt ist. In Verbindung mit den potenziell geringen Leitungsverlusten scheint es realistisch, dass künftige Ga₂O₃ Dioden bei gleichem Durchlassstrom ähnliche Sperrschichttemperaturen erreichen wie moderne kommerzielle SiC Dioden. Selbst 600 μ m dicke Dioden werden erfolgreich in einem 400 V Abwärtswandler eingesetzt, der bei Schaltfrequenzen von bis zu 350 kHz betrieben wird. Es werden maximale Anstiegsgeschwindigkeiten der Spannung von über 100 $\frac{V}{ns}$ erreicht, aber im Dauerbetrieb weisen die Ga₂O₃ Dioden einen höheren Temperaturanstieg auf als die SiC Vergleichsbauteile. Dennoch können mit den Ga₂O₃ Freilaufdioden trotz des aktuell höheren Durchlasswiderstandes aufgrund der fehlenden Rekombinationsverluste die Effizienzen mit einer modernen Silizium-Diode ähnlicher Größe übertroffen werden.

Dr.-Ing. Qiuye Gui: Energy control of modular multilevel converters using averaging and general averaging

Gutachter:

- Prof. Dr.-Ing. habil. Albrecht Gensior, Technische Universität Ilmenau
- Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker, Universität Paderborn
- Prof. Dr.-Ing. Andreas Lindemann, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

verteidigt am 16. Oktober 2024 an der Technischen Universität Ilmenau

3.4.4 Veröffentlichungen

Zeitschriften- und Konferenzbeiträge

- [1] C. Kempniak und A. Lindemann, „Substantial increase of power cycling capability of SiC MOSFETs after preconditioning“, *CIPS 2024*, S. 611–618, 2024.

- [2] T. Li und A. Lindemann, „Investigating the effect of voltage and current stress on temperature dependent on-state resistance in GaN HEMT power devices“, *CIPS 2024*, S. 62–68, 2024.
- [3] K. Ladentin, A. Lindemann, C. Kempniak und D. Strahringer, „Investigation of the temperature measurement via $V_{SD}(T)$ -method applied to paralleled SiC MOSFET chips during power cycling“, *PCIM Europe 2024: International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management*, S. 1959–1963, 2024.

Dissertationen und Bücher

- [1] F. Wilhelmi, „On the characteristic electrical and thermal properties of beta-phase gallium oxide (β -Ga₂O₃) Schottky diodes in view of their potential application in power electronics“, Diss., Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Magdeburg, 2024. DOI: /10.25673/117172.

Beiträge zu Kolloquien u. a. Vorträge

- [1] C. Kempniak, „Methods for power cycling SiC MOSFETs by considering their threshold voltage instability“, in *Power Semiconductor Reliability Round Table*, März 2024.
- [2] C. Kempniak und A. Lindemann, „Accelerated Qualification of Highly Reliable Chip Interconnect Technology by Power Cycling under Thermal Overload“, in *ECPE Workshop Sinter Technology in Power Electronics*, European Center for Power Electronics, Sep. 2024.
- [3] C. Kempniak und A. Lindemann, „Schwellspannungsinstabilität von SiC-MOSFETs: Physikalisches Verständnis und Auswirkung auf Lastwechseltests“, in *53. Kolloquium Halbleiter-Leistungsbaulemente und ihre systemtechnische Anwendung*, Freiburg i. Br., Nov. 2024.

3.5 Institutsebene

3.5.1 Technische Gremien und Verbände

- Prof. Leidhold:
 - VDE- und ETG-Mitglied
 - IEEE Member (Industrial Electronics Society, Industry Applications Society und Power Electronics Society)
- Prof. Lindemann:
 - Mitgliedschaften und Gremien
 - * Senior Member des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
 - * Chair of Awards Committee der IEEE Power Electronics Society (PELS)
 - * Counselor der IEEE Student Branch „Otto von Guericke“, Magdeburg
 - * Past Chairman 2005–2006 des Joint IAS/PELS/IES German Chapters
 - * Mitglied von VDE und energietechnischer Gesellschaft im VDE (ETG)
 - * Mitglied des Fachbereichs Q1 (Leistungselektronik und Systemintegration) der ETG
 - * Vertrauensdozent des Evangelischen Studienwerkes Villigst
 - Herausgeberschaft, Redaktion
 - * Technical Programme Chair der International Conference on Integrated Power Electronics Systems CIPS, gemeinsam mit Prof. Kaminski
 - * Mitglied verschiedener Konferenz-Komitees, u. a.:
 - Scientific Committee der IEEE ECCE Europe
 - International Steering Committee der European Power Electronics and Drives Association (EPE)
 - Fachbeirat der PCIM (Power Conversion, Intelligent Motion)
 - International Programme Committee des 17. International Seminar on Power Semiconductors (ISPS 2025)
 - * Associate Editor at Large der IEEE Transactions on Power Electronics
 - * Guest Associate Editor des IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics für die Special Issue on the Design and Testing Methods of Power Electronics Components and Circuits
 - * Mit-Herausgeber der Schriftenreihe „MAGdeburger FORum zur Elektrotechnik/Res Electricae Magdeburgenses“
 - Der Lehrstuhl für Leistungselektronik ist ein Competence Centre des European Centers for Power Electronics (ECPE).



