

Liebe ehemalige und jetzige LEAner/innen, liebe Förderer des Fachgebiets LEA!

Herzlich willkommen zur 19. Ausgabe unseres LEAiD-Newsletters. Nachdem coronabedingt der Newsletter in den letzten beiden Jahren leider ausgefallen ist, freuen wir uns umso mehr euch wieder in diesem Jahr mit einem LEAiD-Update versorgen zu können. Das Vorwort mit den Informationen über die UPB, fällt wieder kurz aus, weil ich sie als Ehemaliger eher aus „größerer Flughöhe“ sehe. Informationen über das Institut für ET folgen, verfasst von Hr. Böcker und, über LEA, verfasst von unserem Oberingenieur O. Wallscheid. Daran anschließend findet ihr eine Übersicht der zahlreichen neuen Mitarbeiter bei LEA sowie kurze Steckbriefe über aktuelle (öffentlich-geförderte) Forschungsprojekte am Fachgebiet.

Das kommende LEAiD Symposium findet am 20. Mai 2022 bei der Volkswagen AG in Baunatal statt. Auch zum 19. LEAiD-Symposium hoffen wir bzw. ich auf eine rege Beteiligung. Die vollständige Einladung inkl. Agenda befindet sich gegen Ende des Newsletters. Ich wünsche euch Kreativität, Schaffenskraft, Ausdauer neben einem guten η.

Mit freundlichen Grüßen
Für den Vorstand

Norbert Fröhleke

Neuigkeiten im Institut

Die Professur „Regelungs- und Automatisierungstechnik“ (RAT), die seit dem Weggang von Kollege Quevedo zurück nach Australien schon seit dem Sommersemester 2020 vakant ist, könnte nun bald wieder besetzt werden. Ein Ruf wurde erteilt, aber noch nicht angenommen. Mit etwas Glück könnte der oder die Nachfolgerin bereits zum Wintersemester den Dienst antreten. Zur Überbrückung hat im Übrigen unser Oliver Wallscheid neben seinen anderen Aktivitäten diese Professur seit dem Wintersemester 2020 vertreten und nicht nur die regelungstechnischen Lehrveranstaltungen abgedeckt, sondern auch gleich ein paar Projekte im Rahmen dieser Professur eingeworben.

Herr Wallscheid erhielt zudem in 2020 den Forschungspreis der Universität Paderborn und wurde zusätzlich im letzten Jahr in das Junge Kolleg der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste aufgenommen. Das ist eine schöne Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen.

Ein beachtlicher Erfolg gelang Kollege Scheytt, Fachgebiet Schaltungstechnik, als einem der

Hauptantragsteller mit dem erfolgreichen Großgeräteantrag zur Erforschung von Quantentechnologien (PhoQSNet).

Traurige Nachricht über das Ableben von Prof. Meerkötter erreichte uns im März dieses Jahres. Kollege Meerkötter leitete das Fachgebiet Nachrichtentheorie bis 2009 und war von 1991 bis 1993 sowie von 2004 bis 2006 Dekan der Fakultät EIM. Wie bekannt sein sollte, wurden noch kurz vor dem Jahreswechsel die beiden LEA-Nachfolgeprofessuren „Leistungselektronik“ (LE) und „Elektrische Antriebssysteme“ (EA) ausgeschrieben. Die ersten Vorstellungsvorträge sollen nun Anfang Mai stattfinden. Wir hoffen, dass die Besetzungsverfahren effizient durchgeführt werden können.

Dissertationen bei LEA

Im vergangenen Berichtszeitraum gab es eine Promotionsprüfung zu verzeichnen. Ende 2020 verteidigte Carsten Henkenius seine Arbeit mit dem Titel „Entwurf netzfreundlicher Synchrongleichrichter mit integriertem Synchronwandler“.



Abb. 1: Promovend Carsten Henkenius mit Doktorhut

19. LEAiD Symposium

Das diesjährige LEAiD-Symposium findet am 20.05.2022 bei unserem diesjährigen Gastgeber, der Volkswagen AG, in Baunatal statt. Die Anschrift lautet: Dr. Rudolf-Leiding-Platz 1, 34225 Baunatal. Bitte denkt bei der Anreise an einen zeitlichen Puffer, da die Wege auf dem Volkswagenengelände etwas länger sind sowie eine persönliche Anmeldung an der Pforte erfolgen muss. Neben den sicher interessanten Vorträgen wird auch die

jährliche Mitgliederversammlung unseres Vereins durchgeführt. Im Anschluss wollen wir die Möglichkeit des geselligen Beisammenseins nutzen. Dieser wird in unmittelbarer Nähe zum Werksgelände im Brauhaus Knallhütte stattfinden.

Für den Zutritt zum Werksgelände ist eine verbindliche Anmeldung notwendig, **wir bitten daher bis spätestens zum 17.05. um Rückmeldung.** Im Rückmeldeformular wird zudem das Interesse an einer (kleinen) Werksführung im Vorfeld des Symposiums abgefragt, welche wir aktuell noch mit den Kollegen bei VW abstimmen und den Interessierten hierzu zu einem späteren Zeitpunkt gesonderte Informationen zukommen lassen.

Tagesordnung

13:30-14:00: Treffen im Versammlungssaal Sektor 6 (1. OG, Zugang Sektor 7 – Anfahrtsskizze)

14:00-14:30 Eröffnung der Veranstaltung und Grußworte

14:30-15:00 Mitgliederversammlung

1. Feststellen der Beschlussfähigkeit
2. Wahl der Versammlungsleitung
3. Wahl der Protokollführung
4. Bericht des Vorstandes
5. Wahl der Kassenprüfer (2022/23)
6. Entlastung des Vorstandes (2020/21)
7. Verschiedenes

15:00-15:30 Kaffeepause

15:30-16:00 Fachvortrag 1: Dr. Frederic Blank, „DC-INDUSTRIE – der Wegbereiter für offene Gleichstromnetze in der Fabrikautomation“ (KEBA Industrial Automation Germany)

16:00-16:30 Fachvortrag 2: Marc Brügge-
mann, „Co-Simulation zur Ermittlung von ober-
schwingungsbedingten Zusatzverlusten in der
E-Maschine bei PWR-Betrieb“ (Volkswagen AG)

16:30-17:00 Kaffeepause

17:00-17:30 Fachvortrag 3: Mario Peña, „Model-
predictive direct self-control for permanent magnet
synchronous drives“ (Uni Paderborn)

17:30-18:00 Bekanntgabe des LEAiD Awards
mit anschließender Fachpräsentation der Arbeit

im Anschluss Gemeinsamer Ausklang im
Brauhaus Knallhütte

Neue Mitarbeiter



Seit November 2019 verstärkt Herr **Henrik Bode** das LEA-Team zunächst als wissenschaftliche Hilfskraft, seit Oktober 2020 ist er zu jeweils 50 % als WiMi für LEA sowie für die Technikdidaktik tätig. Zuvor hat er seinen Bachelor und Master als Wirtschaftsingenieur (Schwerpunkt Elektrotechnik) in Paderborn mit einem Auslandsaufenthalt an der Witwatersrand-Universität in Johannesburg absolviert. Am Fachgebiet LEA hat er zunächst am Forschungspreis-Projekt „OpenModelica Microgrid Gym (OMG)“ zur Entwicklung einer Softwaretoolbox zur Simulation und Regelungsoptimierung von Microgrids im gearbeitet, während er sich jetzt im Rahmen des BMBF-Projektes „A:RT-D Grids“ mit nachhaltigen Systemen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung in ländlichen Regionen Afrikas beschäftigt.