- Prof. Vick:
 - Mitglied im Verein Deutscher Ingenieure (VDI)
 - Mitglied der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) im Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE)
 - Mitglied im Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
 - * Senior Member
 - * Mitglied der Electromagnetic Compatibility (EMC) Society
 - Gutachter für die IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility
 - Mitglied der Joint Task Force A-H der International Electrotechnical Commission (IEC)
- Prof. Wolter:
 - Mitgliedschaften und Gremien
 - * IEEE PES Senior Member
 - * VDE
 - * ETG FB V2 Übertragung und Verteilung
 - * BMWi AG Intelligente Netze und Zähler
 - * BMWi AG Systemsicherheit
 - * Executive Board Member IEEE PES German Chapter
 - * Associate Editor des IET Generation, Transmission & Distribution Journal
 - * Editorenboard at-Automatisierungstechnik
 - * Fachausschuss V2.1/FA7.16 Netzregelung und Systemführung
 - * Joint Degree / IEEE Working Group and Voltage Stability
 - * Vice Chair: Dynamic Security Assessment Working Group, IEEE PES Power Systems Dynamic Performance committee



Abbildung 3.27: Brasilianische Doktoranden im Cotutelle-Promotionsverfahren zwischen der OVGU und der UFSM

3.5.2 Kooperationen

Kooperation mit Brasilien¹⁹

Die Partnerschaft zwischen der Bundesuniversität Santa Maria (UFSM) und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OVGU) wurde im Jahr 2024 mit hervorragenden Ergebnissen fortgesetzt und fördert den akademischen und kulturellen Austausch zwischen den beiden Institutionen. Diese langjährige Zusammenarbeit spiegelt sich in der Entwicklung gemeinsamer Projekte wider, die darauf abzielen, Herausforderungen in den Stromversorgungssystemen beider Länder zu bewältigen, wie den Ausbau der Elektromobilität, die Integration erneuerbarer Energien und die Verbesserung der elektrischen Systeme.

Im Jahr 2024 haben sich die Doktoranden Gabriel Maier Cocco, Renata Rodrigues Lautert und Natalia Bastos de Sousa (siehe Abbildung 3.27) offiziell im Rahmen des Cotutelle-Promotionsverfahrens zwischen der OVGU und der UFSM eingeschrieben, nachdem sie ihre Forschungsaufenthalte an der OVGU absolviert hatten. Dies verstärkt die Kooperation zwischen den Institutionen weiter. Frau Sousa war im März 2024 als Gastforscherin an der OVGU, finanziert durch das brasilianische Programm CAPES/Print, und forschte im Bereich der nichttechnischen Verluste im Stromversorgungssystem. Herr Cocco und Frau Lautert hatten ihren Aufenthalt bereits 2023 begonnen.

Ein wichtiger Schritt in der deutsch-brasilianischen Kooperation war der Start des PROBRAL-Projektes im Januar 2024. Vom 15. bis 18. April besuchte eine Delegation von fünf OVGU-Mitgliedern unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter die UFSM in Santa Maria (siehe Abbildung 3.28a), um das PROBRAL-Projekt in Zusammenarbeit mit den brasilianischen Universitäten UFSM und der Universität Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) zu starten. Die LENA-Delegation besuchte auch die Partneruniversität Unisinos in São Leopoldo (siehe Abbildung 3.28b).

Das PROBRAL-Programm, das von CAPES (Brasilien) und dem DAAD (Deutschland) gefördert wird, zielt darauf ab, die Zusammenarbeit zwischen den brasilianischen und deutschen

¹⁹von M. Sc. João Pedro Scherer Cipriani und M. Sc. Mauro dos Santos Ortiz



(a) Besuch an der UFSM



(b) Besuch an der Unisinos

Abbildung 3.28: Fotos der LENA-Delegation in Brasilien

Hochschul- und/oder Forschungseinrichtungen zu stärken, indem es gemeinsame Forschungsprojekte, die Mobilität und kurzzeitige Forschungsaufenthalte von Hochschulangehörigen der beteiligten Partnerinstitutionen fördert und dadurch den Austausch von Studierenden und Dozierenden unterstützt.

Das Projekt soll bis 2027 laufen und eine Infrastruktur für eine geografisch verteilte Echtzeit-Co-Simulation aufbauen, basierend auf den Infrastrukturen der drei Universitäten. Die verteilte Co-Simulation ist ein wichtiges Werkzeug, um eine detaillierte und genaue Modellierung von Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil an stromrichterbasierten Ressourcen zu ermöglichen.