Seit November 2021 verstärkt Herr **Daniel Filipovic** das Fachgebietsteam als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Zuvor hatte er seinen Bachelor und Master an der Fachhochschule Aachen mit dem Schwerpunkt Automatisierungs- und Antriebstechnik absolviert. Seine Masterarbeit

zum Thema „Optimierung der Lasertracker-Position für einen dynamischen Messprozess unter Berücksichtigung von Prozessschranken“ fertigte Herr Filipovic am WZL der RWTH Aachen an. Nach dem Studium arbeitete er als Softwareingenieur bei der Eickhoff Bergbautechnik GmbH in Bochum. Er war für die Software und die Visualisierung einer Gewinnungsmaschine verantwortlich. Am Fachgebiet LEA wird Herr Filipovic am Forschungsprojekt „PV-2-Heat to Mongolia“ arbeiten.



Herr **Nikolas Förster** verstärkt seit Januar 2020 das LEA-Team. Herr Förster hat sich im Studium u.a. auf den Bereich der Leistungselektronik spezialisiert. Nach einer Beschäftigung als Entwicklungsingenieur in der Industrie bearbeitet Herr Förster nun das EFRE-Projekt „Gesicher-

te Industrielle Stromversorgung für Micro- und Smart-Grids“. In dem dreijährigen Drittmittelprojekt wird untersucht in wie weit der Batteriespeicher einer unterbrechungsfreien Stromversorgung auch zur Netzunterstützung bzw. dessen Speicher für die Energiewende genutzt werden kann. Besonderes Augenmerk liegt auf der Optimierung der Leistungselektronik.



Seit Dezember 2021 unterstützt Herr **Barnabas Haucke-Korber** das Fachgebiet LEA als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Nach seiner Ausbildung zum Industrietechnologen für Automatisierungstechnik und einjähriger Beschäftigung bei der Siemens AG studierte er an der

Technischen Hochschule Nürnberg - Georg-Simon-Ohm. Während seines Masterstudiums arbeitete er am Institut für leistungselektronische Systeme (ELSYS) der Hochschule und forschte im Bereich der modellbasierten prädiktiven Regelung von elektrischen Antriebssystemen. Anschließend war Herr Haucke-Korber für die Software-Entwicklung von eingebetteten Systemen zur Regelung von elektrischen Antrieben bei der Kübrich Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG (jetzt KARING GmbH) verantwortlich. Während seiner Tätigkeit an der Universität Paderborn forscht Herr Haucke-Korber im Rahmen eines Drittmittel geförderten DFG-Projekt an der optimalen Regelung von elektrischen Antrieben mit Reinforcement Learning.



Herr **Lukas Hölsch** verstärkt seit März 2022 das Team LEA als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Zuvor hatte er seinen Bachelor und Master an der Hochschule Konstanz mit den Schwerpunkten Leistungselektronik und Regelungstechnik absolviert. Seine Masterarbeit zum Thema „Be-

wertung der modulationsabhängigen Verluste in permanenterregten Synchronmaschinen mittels Co-Simulation“ fertigte Herr Hölsch bei LEA an. Am Fachgebiet beschäftigt sich Herr Hölsch mit der Co-Simulation elektrischer Antriebe. Sein Fokus liegt dabei auf der Modellierung und Minimierung der Verluste im Antriebsstrang von permanenterregten Synchronmaschinen mit ausgeprägter Anisotropie. Ziel seiner Forschung ist die Optimierung der Betriebsstrategie des Antriebsumrichters und der permanenterregten Synchronmaschine in Bezug auf den Gesamtwirkungsgrad.



Herr **Jarren Lange** verstärkt seit Januar 2020 das LEA-Team. Herr Lange hat zuvor seinen Bachelor, Master und PhD an der Universität Witwatersrand, Johannesburg, Süd Afrika abgeschlossen und sich dort u.a. den Bereichen von Blitz-Physik und Dezentrale Energiesysteme spezialisiert. Nun bearbeitet Herr Lange auf das

Aufbau des EFRE-Projekts „Microgrid-Labor“. Neben der allgemeinen Inbetriebnahme des neuen Forschungslabors richtet sich das besondere Augenmerk von Herrn Lange auf die Verbesserung hochdynamischer Regelungsalgorithmen für dezentrale Umrichtersysteme unter Nutzung von modellprädiktiven Ansätzen.



Herr **Mario Peña** ist seit Oktober 2019 Mitglied des LEA-Teams. Herr Peña hat zuvor seinen Bachelor-Abschluss in Maschinenbau an der Universität Oviedo und seinen Master-Abschluss in Elektrotechnik an den Universitäten Oviedo, Rom und Nottingham im Rahmen des Erasmus

Mundus STEPS-Programms absolviert, wo er sich u.a. auf den Bereich des nachhaltigen Verkehrs spezialisiert hat. Nach Abschluss eines Praktikums bei der Audi AG in Ingolstadt arbeitet Herr Peña nun an einem Industrieprojekt, bei dem Regelungsstrategien für elektrische Maschinen in Traktionsanwendungen entwickelt werden. Der Hauptteil seiner Arbeit befasste sich mit der Einführung einer Strategie, die auf der Methode der direkten Selbststeuerung basiert, um eine maximale Spannungsausnutzung zu erreichen und das Drehmoment und die Leistung zu erhöhen, während gleichzeitig eine hohe dynamische Leistung und Robustheit beibehalten wird.



Herr **Till Piepenbrock** verstärkt seit März 2022 das LEA-Team als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Zuvor hat er seinen Bachelor und Master in Elektrotechnik an der Universität Paderborn absolviert. Nach dem Beenden seiner Masterarbeit zum Thema „Automated FEM Transformer Design for

a Dual Active Bridge“ am Fachgebiet LEA wird Herr Piepenbrock auch in Zukunft an Magnetikkomponenten der Leistungselektronik forschen. Im DFG-Projekt „Magnetische Komponenten für die Leistungselektronik im Megahertz-Bereich am Beispiel eines LLC-Wandlers“ liegt der Fokus auf der Berücksichtigung von Wellenphänomenen in Ferritkernen. Diese Phänomene sollen in dem dreijährigen Drittmittelprojekt simulativ und im Labor untersucht werden.



Herr **Michael Robrecht** verstärkt seit Dezember 2021 als Laboringenieur das LEA-Team. Nach seiner Ausbildung als Meß- und Regelmechaniker und mehrjähriger Tätigkeit als Facharbeiter studierte Herr Robrecht Elektrotechnik an der Universität Paderborn. Sein Studium schloss Herr

Robrecht mit einer Diplomarbeit zur Simulation elektrischer Schaltungen mittels Wellendigitalfiltern bei LEA ab. Es folgte eine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Mechatronik Laboratorium der Universität Paderborn (MLaP) unter der Leitung von Prof. Lückel. Der Fokus der Arbeiten lag dabei auf der Analyse, der Synthese und der Modellbildung mechatronischer Systeme der Feinwerktechnik.

Als leitender Angestellter der iXtronics GmbH war Herr Robrecht in den letzten Jahren für die Entwicklung von Echtzeithardwaresystemen für mechatronische Systeme verantwortlich. Im Rahmen der Arbeiten entstand eine Serie von Echtzeitsystemen basierend auf verschiedenen Mikroprozessoren und auch SoC-FPGAs, incl. Peripherieboards.



Herr **Maximilian Schenke** unterstützt das LEA-Team seit März 2020. Bereits während seines Studiums an der Universität Paderborn war er dem Fachgebiet LEA verbunden und absolvierte dort seine Bachelor- und Masterarbeit. Für seine studentischen Arbeiten bei LEA konnte er 2018 den

MINT Award Technik sowie 2019 den DRIVE-E Award gewinnen. Darüber hinaus konnte er die Unterstützung des Paderborner Kreistages für sich gewinnen, der die Anfertigung seiner Masterarbeit mit einem Stipendium unterstützte. Der Forschungsschwerpunkt von Herrn Schenke liegt auf der Regelung elektrischer Antriebe mittels des Reinforcement Learning. Dabei handelt es sich um einen Ansatz aus dem Bereich des maschinellen Lernens der in echtzeitfähigen Systemen bisher noch wenig Anwendung gefunden hat und angemessene Verfahren für die Implementierung in sicherheits- und zeitkritischen Systemen erfordert.



Seit April 2021 unterstützt Herr **Dominik Schmies** das Team LEA. Sein Studium als Diplom-Wirtschaftsingenieur absolvierte er 2011 mit seiner Diplomarbeit zur digitalen Regelung eines netzfreundlichen Pulsleichrichters (PFC) ebenfalls am Fachgebiet LEA. Nach seinem Studium

war Herr Schmies in der Softwareentwicklung für Zentralwechselrichter bei der SMA Solar-technology AG sowie in der Leistungselektronik-Entwicklung der Heidelberger Druckmaschinen AG beschäftigt. Seine Tätigkeit umfasste die Entwicklung der Software und Regelung verschiedener Wechselrichter und DC-DC-Wandler. Sein Forschungsschwerpunkt bei LEA ist der Aufbau und die Inbetriebnahme eines Microgrid-Labors.



Herr **Daniel Urbaneck** ist seit August 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei LEA. Nach seinem Bachelorstudium der Elektrotechnik an der FH Bielefeld hat er sich während seines Masterstudiums an der Universität Paderborn auf den Bereich der Leistungselektronik fokussiert.

Nach seiner Masterarbeit bei LEA über optimierte Pulsmuster für einen Resonanzwandler, folgte im Anschluss die Arbeit an dem BMBF-Projekt ForLab. Im Rahmen dieses Projekts entwickelte und fertigte er einen Doppelpulsprüfstand zur Charakterisierung der Schaltvorgänge von WBG-Halbleitern sowie einen kalorimetrischen Prüfstand zur präzisen Erfassung der Verlustleistungen von einzelnen Komponenten sowie Gesamtsystemen. Zudem beschäftigt er sich mit der Analyse und Auslegung von primärseitig kapazitiv geschalteten Resonanzwandlern mit Anwendungen im Automobilbau. Diese neuartige Betriebsweise ermöglicht den Aufbau kostengünstiger und robuster Gleichspannungssteller.

Infrastrukturprojekte bei LEA

In 2019 konnten mit dem „Microgrid-Labor“ sowie dem „ForLab PE“ zwei Infrastrukturprojekte eingeworben werden, welche zusammen ein För-

dervolumen von rund 5 Mio. EUR umfassen. Diese haben maßgeblich dazu beigetragen, dass die Laborausstattung sowie Installationsinfrastruktur der IW-Halle in den letzten Jahren umfassend erneuert und aufgewertet wurden. Nachfolgend werden kurze Zusammenfassungen dieser beiden für LEA besonders herausragenden Projekte vorgestellt.

EFRE.NRW: Microgrid-Labor: Die Energieinfrastruktur der Zukunft

Effiziente und klimaschonende Energienutzung gehört bereits heute in vielen Unternehmen zum Standardrepertoire. Doch die Arbeit ist noch nicht getan: Die Bewegung in der Energiewelt hin zu einem optimierten Gesamtsystem wird in Zukunft weitere Herausforderung für das Zusammenspiel aller Komponenten, vom Unternehmen über den Netzbetreiber bis zum Energieerzeuger stellen. Die verantwortlichen Mitarbeiter*innen müssen sich schon jetzt mit den Möglichkeiten der Energie-Zukunft befassen, um eine betriebssichere und preisgünstige Energieversorgung zu realisieren und den klimapolitischen Anforderungen gerecht zu werden. Welche Rolle spielen dabei die energietechnischen Komponenten? Wie können einzelne Anlagen wie Photovoltaik, Windkraftanlagen, Blockheizkraftwerke oder Speicher optimal zusammenarbeiten? Welche Potenziale sind noch nicht erschlossen?

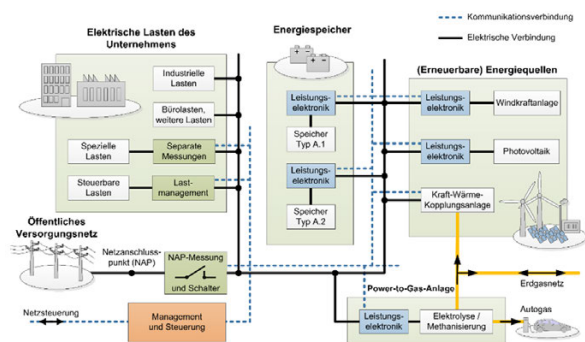


Abb. 2: Beispielhafte Microgridstruktur

Mit dem Kompetenzzentrum für Nachhaltige Energietechnik (KET) der Universität Paderborn und seinem Microgrid-Labor können wir einen Blick in die Zukunft werfen, moderne Forschungsinfrastruktur und Know-How für Unternehmen nutzbar machen sowie Fördermöglichkeiten für innovative Vorhaben erschließen. Im „Microgrid-Labor: Energieinfrastruktur der Zukunft“ (µG-Lab) entsteht an der Universität Paderborn eine Forschungsinfrastruktur, um konkrete Lösungen für zukunftsfähige Energiesysteme zu entwickeln und im Labor zu testen!



Abb. 3: Umrichter der Netzknoten während des Aufbaus

Das Kompetenzzentrum für Nachhaltige Energietechnik (KET) der Universität Paderborn stellt unter Federführung des Fachgebiets für Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik (LEA) die Infrastruktur bereit, um das Verhalten von Batteriespeichern, Windkraftanlagen oder Blockheizkraftwerken im Labor realitätsnah nachzubilden. Mit dem μ G-Lab wird in Paderborn eine Plattform für Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit Unternehmen geschaffen, um deren Innovationsfähigkeit signifikant zu steigern. Wir stellen Ihnen die Projektziele und Beteiligungsmöglichkeiten vor und diskutieren mit Akteuren aus der Industrie, Forschung und Politik, welche Potenziale das Microgrid-Labor für intelligente Energiesysteme der Zukunft bietet.

Das heutige Energieversorgungssystem zeichnet sich durch vernetzte, geografisch verteilte Strukturen aus, die höchsten Sicherheits- und Zuverlässigkeitsstandards genügen müssen. Die Transformation dieses Systems auf eine nachhaltige und durch erneuerbare Energien geprägte Struktur ist eine zentrale gesellschaftliche Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Microgrids stellen auf dem Weg hin zu flexiblen, sektorübergreifenden und intelligenten Energiesystemen eine wichtige Lösungskomponente dar, um auch zukünftig eine sichere, saubere, effiziente und kostengünstige Energieversorgung zu gewährleisten. Ihre Vorteile: Lokale Netze, die aus Energiequellen, -speichern und -verbrauchern verschiedener Sektoren bestehen, erhöhen den Verbrauchsanteil von regenerativ bereitgestellter Energie. Verlustreiche Übertragung über lange Distanzen wird reduziert, Verteil- und Übertragungsnetze aufgrund der lokalen Struktur entlastet. Der Bedarf am Ausbau von kosten- sowie ressourcenintensiven Netzen sinkt. Mögliche Ein-

satzgebiete von Microgrids sind Industrieunternehmen oder auch Wohnsiedlungen.