(a) Herr João Pedro S. Cipriani



(b) Herr Dr. Eng. Leonardo N. F. da Silva

Abbildung 3.29: Gastwissenschaftler am LENA-Lehrstuhl ermöglicht durch die deutsch-brasilianische Kooperation

Im Juli 2024 begann Herr João Pedro Scherer Cipriani von der UFSM (siehe Abbildung 3.29a) ebenfalls seinen Forschungsaufenthalt im Rahmen des PROBRAL-Projekts und konzentrierte sich auf die dynamischen Verhältnisse zwischen elektrischen Systemen und netzgebundenen Stromrichtern. Seit Oktober 2024 ist Dr. Eng. Leonardo Nogueira Fontoura da Silva (siehe Abbildung 3.29b) als Gastforscher am LENA tätig und hat gemeinsam mit Herrn Cipriani und dem IT-Team des Lehrstuhls die ersten Schritte zur Implementierung dieser Co-Simulationsinfrastruktur an der OVGU eingeleitet. Zudem hat das Team begonnen, Fallstudien zu identifizieren, die als Grund-

lage für zukünftige Projekte dienen werden und die Expertise der beteiligten Forschungsteams kombinieren.

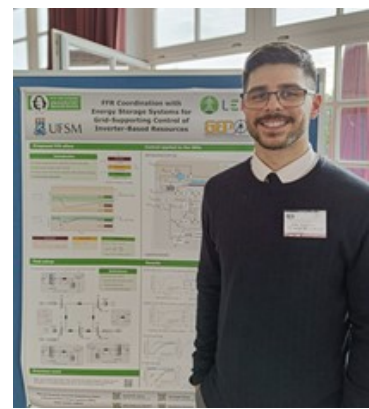
Im Oktober besuchten Prof. Dr. Eng. Maurício Sperandio, der brasilianische Koordinator des PROBRAL-Projekts, Prof. Dr. Paulo Bayard Dias Gonçalves, Leiter des International Offices der UFSM, und Prof. Dr. Ernesto Schulz Lang die OVGU, um die Kooperationsmaßnahmen zwischen UFSM und OVGU weiter voranzutreiben. Ziel des Besuches von Prof. Bayard und Prof. Ernesto war es auch, die strategische Partnerschaft zwischen den Universitäten zu stärken, indem sie die Einrichtung des Brasilien-Deutschland-Kooperationszentrums (Centro de Cooperação Brasil-Alemanha - CCBRAL) an der UFSM vorstellten, dessen Koordinator Prof. Lang ist. Die Delegation traf sich mit Professoren und Forschern der OVGU sowie mit dem Leiter des des Akademischen Auslandsamtes der OVGU, Dr. Uwe Genetzke, und Prof. Dr. rer. nat. Franziska Scheffler, um neue Kooperationsmöglichkeiten, gemeinsame Projekte und Initiativen zur Förderung des Austauschs von Studierenden und Lehrkräften zu diskutieren.



(a) UPEC, Cardiff, Wales



(b) PESS, Dresden



(c) NEIS, Hamburg

Abbildung 3.30: Teilnahme der Gastforscher bei gemeinsamen Konferenzen mit dem LENA-Lehrstuhl

Parallel zu den Forschungsaktivitäten präsentierten mehrere brasilianische Gastwissenschaftler*innen Arbeiten auf Konferenzen (siehe Abbildung 3.30), darunter die NEIS in Hamburg und die UPEC im Vereinigten Königreich, beide im September, sowie die PESS in Dresden im Oktober. Es wurden fünf Konferenzbeiträge und zwei wissenschaftliche Zeitschriftenartikel veröffentlicht, stets in Zusammenarbeit mit Forschern der OVGU, was die Sichtbarkeit der gemeinsamen Studien erhöht und das internationale Ansehen der Kooperation festigt.

Des Weiteren verteidigte Herr Mauro dos Santos Ortiz im November 2024 erfolgreich seine Dissertation und wurde damit der erste Doktorand im Rahmen des Cotutelle-Promotionsverfahrens zwischen der OVGU und der UFSM (siehe Abbildung 3.31). Seine Dissertation, die von Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter (OVGU) und Prof. Dr. Eng. Daniel Pinheiro Bernardon (UFSM) betreut wurde, konzentrierte sich auf die Entwicklung eines Modells zur Projektion der Verbreitung von batterieelektrischen Fahrzeugen im Stromversorgungssystem.

Auch Prof. Dr. Eng. Adriano Peres de Moraes, der im Rahmen des PROBRAL-Projekts zu einem kurzzeitigen Forschungsaufenthalt an der OVGU war, nahm an seiner Verteidigung teil. Das entwickelte Projektionsmodell auf der Basis von Systemdynamiken liefert Ergebnisse sowohl für den brasilianischen als auch für den deutschen Markt. Seit dem Beginn seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am LENA-Lehrstuhl trägt Herr Ortiz zur Forschung und Lehre bei und betreut Studierende in akademischen Projekten.



(a) LENA-Team mit Herrn Ortiz



(b) Herr Ortiz und seine Doktorväter

Abbildung 3.31: Abschluss der Promotion von M.Sc. Mauro dos Santos Ortiz im Rahmen des Cotutelle-Verfahrens zwischen der OVGU und der UFSM

Ausblick auf 2025

Für das kommende Jahr ist der Besuch einer neuen OVGU-Delegation in Brasilien im Februar 2025 geplant. Darüber hinaus sind weitere Dienstreisen brasilianischer Professoren vorgesehen, darunter Prof. Dr. Eng. Humberto Pinheiro, Betreuer der Doktoranden Gabriel Maier Cocco und João Pedro Scherer Cipriani, sowie Prof. Dr. Eng. Luciane Neves Canha, Betreuerin der Doktorandin Renata Rodrigues Lautert. Weitere CAPES-finanzierte Aufenthalte für Sandwich-Promovierenden sind ebenfalls beabsichtigt. Die Partnerschaft zwischen der OVGU und den brasilianischen Universitäten wird weiterhin den Aufbau von Co-Simulationsstrukturen fördern, gemeinsame Forschungen vertiefen und kollaborative Publikationen anregen.