- Laufzeit: 2019 – 2023
- EFRE-Projektnummer: 462843442

BMBF: Integriertes Leistungselektroniklabor für WBG-Anwendungen der Zukunft mit höchstem Miniaturisierungs- und Wirkungsgrad

Mit dem Programm „Forschungslabore Mikroelektronik Deutschland (ForLab)“ des Rahmenprogramms der Bundesregierung für Forschung und Innovation 2016 bis 2020 hat das Fachgebiet LEA seine Laborausstattung umfangreich aufwerten und erweitern können. Die im Infrastrukturprojekt getätigten Investitionen tragen dazu bei, eine leistungsfähige und moderne Ausstattung zu schaffen, um Forschungsarbeiten an WBG-basierten Systemen von der Entwicklung über den praktischen Aufbau bis hin zur Funktions- und Zuverlässigkeitsanalyse durchführen zu können. WBG steht dabei für Wide Bandgap und beschreibt neuartige Halbleiter mit einer großen Bandlücke zwischen dem Valenz- und dem Leitungsband. Gegenüber konventionellen leistungselektronischen Halbleitern auf Siliziumbasis, bieten WBG-Halbleiter auf Grundlage von Gallium-Nitrid (GaN) oder Silizium-Karbid (SiC) deutliche Vorteile wie eine bessere thermische Leitfähigkeit, höhere Durchbruchspannungen und deutlich schnellere Schaltvorgänge. Besonders die letztgenannte Eigenschaft bietet ein großes Potential für leistungselektronische Systeme, da sich auf der einen Seite die Schaltverluste reduzieren lassen und zum anderen höhere Schaltfrequenzen realisierbar sind. Damit können die magnetischen Komponenten des Systems kompakter ausgeführt werden, wodurch sich Kosten und vor allem Bauraum einsparen lassen. Infolge dessen verringert sich die Gesamtgröße und auch das Gewicht leistungselektronischer Systeme, wodurch sich Vorteile insbesondere bei mobilen Anwendungen wie z.B. beim Automobilbau/Elektromobilität, aber auch in den Anwendungsbereichen Stromversorgungsgeräte für Datacenter und Mobilfunknetze, sowie für erneuerbare Energiesysteme ergeben.

Das Konzept für den Entwicklungsprozess WBG-basierter Anwendungen lässt sich in vier Stufen unterteilen: Entwicklung, Modulaufbau, Modulvermessung und Systemtest. Im ersten Schritt werden Schaltungskonzepte simuliert und in Schaltpläne und Leiterplatten übertragen. Dafür wurde ein leistungsfähiges CAD-Werkzeug beschafft. Zusätzlich zu den elektrischen Komponenten können auch magnetische Bauteile rechnergestützt entworfen



Abb. 4: Realisierte Forschungslandschaft

und optimiert werden. Im nächsten Schritt werden die Systeme aus den einzelnen Komponenten aufgebaut. Für die Leiterplattenherstellung stehen ein Schablonendrucker zum Auftragen des Lots, ein Bestückungsautomat zur Platzierung von Bauelementen und eine Reworkstation zum Ein- und Auslöten zur Verfügung. Die Fertigung der magnetischen Kerne erfolgt in einer speziellen CNC-Fräße, welche aus den Ferritblöcken die gewünschten Geometrien ausarbeitet. Somit lassen sich anwendungsspezifisch optimierte, am Markt nicht erhältliche Kernkomponenten fertigen. Mittels eines 3D Druckers können anschließend Wickelkörper aus Kunststoff erstellt und auf einem Wickelautomat mit Kupferdraht zu einer Spule gefertigt werden. Für die Modulvermessung stehen viele Geräte bereit, um die Betriebsweise zu analysieren. Dies sind u.a. eine Wärmebildkamera, ein Impedanzanalysator, verschiedene Wickelgutttestgeräte und ein Leistungsmessgerät.

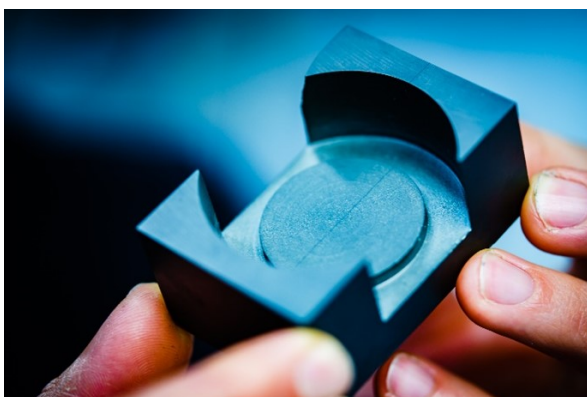


Abb. 5: Individuell gefertigte Kerngeometrie

Neben diesen käuflich erworbenen Geräten wurden zudem zwei Geräte selbst entwickelt und aufgebaut. Dies ist zum einen ein Kalorimeter zur präzisen Ermittlung von Verlusten elektronischer Systeme und Komponenten (ein zweites, baugleiches System befindet sich derzeit noch im Auf-

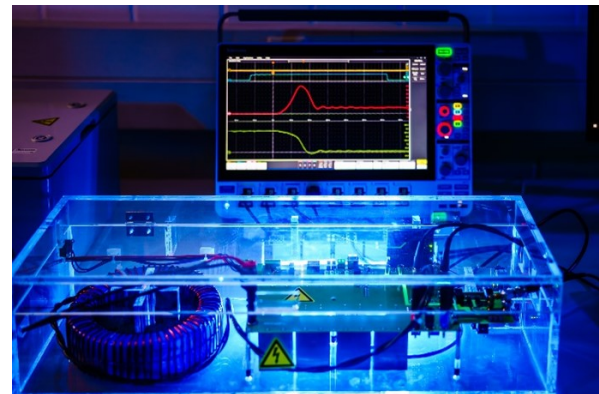


Abb. 6: Automatisierte Halbleitervermessung

bau) und zum anderen ein Charakterisierungsmessplatz um das Schaltverhalten schnell schaltender WBG-Halbleiter zu untersuchen. Im letzten Prozessschritt werden die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und die Zuverlässigkeit geprüft. Dazu wurde ein normgerechter EMV-Prüfplatz für leitungsgebundene Störaussendungen (u.a. mit diversen Netznachbildungen, EMV-Testempfänger) errichtet. Das thermische Verhalten und Zuverlässigkeitsprüfungen für Komponenten und Prototypensysteme kann über einstellbare Feuchtigkeits- und Temperaturprofile in zwei Klimakammern (bis -70 °C) erfolgen. Mithilfe der Fördermittel konnte eine leistungsfähige und zukunftssichere Laborinfrastruktur geschaffen werden, mit der umfangreich an WBG-Halbleitern geforscht werden kann. Die Laufzeit war von 2019 bis ursprünglich 2021 geplant, wurde jedoch aufgrund der Corona-Pandemie bis 2022 verlängert.

- Laufzeit: 2019 – 2022
- BMBF-Förderkennzeichen: 16ES0944

Forschungsprojekte bei LEA

Im Folgenden werden aktuelle sowie kürzlich abgeschlossene öffentlich-geförderte Forschungsprojekte am LEA vorgestellt.

DFG: Ganzheitliche Modellbildung, Regelsynthese und Auslegung für örtlich konzentrierte Mehrmotorentriebssysteme

Mehrmotorentriebssysteme (MMDS) stellen eine attraktive Alternative zu klassischen Einzelmotorantriebssystemen (SMDS) dar. Ein höherer Teillastwirkungsgrad, eine erhöhte Systemverfügbarkeit durch modulare Fail-Operational-Fähigkeiten und gesteigerte Freiheitsgrade beim Systementwurf sind wesentliche Vorteile von MMDS gegenüber SMDS. Im industriellen Umfeld sind MMDS bis zum jetzigen Zeitpunkt nur in Nischenanwen-

dungen aufzufinden, wobei hier repräsentativ der Kautschukmischprozess in der Automobilzulieferindustrie zu erwähnen ist. Durch den Trend zur detaillierten Anpassung automatisierungstechnischer Produkte an die Anforderungen des Produktionssystems ist mit einer verstärkten Beachtung dieses Konzeptes in den kommenden Jahren zu rechnen.