3.5.3 Konferenzen

Dresdner Kreis²⁰

Am 19. und 20. März nahm das LENA-Team an der Konferenz „Dresdener Kreis 2024“ in Duisburg teil. Die Gruppe wurde an der Universität Duisburg-Essen zusammen mit anderen Forschungsgruppen der Technischen Universität Dresden und der Universität Hannover herzlich willkommen geheißen. Der erste Tag umfasste vier Sitzungen für Artikelpräsentationen und Diskussionen, an denen etwa 50 Forscher*innen teilnahmen, die Einblicke in ihre jeweiligen Forschungsbemühungen gaben.

Als Vertreter*innes des LENA-Lehrstuhls hielten zwei wissenschaftliche Mitarbeitende Vorträge über ihre Forschungsthemen. Christoph Andres stellte seine Masterarbeit unter dem Titel „Entwicklung eines induktiven Energieversorgungssystems für einen Teilentladungssensor“ vor. Renata Lautert stellte ihre Doktorarbeit unter dem Titel „Modellierung und Optimierung von

²⁰von M.Sc. Renata Lautert

Blindenergiemanagement für Microgrids“ vor. Später am Abend ging die Gruppe zu einem Abendessen in ein traditionelles deutsches Restaurant.



Abbildung 3.32: Gruppenfoto aller Teilnehmenden des Dresdner Kreises 2024

Am zweiten Tag stand ein Besuch des Stahlwerks der Hüttenwerke Krupp Mannesmann (HKM) auf dem Programm. HKM wurde 1990 gegründet und hat sich auf die Herstellung von Stahlbrammen für Flachprodukte und Rundstahl für Rohre spezialisiert. Die Exkursion begann mit einem Vortrag von Fachleuten, die Einblicke in das Unternehmen und seine elektrische Infrastruktur gaben. Anschließend besichtigte die Gruppe das Werk, um verschiedene Fertigungsprozesse zu beobachten und industrielle Abläufe zu erleben.

Der LENA-Lehrstuhl bedankt sich bei den diesjährigen Organisatoren der Universität Duisburg-Essen für die Gestaltung interessanter und anregender Aktivitäten im Dresdener Kreis. Im nächsten Jahr wird das Treffen der verschiedenen Lehrstühle von der Technischen Universität Dresden ausgerichtet.

T&D Konferenz in den USA²¹

Wir kennen die Herausforderungen, vor denen wir stehen: die Zunahme extremer Wetterereignisse im Zusammenhang mit dem Klimawandel und die tägliche Realität von Cyber-Bedrohungen sowie die gestiegenen Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit und Zuverlässigkeit unseres Netzdesigns. Als Universität versuchen wir seit Jahren, wie wir diese Probleme angehen können. Die IEEE PES T&D Conference and Exposition 2024 in Anaheim ist für die Entfaltung der Leistungsfähigkeit der Industrie und Forschung von entscheidender Bedeutung.

Es gab unzählige Networking-Möglichkeiten mit führenden Expert*innen, bahnbrechende Produkte und Dienstleistungen auf der größten Ausstellungsfläche aller Zeiten bei dieser Messe und eine unvergleichliche, technische Ausbildung. Informationen über Podiumsdiskussionen, Tutorials, sehr informative Sessions und vieles mehr waren weitere Highlights dieser Konferenz.

Der LENA-Lehrstuhl war vom 6. bis zum 9. Mai mit Professor Martin Wolter und Eric Glende vertreten, um Kontakte für Forschungsprojekte zu finden und den neuesten Stand der Forschung und Industrie kennenzulernen. Außerdem wurde die eigene Arbeit aus dem Projekt PROGRESS

²¹von M. Sc. Eric Glende



Abbildung 3.33: T&D-Konferenz in Anaheim

„Erprobung kurativer Entlastungsmaßnahmen in Höchst- und Hochspannungsnetzen“ vorgestellt.

IEEE PES GM 2024²²

Das IEEE PES General Meeting zählt zu den wichtigsten Konferenzen im Bereich der elektrischen Energietechnik und fand dieses Jahr vom 22. bis 25. Juli in Seattle, Washington, statt. Der LENA-Lehrstuhl war mit Prof. Martin Wolter, Herrn Martin Fritsch und Herrn Christoph Andres vertreten.

Herr Martin Fritsch und Herr Christoph Andres präsentierten in der Poster-Session ein Konferenzpaper über das Thema: „Inductive Energy Harvester with Saturation-Controlled Maximum Power Point Tracking“. Dabei handelt es sich um eine entwickelte Methode zur optimalen Auskopplung von magnetischer Feldenergie an einem Mittelspannungskabel, um zukünftig Sensoren für die permanente Netzzustandsüberwachung mit ausreichend Energie versorgen zu können. Die vorgestellte Forschungsarbeit weckte das Interesse zahlreicher Konferenzteilnehmer und führte zu vielen interessanten Gesprächen und Diskussionen mit Wissenschaftlern und Industrievertretern aus aller Welt.