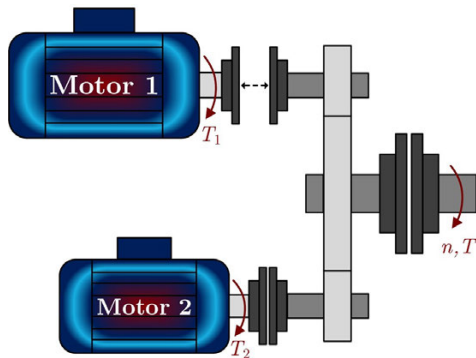


Abb. 7: Struktur eines rekonfigurierbaren MMDS

Aus wissenschaftlicher Sicht waren MMDS in Bezug auf die systemische Modellbildung, die Betriebsführung als auch hinsichtlich ihrer Auslegung vor Projektbeginn nahezu vollständig unbeleuchtet. Damit MMDS in einer Vielzahl von Bereichen Anwendung finden können, war eine verallgemeinerte Systembetrachtung losgelöst vom einzelnen Industrieanwendungsfall sowie eine Erweiterung des Betrachtungshorizonts auf das gesamte Antriebssystem vom versorgenden Netz bis hin zum Arbeitsprozess erforderlich. Durch die Kombination einer mechanischen und elektrotechnischen Analyse des MMDS-Antriebssystems wurde ein ganzheitliches Systemverständnis geschaffen, bei dem die Wechselwirkungen beider Bereiche Berücksichtigung finden. Das Projekt wurde in Kooperation mit dem Fachgebiet Konstruktions- und Antriebstechnik der Fakultät Maschinenbau durchgeführt. Aus Sicht der Elektrotechnik und somit die Arbeiten am Fachgebiet LEA betreffend lag der Fokus vor allem auf den folgenden Aspekten der Antriebstechnik: Eine präzise Modellierung der Verluste in den Umrichtern und den Asynchronmotoren, eine hochgenaue Fluss- und Drehmomentschätzung für Asynchronmotoren, eine thermische Modellierung des elektrischen Antriebs sowie das Ableiten einer effizienten Arbeitspunktsteuerung.

- Laufzeit: 2018 – 2021
- DFG-Projektnummer: 389029890

DFG: Untersuchung Künstlicher Neuronaler Netze zur Schätzung wichtiger Komponententemperaturen in elektrischen Motoren

Damit die Überlastkapazitäten von Elektromotoren maximal ausgenutzt werden können, muss die thermische Entwicklung in sensiblen Motorkomponenten berücksichtigt werden. Zwar würde eine Sensor-basierte Temperaturmessung die genauesten Temperaturzustände zurückliefern, jedoch erweist sich dies – vor allem für den Rotor – als technisch aufwändig und zu kostenintensiv für eine Serienproduktion. Daher ist eine modellbasierte Echtzeit-Temperaturschätzung oft der einzige realisierbare Weg. Unter den heute üblichen Temperaturmodellen sind die lumped-parameter Thermal Networks (LPTN) eine beliebte und jahrzehnte lang erforschte Variante, in der die Wärmeübertragungsvorgänge mit elektrischen Ersatzschaltbildern abgebildet werden. Dies stellt zwar eine Approximation der tatsächlichen physikalischen Wärmeübertragung mittels gewöhnlicher Differentialgleichung (DGL) dar, allerdings hat sich dessen schlanker Berechnungsaufwand und hohe Schätzgüte in der Praxis mittlerweile bewährt. Ein Problem stellt nur noch die Synthese und Identifikation der parameter-variablen DGLs dar, welches oft unter Einbezug von Expertenwissen erfolgen muss. Im Gegensatz dazu bilden künstliche neuronale Netze (KNNs) eine Alternative, die völlig losgelöst von den Grundlagen der Wärmelehre eine rein datengetriebene, statistische Herangehensweise verfolgen. Mit diesem Projekt soll die Tauglichkeit dieses Black-box-Ansatzes für die Temperaturmodellierung in Elektromotoren untersucht werden.

Über die Projektlaufzeit von insgesamt vier Jahren haben sich folgende Erkenntnisse abgezeichnet: Reine Black-Box Ansätze mit linearer Regression oder Deep Learning (darunter verschiedenste rekurrente und faltende Architekturen) erreichen wie LPTNs hervorragende Schätzgüten ohne jeglichen Einbezug von Motor-Geometrie oder -Material Daten, jedoch mit der Prämisse, dass rechenintensive Modellstrukturen von Nöten sind, die auf u.U. ebenfalls aufwändigen Tiefpassfiltern aufsetzen müssen. Eine hybride Variante, die die Stärken von LPTNs und KNNs verbindet, wurde mit den thermischen neuronalen Netzen entwickelt, die den heutigen Stand der Technik in der thermischen Elektromotormodellierung anführt.

- Laufzeit: 2018 – 2022
- DFG-Projektnummer: 388765580

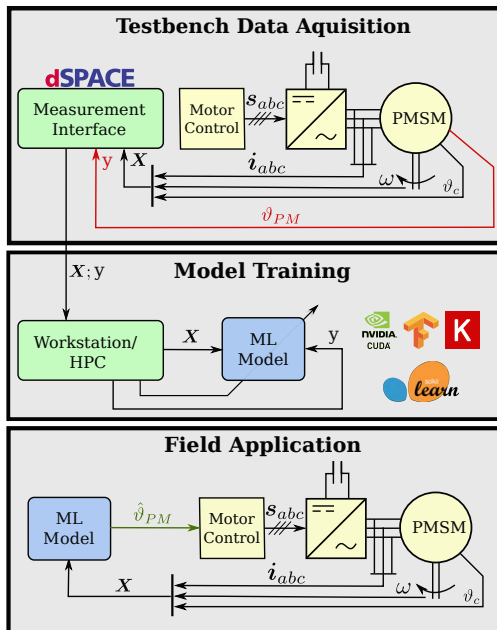


Abb. 8: Typischer Prozessablauf zur Erstellung von datengetriebenen Modellen

DFG: Magnetische Komponenten für die Leistungselektronik im Megahertz-Bereich am Beispiel eines LLC-Wandlers

In diesem Projekt soll das Auftreten von Wellenphänomenen in Ferritkernen beim Betrieb mit sehr hohen Schaltfrequenzen untersucht werden. Aufgrund der hohen relativen Permeabilität ($\mu_r = 1000 \dots 3500$) und Permittivität ($\epsilon_r = 20000 \dots 70000$) aktueller Ferritmaterialien kommt zu einer Absenkung der Wellenlänge. Infolgedessen muss der Einfluss von Wellenphänomenen auf die Kernverluste und die Induktivitätswerte mitberücksichtigt werden.

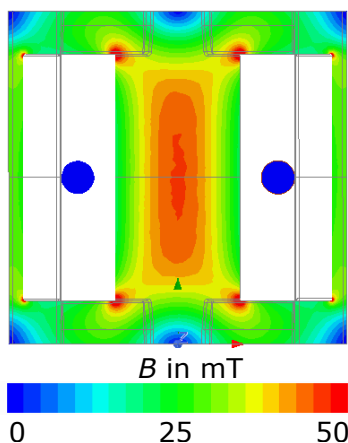


Abb. 9: Beispielhafte Feldsimulation für optimierte Kerngeometrien im Megahertz-Bereich

In dem dreijährigen Drittmittelprojekt soll zum einen simulativ und im Labor untersucht werden, wie man

die auftretenden Verluste reduzieren kann. Zum anderen soll am Beispiel eines LLC Resonanzkonverters überprüft werden, ob es möglich ist, die erhöhte magnetische Flussdichte im Ferritkern zur Anhebung der Schwingkreisinduktivität zu nutzen. Dadurch könnte es möglich sein den benötigten Frequenzbereich zu verkleinern und Arbeitspunkte in Richtung der Resonanzfrequenz zu verschieben.