Prof. Martin Wolter leitete ein vierstündiges Panel zum Thema „Machine Learning and Physical-Informed Techniques for Dynamic Security Assessment of Changing Grid Dynamics“. Er eröffnete die Session mit einem interessanten Vortrag über das Thema „Methods to Fast Dynamic Security Assessment“ und konnte dadurch Einblicke in aktuelle Forschungsthemen des LENA-Lehrstuhls geben. Ein Foto der Veranstaltung ist in Abbildung 3.34 gezeigt.

²²von Dr.-Ing. Martin Fritsch

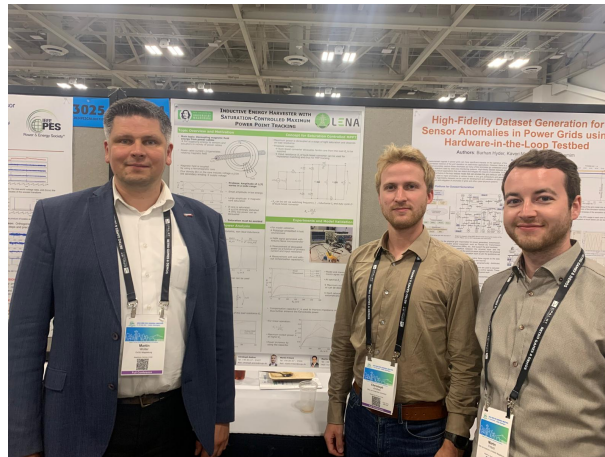


Abbildung 3.34: LENA-Teilnehmende des General Meetings

UPEC in Großbritannien²³

Die diesjährige UPEC Konferenz fand vom 02. bis 06. September 2024 an der Cardiff University in Großbritannien statt. Es war die 59. Ausgabe der internationalen Universities Power Engineering Conference. Der LENA-Lehrstuhl wurde von Renata Lautert und Maja Maletz vertreten.

Beide präsentierten Ihre zuvor eingereichten Konferenzpaper. Frau Renata Lautert hielt einen Vortrag zum Thema „Real-Time Power Dispatch in Grid-Connected Microgrids using Deep Q-Learning“. Dabei wurde eine Methodik zur Optimierung des Betriebs eines Energiespeichersystems in einem Mikronetz mit PV-Erzeugung vorgestellt. Ziel ist es, die Gesamtkosten zu senken und die Netzstabilität durch die Anwendung des Deep-Q-Network-Algorithmus zu erhalten.



Abbildung 3.35: LENA bei der UPEC-Konferenz in Cardiff

Die zweite Präsentation des LENA-Lehrstuhls wurde von Frau Maja Maletz zum Thema „Analysis of the Expansion Plan for Renewable Electrical Energy“ gehalten. Das Kernthema der Forschungsarbeit ist die Untersuchung, ob Deutschland mit der aktuellen Ausbaugeschwindigkeit

²³von M. Sc. Maja Maletz

3 Forschung

von erneuerbaren elektrischen Energiequellen den Zielen aus dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG 2023) gerecht werden kann. Die vorgestellten Ergebnisse weckten das Interesse anderer Konferenzteilnehmer, wodurch es im Anschluss an die beiden Vorträge zu spannenden Fragen und Diskussionen mit Forschenden aus anderen Ländern kam.

Neben den insgesamt rund 120 Präsentationen von Wissenschaftlern aus über 30 Nationen stand der wissenschaftliche sowie kulturelle Austausch im Mittelpunkt der UPEC. Die Teilnehmenden bekamen die Möglichkeit sich international zu vernetzen und neue Sichtweisen auf verschiedene Forschungsthemen im Bereich der elektrischen Energietechnik zu erhalten.

Der LENA-Lehrstuhl bedankt sich bei den diesjährigen Organisatoren der Cardiff University für die gelungene Realisierung der UPEC 2024. Im nächsten Jahr wird die UPEC Anfang September 2025 an der Brunel University London stattfinden.

LENA bei der NEIS 2024 in Hamburg²⁴

Die NEIS 2024 Konferenz über nachhaltige Energieversorgung und Energiespeicherung fand am 16. und 17. September 2024 an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg, Deutschland, statt. Der LENA-Lehrstuhl wurde vertreten durch Christoph Sauer und João Pedro Cipriani vertreten.

Christoph Sauer hielt einen Vortrag zum Thema „Instantaneous Reserve Implementations: Method for Testing Worst-Case Resilience Scenarios“. In diesem Beitrag wird ein neuartiger Ansatz zur Bewertung der Netzstabilität durch die Integration eines Knotenmodells, eines Marktmodells und eines Modells für einen realen kleinen Umrichter vorgestellt. Er konzentriert sich auf das Verhalten von Batteriespeichersystemen unter verschiedenen Szenarien und hebt die Bedeutung der Marktteilnahme von Speicherlösungen für die Frequenzstabilisierung hervor. Die Ergebnisse zeigen auch, dass Implementierungsfaktoren, wie z. B. die Dämpfung in virtuellen Synchronmaschinen, die Systemreaktionen unter extremen Bedingungen erheblich beeinflussen können.



Abbildung 3.36: Teilnehmende der NEIS-Konferenz in Hamburg

João Pedro Cipriani präsentierte ein Poster zum Thema „FFR Coordination with Energy Storage Systems for Grid-Supporting Control of Inverter-Based Resources“. Zusammen mit

²⁴von M. Sc. João Pedro Cipriani

dem Hauptautor, Gabriel Cocco, stellen sie einen neuen Ansatz für einen mit einem Batterie-Energiespeichersystem (BESS) koordinierten DC-Bus-Spannungshilfsregler vor, der erfolgreich durch Simulationen getestet wurde und seine Effektivität bei der Bewältigung von Stromunterbrechungen in erneuerbaren Mikronetzen bewiesen hat. Die Posterpräsentation regte Diskussionen über die Qualifizierung von Fast Frequency Response und die Energiemärkte an.

Diese jährlich stattfindende Konferenz ist ein wichtiges Forum für Wissenschaftler, um Schlüsselaspekte nachhaltiger Energiesysteme zu diskutieren, wobei der Schwerpunkt auf Methoden und praktischen Ansätzen für die Planung und das Management von Energiesystemen liegt. Auf der Konferenz wurden mehr als 30 Vorträge von Forschern aus verschiedenen Disziplinen gehalten. Die Konferenz förderte ein kollaboratives Umfeld, das es den LENA-Mitgliedern ermöglichte, sich mit Forschern auszutauschen, die an ähnlichen Themen arbeiten. Es gab ein bemerkenswertes Interesse an der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie, was die Diskussionen und Networking-Möglichkeiten bereicherte.

Die Teilnehmenden genossen auch eine geführte Bootsfahrt im Hafen, die ihnen die Möglichkeit bot, Kontakte zu knüpfen und Hamburgs reiche Geschichte und logistische Infrastruktur zu erkunden. Der NEISbear, das Maskottchen der Konferenz, brachte ein spielerisches Element in die Veranstaltung ein und diente als Erinnerung an die anhaltenden klimatischen Herausforderungen und die Bedeutung der Reduzierung der Auswirkungen von Energieerzeugung, -übertragung und -nutzung.

Der LENA-Lehrstuhl dankt den Organisatoren für eine erfolgreiche NEIS-2024-Konferenz und freut sich auf zukünftige Möglichkeiten der Zusammenarbeit.

LENA bei der ISGT Europe 2024 in Dubrovnik²⁵

Die IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) Europe 2024 ist eine Leitkonferenz, die vom 14. bis 17. Oktober in Dubrovnik, Kroatien stattfand und sich auf die neuesten Entwicklungen, Trends und Innovationen im Bereich der intelligenten Stromnetze konzentriert. Sie bietet eine zentrale Plattform, um die Zukunft des modernen Stromnetzes zu gestalten. Jährlich bringt die Konferenz Expert*innen, Ingenieur*innen und Wissenschaftler aus aller Welt zusammen, um ihre Forschungsergebnisse zu präsentieren, Erfahrungen auszutauschen und gemeinsam an Lösungen für die Netzmodernisierung zu arbeiten.

Christoph Sauer vertrat in diesem Jahr den LENA Lehrstuhl und stellte seine Arbeit mit dem Titel „Development of an Instantaneous Reserve Market and Storage Park Based on Inertia Safety Levels“ vor. In seiner Forschung beleuchtet er den Wandel der deutschen Energielandschaft, insbesondere den Wegfall von rotierenden Massen durch den Ausstieg aus konventionellen Kraftwerken. Dadurch entsteht ein zukünftiger Bedarf an Momentanreserve, die künftig über Umrichtersysteme bereitgestellt werden muss. Sein Beitrag bietet zudem Einblicke in die Kosten für den Aufbau eines Marktes für Momentanreserve und die Errichtung eines Speicherparks, der diese Reserve sicherstellen soll.

Außerdem wurde die Forschungsarbeit unseres brasilianischen Kollegen, der derzeit den LENA-Lehrstuhl unterstützt, Leonardo Nogueira Fontoura da Silva, mit dem Titel „Innovative Strategy for the Socioeconomic Variables Impact Evaluation on Non-Technical Losses“ von seinem Kollegen Vinicius J. Garcia in einer Postersitzung vorgestellt. In dieser Arbeit wird eine Methode für die geografische Analyse nicht-technischer Verluste (NTL) im Stromverteilungssektor vorgestellt, die sozioökonomische und technische Verteilungsdaten integriert, um Energiediebstahl und Anschlussbetrug effizienter zu identifizieren. In einer brasilianischen Fallstudie verbesserte die

²⁵von M. Sc. Christoph Sauer



Abbildung 3.37: Nizam Halawi (links) von der Technischen Universität Ilmenau und Christoph Sauer (rechts) zu Besuch bei der ISGT.

Methode die Merkmalsauswahl und erhöhte die Indizes der gegenseitigen Information und der Spearman-Korrelation erheblich.