- Laufzeit: 2021 – 2024
- DFG-Projektnummer: 467840481

DFG: Reinforcement Learning zur optimalen Regelung von elektrischen Antriebssystemen

In diesem Projekt werden neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der datenbasierten und selbstlernenden Antriebsregelung erarbeitet. Unter der Anwendung von (Deep) Reinforcement Learning soll ein Regelungsagent aus Messdaten erlernen die optimale Aktion zur Regelung eines elektrischen Antriebssystems zu finden. Ein entscheidender Vorteil dieses Ansatzes gegenüber herkömmlichen, modellbasierten Methoden ist die Einbeziehung aller Nichtlinearitäten des Antriebssystems, ohne dass eine Identifikation erforderlich wäre oder numerische Optimierungsverfahren diese berücksichtigen müssten, wie es bei typischer Anwendung der modellbasierten, prädiktiven Regelung der Fall wäre.

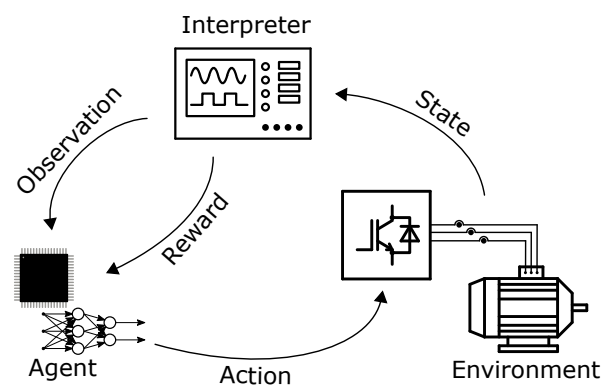


Abb. 10: Darstellung des typischen Ablaufs bzw. Aufbau einer Regelung mit Reinforcement Learning. Ein Agent wählt eine Aktion für die Ansteuerung eines Antriebssystems. Die daraus folgenden Zustände werden als Beobachtung und Belohnung interpretiert, um im Lernprozess die Auswahl der darauf nachfolgenden Aktion stetig zu verbessern.

Besonderer Fokus wird auch auf die praktische Erprobung des Reinforcement Learning gelegt. Insbesondere die Sicherheit der Regelschleife innerhalb der Trainingsphase nach Versuch-und-Irrtum spielt eine wichtige Rolle, um Schaden am Antrieb

zu vermeiden. Weitere Forschungsaspekte umfassen den Transfer von Erkenntnissen zwischen verschiedenen Antriebssystemarten sowie das Lernen in Edge- und Cloud-Umgebungen. Letzteres basiert auf der Eigenschaft, dass nur ein Teil des Regelalgorithmus in harter Echtzeit ausgeführt werden muss während die eigentlichen Lern- und Trainingsprozeduren asynchron zum eigentlichen Prozess abgearbeitet werden können.

- Laufzeit: 2021 – 2024
- DFG-Projekt Nummer: 459524199

DFG: Selbstoptimierende und modelladaptive Regelung von elektrischen Antriebssystemen mittels vorausschauender Pulsmusterplanung

Für geregelte elektrische Antriebssysteme werden neben der Erfüllung der eigentlichen Regelaufgabe (z. B. Drehmoment) auch Aspekte wie die Maximierung des Ausnutzungsgrads des Antriebs, die Minimierung von Verlusten, Verschleiß oder Schallabstrahlung oder die Inbetriebnahme des Antriebs mit möglichst wenig Zutun durch Experten z. B. durch eine Selbstkommissionierung zunehmend gefordert. Die Methode der modellprädiktiven Regelung stellt hier ein geeignetes Konzept dar, um Methoden zu erforschen, die den zuvor genannten Anforderungen gerecht werden. Um das elektrische Systemverhalten von Antrieben laufend zu identifizieren, wurden Methoden basierend auf dem RLS (für engl.: Recursive Least Squares) Verfahren in Kombination mit einer modellprädiktiven Regelung entwickelt. Durch die Adaptierung der Parameter kann eine kontinuierliche Anpassung an sich ändernde Umgebungsbedingungen (Drehzahl, Temperatur, Alterung, Exemplarstreuung, ...) mit minimalem Expertenwissen sichergestellt werden. Durch die Nutzung eines Langzeitgedächtnisses, welches die lokal identifizierten Parameter speichert und physikalische Parameter extrahiert, können überlagerte Regelkreise (z. B. Arbeitspunktsteuerung) adaptiert und hohe Prädiktionsgüten für Strom- und Drehmoment während stationärer und transients Vorgänge sichergestellt werden.

Zur Reduzierung der Rechenzeit ist geplant, die Methode des harmonischen Referenzgenerators auf das mathematisch einfacher zu beschreibende statorfeste Flusskoordinatensystem anzuwenden. Die daraus resultierende modellprädiktive Flussregelung soll zudem um eine spezielle Vordrehung der Flussreferenz erweitert werden, sodass minimale Anregelzeiten garantiert werden.

- Laufzeit: 2018 – 2023
- DFG-Projekt Nummer: 405351394

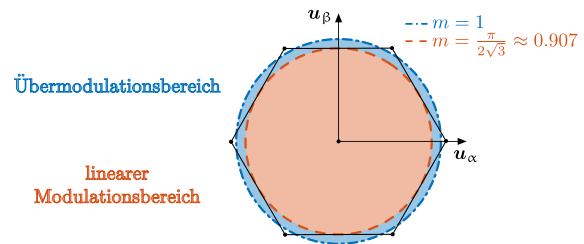


Abb. 11: Modulationsbereiche und Spannungshexagon des 2-Level-Wechselrichters

DFG: Einstufiger Ladegleichrichter auf Basis eines LLC-Resonanzwandlers

Es ist gängige Praxis, Batterien von Elektrofahrzeugen mit einem On-Board-Ladegerät zu laden, das aus zwei über einen Zwischenkreiskondensator verbundenen Stufen besteht. Diese zweistufige Topologie wird in Ladegeräten moderner Elektrofahrzeuge wie dem Audi etron oder dem Mercedes EQC verwendet, wodurch eine Leistungsdichte von bis zu $1,5 \text{ kW/dm}^3$ erreicht wird. In diesem Projekt wird eine einstufige Topologie auf LLC-Basis verwendet, um die Ladeleistung vom Netz direkt an die Batterie zu übertragen. Auf der Grundlage dieses Ansatzes wurde ein Prototyp gebaut, der eine Leistungsdichte von $2,3 \text{ kW/dm}^3$ erreicht und damit 35 % kompakter ist als die On-Board-Ladegeräte heutiger Elektrofahrzeuge. Die Miniaturisierung wurde erreicht, indem der LLC-Resonanzwandler für einen breiten Eingangsspannungsbereich ausgelegt wurde, so dass der PFC-Gleichrichter zusammen mit dem Zwischenkreiskondensator weggelassen werden kann. Darüber hinaus wurde ein kompakter Transformator entwickelt, in dem alle magnetischen Elemente integriert sind, während die Verluste in der Nähe durch gut verteilte Luftspalte und einen Streupfad gering gehalten werden. Es wurde eine neuartige LLC-Regelung entwickelt, die einen Leistungsfaktor von 0,98 gewährleistet und die Stromoberschwingungen innerhalb der Grenzwerte der EN61000-3-2 hält. Bedenken hinsichtlich eines pulsierenden Ladestroms können entkräftet werden, da der Großteil der Ladevorgänge aus dem dreiphasigen Netz erfolgt, was auch bei einstufigen Modulen zu einem reinen DC-Ladestrom führt.

- Laufzeit: 2018 – 2023
- DFG-Projekt Nummer: 394222435

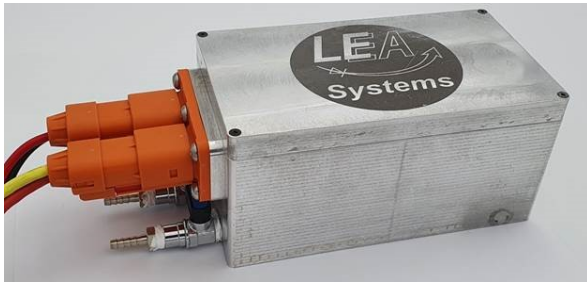


Abb. 12: Prototyp des im Projekt entwickelten Ladewandlers

DFG: Vollmodularer Hochstrom-Gleichrichter mit variabler Ausgangsspannung auf Basis einer vereinfachten MMC-Topologie mit Resonanzwandlern

Heutige Hochstrom-Gleichrichter sind durch ein beträchtliches Bauvolumen, durch eine hohe Eingangsstromverzerrung und durch einen festen, nicht einstellbaren Leistungsfaktor gekennzeichnet. Ziel dieses Projekts ist die Konzeption einer neuartigen Schaltungsstruktur für einen potenzialtrennenden Hochstrom-Gleichrichter mit variabler Ausgangsspannung (142-220 V) für den MW-Bereich. Hierzu sollen Grundansätze des Modularen Multi-Level-Konverters (MMC) verfolgt und entsprechend erweitert werden: Insbesondere die netzseitige Nutzung von Vollbrückenmodulen charakterisiert dabei den vorgeschlagenen Ansatz (hier „MMC-4“ genannt). Weiterhin wird jedes mit SiC-Schaltelementen bestückte Modul auf der Lastseite durch einen Resonanzkreis und einen Mittelfrequenztransformator (Resonanzwandler) ergänzt. Dort werden durch das weiche Schalten der SiC-Leistungshalbleiter die Verluste enorm reduziert und höhere Schaltfrequenzen ermöglicht, so dass die passiven Bauelemente in ihrer Größe schrumpfen. Als Ziel wird für den Hochstrom-Gleichrichter ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 98 % über einen weiten Lastbereich bei etwa 30 % der Baugröße moderner Standard-Lösungen angestrebt, während gleichzeitig die Eingangs-THDi von etwa 9 % auf 3 % gesenkt und darüber hinaus eine einstellbare Blindleistung für das Netz ermöglicht wird. Im Vergleich zu aktuellen MMC-basierten Demonstratoren verringert sich die Anzahl der Module und damit die Systemkomplexität mit dem vorgeschlagenen MMC-4-Ansatz um 50 %. In Anbetracht des anscheinenden Potenzials für eine zukünftige industrielle Umsetzung des MMC-4-Konzepts soll im Projekt eine besondere Aufmerksamkeit auch auf die Analyse und Verbesserung der Robustheit gerichtet werden – dies sowohl auf Ebene der eingesetzten physikalischen Komponenten als auch auf

Systemebene durch Erforschung neuer, resilienter Betriebsstrategien.

- Laufzeit: 2011 – 2024
- DFG-Projektnummer: 456097802

DFG: Gleichtaktarme dreiphasige PFC-Gleichrichterfamilie ermöglicht im lückfreien Hochsetzbetrieb mit nur zwei HF-Schaltern und Speicherdrosseln vereinfachte Leistungsarchitekturen durch Einsatz von GaN

Um elektronische Lasten mit hohem Leistungsbedarf im kW-Bereich aus dem Wechselstromnetz zu versorgen, sind grundsätzlich dreiphasige Gleichrichter als erste Stufe erforderlich. Um die Ressourcen des öffentlichen Versorgungsnetzes zu schonen, werden netzseitige Blindleistungskomponenten seit Jahren durch den ausgeprägten Einsatz von netzfreundlichen Power Factor Correction- (PFC-) Gleichrichtern weitgehend vermieden. Diese sind aktiv geregelt und nutzen dazu abschaltbare Leistungstransistoren als interne Stellglieder. Dreiphasige PFC-Gleichrichter erzeugen nach heutigem Stand der Technik zumeist beträchtliche Gleichtakt-(CM-) Spannungen, deren Auswirkungen - leitungsgebundene Gleichtaktstörungen - nur durch entsprechende EMV-Filter eingedämmt werden können. Die Gleichtaktspannungen zeigen dabei deshalb ein enormes Störpotential, weil sie dominant hochfrequente (HF) Komponenten aufweisen, die direkt von der Schaltfrequenz der Leistungstransistoren herrühren. Ziel dieses Projekts ist die eingehende theoretische und praktische Analyse neuer dreiphasiger PFC-Gleichrichtertopologien, die sich deshalb durch einen niedrigen Gleichtaktstörpegel auszeichnen, weil sie HF-Gleichtaktspannungen von Grund auf vermeiden, d.h. erst gar nicht generieren. Damit sollte es grundsätzlich ermöglicht werden, das bekannte Potential von sehr hochfrequent schaltbaren GaN-HEMTs auch in dreiphasigen PFC-Anwendungen voll ausschöpfen zu können, d.h. die passiven Komponenten der PFC-Hauptstufe deutlich zu verkleinern und dabei gleichzeitig auch das Bauvolumen des EMV-Filter sehr gering zu halten.

Das zugrundeliegende Konzept wird praktisch nur durch die Kombination von unidirektionalen GaN-HEMTs mit einem Satz von monolithisch bidirektionalen GaN-Schaltern ermöglicht. Während erstere dediziert zum hochfrequenten Schalten eingesetzt werden, werden letztere mit niedriger Frequenz (100 Hz) weich kommutiert. So können sie die minimierten Leitverluste der monolithischen Bauelemente ausnutzen, ohne dabei unter dem schwä-

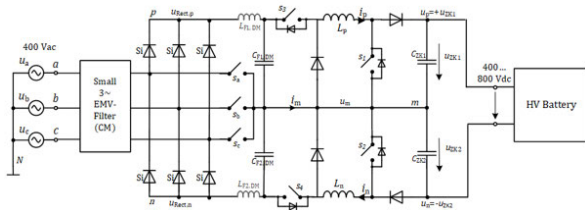


Abb. 13: Beispielhafte im Projekt zu untersuche Topologie

chere HF-Schaltverhalten dieser neuen Schaltertechnologie zu leiden. Zum Projektabschluss sollen zwei Hardware-Demonstratoren vorgestellt werden, die exemplarisch für den Anwendungsbereich des On-Board-Ladens entwickelt werden: Ein potentialgebundener dreiphasiger PFC-Gleichrichter mit einem Wirkungsgrad von >98 % und eine potentialgetrennte Variante mit 97 % Wirkungsgrad. Beide Systeme zielen dabei auf eine Baugrößenreduktion von jeweils >30 % gegenüber dem Stand der Technik.

- Laufzeit: 2011 – 2024
- DFG-Projektnummer: 462843442

BMBF: Research and Teaching Platform for Development – Sustainable Modular Grids for Grid Stability Dieses Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung moderner Systeme zur nachhaltigen, unterbrechungsfreien Stromversorgung in ländlichen Regionen Afrikas. Gemeinsam mit den Lehrstühlen Sensorik, EET-NEK, Technikdidaktik, Vergleichende Erziehungswissenschaften sowie für Institutionenökonomik versucht das Projektteam, neue Wege für die Elektrifizierung von abgelegenen Regionen in Ostafrika durch elektrische Microgrids und deren Koppelung zu entwickeln. So kann zum einen dem Bedürfnis ländlicher Gemeinschaften nach einer robusten und weitgehend unterbrechungsfreien Energieversorgung, zum anderen dem politisch motivierten Bedürfnis nach einer zentral gut verwaltbaren Stromversorgung im Rahmen eines nationalen Stromnetzes entgegengekommen werden. Hierzu werden existierende ingenieurwissenschaftliche Lösungen in den jeweiligen lokalen Kontexten betrachtet, analysiert und weiterentwickelt.

Langjährige Erfahrungen haben gezeigt, dass für ein solches Vorhaben ein interdisziplinäres Vorgehen sinnvoll ist, da der nachhaltige Betrieb von technischen Infrastruktursystemen nicht nur von einer soliden Technologie abhängt, sondern vor allem auch soziale und ökonomische Sachverhalte den nachhaltigen Betrieb beeinflussen.



Abb. 14: Regenerative Energieerzeugung mittels PV und Akkumulatoren am Beispiel eines Projektpartners auf Bunjako Island (Foto: Stefan Krauter)

- Laufzeit: 2020 – 2023
- BMBF-Förderkennzeichen: 03SF0607A

EFRE.NRW: Gesicherte Industrielle Stromversorgung für Micro- und Smart-Grids

Zur Absicherung (kurzzeitiger) Stromausfälle werden in kritischen Bereichen (z.B. IT) unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) eingesetzt. Diese Batteriespeicher werden heutzutage nur wenige Male pro Jahr gebraucht und befinden sich ansonsten im Leerlauf. Ziel dieses Projekts ist es daher, das erhebliche Potential synergetischer Effekte der USV-Anlage im Kontext intelligenter Micro- und Smartgrids nutzbar zu machen, um so Beiträge für eine nachhaltige und wirtschaftliche Energieversorgung zu leisten. Die notwendige industrielle Erforschung dieser Hybrid-USV-Anlage ist Aufgabe des Projekts.

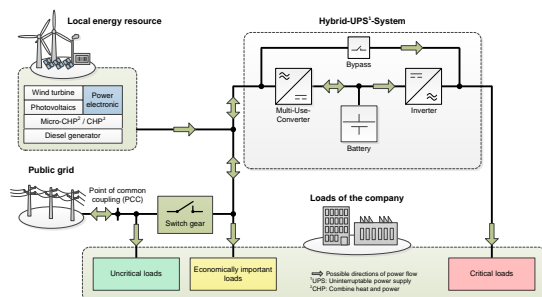


Abb. 15: Beispielhafte Einbindung eine Online-USV für Micro- und Smartgrids

Abb. 15 zeigt eine Abstraktion eines Firmennetzes. Dieses beinhaltet Anlagen zur Stromerzeugung (Windräder, Photovoltaikanlagen, Kraft-Wärme-Kopplung und einen Diesel-Generator), verschiedene Kategorien von Lasten (Unterteilt in unkritische, wirtschaftlich kritische und kritische

Lasten) sowie eine Hybrid-USV-Anlage. Gegenüber einer herkömmlichen USV soll diese in der Lage sein sowohl kritische Lasten als auch wirtschaftlich kritische Lasten im Falle eines Netzausfalls zu versorgen. Während für die kritischen Lasten die Energieversorgung die höchste Priorität hat, können wirtschaftlich kritische Lasten bei einem Netzausfall zumindest für eine gewisse Zeit noch versorgt werden. Ist das öffentliche Netz verfügbar, wird der Speicher wirtschaftlich genutzt. Dazu gehören mit der Hybrid-USV hohe Energiekosten gerade bei Spitzenlasten zu vermeiden, indem die USV-Anlage einen gewissen Energiegehalt zur Reduzierung der Netzstromspitzen am point of common coupling (PCC) beiträgt. Dies kann z.B. durch das sogenannte peak shaving geschehen. Zur wirtschaftlichen Nutzbarkeit gehört außerdem die Bereitstellung von Primärregelleistung (durch den Verbund zu einem virtuellen Kraftwerk) und der Eigenverbrauchssteigerung (Zwischenspeicherung von selbst erzeugter). Der Vorteil einer Hybrid-USV liegt in reduzierten Energieerzeugungen bei gleichzeitig höherer Sicherheit der Versorgung von nicht kritischen Lasten. Dieses Forschungsprojekt soll verschiedene Ansätze und Realisierungsmöglichkeiten einer Hybrid-USV untersuchen. Darunter fallen verschiedene Architekturen im Aufbau der USV sowie eine Topologieuntersuchung zur Leistungselektronik des rückspeisefähigen Umrichters.

- Laufzeit: 2020 – 2023
- EFRE-Förderkennzeichen: 0801571

BMBF: Trainings-, Validierungs- und Benchmarkwerkzeuge zur Entwicklung datengetriebener Betriebs- und Regelungsverfahren für intelligente, lokale Energiesysteme

Dezentrale, elektrische Energienetze stellen besondere Herausforderungen an die Betriebs- und Regelungsverfahren zur Sicherstellung einer durchgängigen und effizienten Energieversorgung. Gegenüber klassischer, zentraler Großnetze (bspw. dem Europäischen Verbundsystem) verfügen dezentrale Energienetze i.d.R. über wenig Schwungmassen zur Stabilisierung der Netzfrequenz und -spannung. Stattdessen werden regenerative und volatile Kraftwerke (Wind, PV) sowie elektrische Speicher mittels leistungselektronischer Steller in die lokalen Netze eingebunden. In Kombinationen mit dem stochastischen Leistungsbedarf durch die angeschlossenen Lasten sowie typischerweise nur geringen Speicher- und Reservekapazitäten ist eine stabile Energieversorgung schwieriger zu erreichen als in zentralen Netzen. Im Betrieb müssen verschiede-

ne Zeitskalen differenziert werden, welche von der Komponentenregelung im μ s und ms Bereich bis hin zum Energiemanagement mit Zeithorizonten von Stunden, Tagen oder sogar Wochen reichen. Zum Betrieb und Regelung derart stochastischer, heterogener und volatiler Energienetze können die traditionellen Top-Down-Strategien zentraler Großnetze nicht übertragen werden. Stattdessen zeichnen sich datengetriebene und selbstlernende Verfahren, bspw. aus dem Bereich des Reinforcement Learning, als mögliche Lösungen ab. Aufgrund von Sicherheits- und Verfügbarkeitsaspekten können diese lernenden und neuartigen Regelungsverfahren aber nicht unmittelbar im Feld eingesetzt werden, sondern müssen zunächst auf Basis synthetischer Daten in einem geschlossenen Simulationszyklus verbessert und bewertet werden.

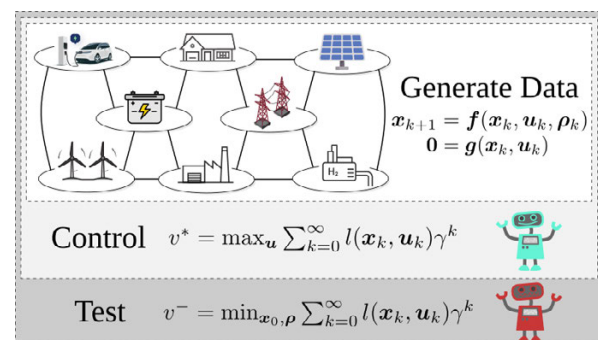


Abb. 16: Automatisierter Test und Training von lernenden Reglersystemen für die Energietechnik

Daher wird in dem Projekt Dare ein Open-Source Simulations- und Benchmarkframework aufgebaut, welches den oben skizzierten Problemrahmen beim Betrieb dezentraler Energienetze abbildet. Durch leicht zugängliche sowie standardisierte Trainings-, Validierungs- und Benchmarkwerkzeuge wird die Erforschung datengetriebener Regler für die Energietechnik beschleunigt und vergleichbar gemacht. Das Projekt liefert damit einen wichtigen Beitrag hin zum Transfer datengetriebener Regler von der Simulation hin zum Feldeinsatz leisten.

- Laufzeit: 2021 – 2023
- BMBF-Förderkennzeichen: 01IS21064

Veröffentlichungen

Die vollständige und aktuelle Veröffentlichungsliste gibt es zudem auf unserer LEA-Homepage.