Die IEEE PES ISGT Europe Konferenz ist eine jährlich stattfindende Plattform. In diesem Jahr kamen 571 Autor*innen zusammen, um ihre Forschungsergebnisse zu präsentieren. Insgesamt gab es 433 Präsentationen, während der Rest der Arbeiten in einer umfangreichen Poster-Session vorgestellt wurde. Der LENA-Lehrstuhl dankt den Organisatoren für eine erfolgreiche ISGT-2024-Konferenz und freut sich auf zukünftige Konferenzteilnahmen.

LENA bei der PESS 2024 in Dresden²⁶

Der diesjährige IEEE Power and Energy Student Summit (PESS) fand vom 21. bis 23. Oktober 2024 im historischen Stadtzentrum von Dresden statt. Die Veranstaltung, die im gemütlichen Rahmen des Studierendenclubs Bärenzwinger stattfand, bot Studierenden der Energie- und Elektrotechnik eine ideale Plattform für intensive Diskussionen und Networking. Der LENA-Lehrstuhl wurde mit Dr. Leonardo Nogueira Fontoura da Silva, Gastwissenschaftler, sowie den Studierenden Renata Rodrigues Lautert und João Pedro Scherer Cipriani vertreten (siehe Abbildung 3.38).

Am ersten Tag hielt Dr. Leonardo Fontoura einen Hauptvortrag mit dem Titel „Power Systems in the Energy Transition“. Die Präsentation konzentrierte sich auf vier Hauptaspekte: Motivation und Entwicklung der globalen Energiewende, Aspekte des brasilianischen Energiesystems, einige Trends und Entwicklungen für eine nahezu 100-prozentige Umstellung auf erneuerbare Energien sowie die Hauptziele der Partnerschaft zwischen OVGU und UFSM.

Dr. Leonardo Fontoura präsentierte außerdem das Papier „Analysis of the Spatial Distribution of Electricity Theft: Case Study for Delimiting the Inspection Area“ (Fallstudie zur Abgrenzung des Kontrollbereichs) vor, das von Natalia Bastos de Sousa, einer Kollegin von LENA, entwickelt wurde. In diesem Papier wurde auf der Grundlage der historischen Datenbank für nichttechnische Verluste eines brasilianischen Versorgungsunternehmens nach Clustern von Stromdiebstahl gesucht. Es war der erste Schritt von Natalias Doktorarbeit, die sich auf die Bestimmung der Korrelationen zwischen nicht-technischen Verlusten und sozioökonomischen Variablen konzentriert, die für ein Modell zur Erkennung von Energiediebstahl verwendet werden.

²⁶von M. Sc. Christoph Sauer



Abbildung 3.38: João Pedro Scherer Cipriani, Renata Rodrigues Lautert und Dr. Leonardo Nogueira Fontoura da Silva auf der PESS in Dresden.

Frau Renata Lautert präsentierte ihr Papier „Smart Contracts and Transactive Energy in Micro-grid Energy Management - A Review“. Sie untersucht Microgrids als Lösung zur Verbesserung der Qualität und Flexibilität des Stromnetzes und analysiert Energiemanagementsysteme zusammen mit transaktiver Energie als neues Geschäftsmodell. Obwohl dieses Modell besondere Herausforderungen mit sich bringt, erleichtern intelligente Verträge und Blockchain-Technologien die Energietransaktionen und erhöhen die Sicherheit und Zuverlässigkeit für alle beteiligten Parteien.

João Pedro Cipriani war Mitautor des Vortrags „Employing a Reduced Component Count Inverter Fed by Multiple Sources for Grid Support“ (Einsatz eines Wechselrichters mit reduzierter Komponentenanzahl, der von mehreren Quellen zur Netzunterstützung gespeist wird), der hauptsächlich von Gabriel Cocco, einem weiteren Kollegen am LENA-Lehrstuhl, verfasst wurde. Im Kontext eines wechselrichterbasierten Netzes, bei dem selbst kleine Wechselrichter Netzdienstleistungen erbringen und mehrere Quellen integrieren sollen, wird in dem Beitrag ein Wechselrichter mit neun Schaltern und mehreren Eingängen (9S-MISSI) mit einer reduzierten Anzahl von Komponenten vorgestellt. Zusammen mit einer modellprädiktiven Regelungsstrategie zeigt diese Topologie vielversprechende Anwendungen für erneuerbare Energiesysteme.

Im Rahmen der Konferenz besuchten die Teilnehmenden auch die Einrichtungen der High-volt Prüftechnik Dresden GmbH. Dieses Unternehmen, dessen Wurzeln bis in das Jahr 1904 zurückreichen, ist für seine Innovationen im Bereich der Hochspannungsprüfgeräte bekannt.

Die Konferenz bot ein hervorragendes Umfeld für Interaktion und Zusammenarbeit und ermöglichte es den LENA-Mitgliedern, sich mit anderen Forschern auf diesem Gebiet auszutauschen. Die historische Kulisse von Dresden bereicherte die Erfahrung zusätzlich und bot den Teilnehmenden die Möglichkeit, das kulturelle Erbe der Stadt zu erkunden. Der LENA-Vorsitzende bedankt sich beim IEEE PES Germany Chapter für eine gut geplante und angenehme Konferenz und freut sich auf zukünftige Veranstaltungen.

LENA hybrid bei der SEPOC 2024 in Santa Maria, Brasilien²⁷

Das 16. Seminar über Leistungselektronik und -steuerung (SEPOC 2024) fand vom 20. bis 23. Oktober 2024 an der Bundesuniversität Santa Maria (UFSM) in Brasilien statt. Diese Konferenz im Hybridformat befasst sich mit Fortschritten in der Leistungselektronik und -steuerung, wobei das Thema 2024 „Intelligente Energiesysteme für die Zukunft: Optimizing Control and Efficiency“ (Optimierung von Steuerung und Effizienz), bei dem es um Innovationen in den Bereichen Steuerungssysteme, intelligente Netze und Energieeffizienz geht.

Die Veranstaltung bringt internationale Akademiker*innen, Fachleute aus der Industrie und Studierende zusammen, um Themen wie die Zuverlässigkeit elektrischer Netze, die Rolle von Microgrids und die Energieeffizienz in industriellen Anwendungen zu erforschen. Die SEPOC 2024 bietet eine wertvolle Plattform für den Wissensaustausch, technische Diskussionen und professionelles Networking. Die Teilnehmenden hatten die Möglichkeit, an Präsentationen, Podiumsdiskussionen und Fachbeiträgen teilzunehmen, in denen die neuesten Forschungen und Entwicklungen im Bereich der Leistungselektronik und Steuerungssysteme vorgestellt wurden.

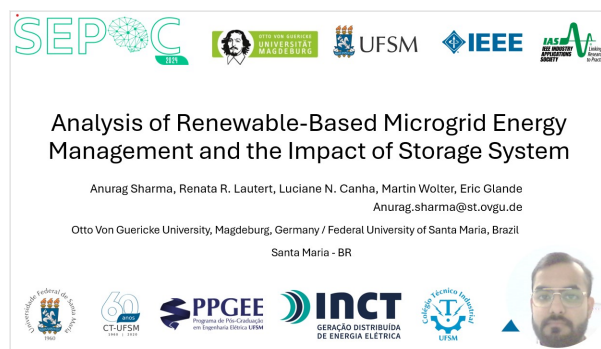


Abbildung 3.39: Wissenschaftlicher Beitrag von Anurag Sharma in hybrider Form

Diese Veranstaltung fand im Hybridformat statt. Anurag Sharma, Masterstudent des LENA-Lehrstuhls, präsentierte das Papier mit dem Titel „Analysis of Renewable-Based Microgrid Energy Management and the impact of storage system“ in einer Hybridform. In der Arbeit wurde eine Methodik für das Energiemanagement in Mikronetzen vorgestellt, indem zwei Szenarien verglichen wurden, eines mit und eines ohne Batteriespeichersystem. Im ersten Szenario wurde die Flexibilität des Systems erhöht und die Betriebskosten im Zusammenhang mit Netztransaktionen gesenkt. Ziel ist es, die Flexibilität zu erhöhen, den CO₂-Fußabdruck und die Kosten zu reduzieren und den Übergang zu nachhaltigen Energiesystemen zu unterstützen.

ISGT Asia²⁸

Die 13. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Asia Conference ist eine IEEE-PES-Flaggschiff-Konferenz, die in Asien organisiert wird. Die IEEE PES ISGT 2024 wurde von der IEEE Power & Energy Society gesponsert und vom IEEE PES Bangalore Chapter vom 10. bis 13. November 2024 in Bengaluru, Indien, durchgeführt. Die IEEE PES ISGT 2024 Asia war ein Treffpunkt für Vertreter*innen von Energieversorgungsunternehmen, der Industrie, von Anbietern und Dienstleistern, von Hochschulen sowie von Forschungs- und Entwicklungsorganisationen.

Die Konferenz bietet eine Plattform für den Austausch von Erfahrungen, neuen Ideen und Grundlagentechnologien, um die enormen Herausforderungen zu bewältigen, denen sich die

²⁷ von M. Sc. Renata Lautert

²⁸ von M. Sc. Eric Glende

Strom- und Energiebranche angesichts der Dekarbonisierung und der Integration eines hohen Anteils erneuerbarer Energiequellen in die künftigen Stromnetze stellen muss.

Von dem LENA Lehrstuhl war Eric Glende vertreten mit einer wissenschaftlichen Veröffentlichung, die den Titel „Detection of circular transformer flows“ trägt (siehe Abbildung 3.40). Dieses Forschungsthema beschäftigt sich mit der Leistungsflusszerlegung, die in Europa primär für die Identifikation von Loop Flows genutzt wird. Speziell werden die Effekte von Transformatoren untersucht und eine Methode vorgestellt, wie diese identifiziert werden können.



Abbildung 3.40: Eric Glende während seiner Präsentation in Bengaluru

Auf der Konferenz konnten zahlreiche Kontakte geknüpft und neue Forschungsergebnisse aus Asien identifiziert werden, die in den eigenen Forschungsschwerpunkten helfen werden und neue Denkanstöße geliefert haben. Neben zahlreichen interessanten Panel- und Paper-Sessions wurde auch für traditionell indisches Essen gesorgt und es gab ein kulturelles Abendprogramm mit typisch indischen Tänzen.

