



Karlsruher Institut für Technologie

KIT-Campus Nord | IAI | Postfach 3640 | 76021 Karlsruhe

Stiftung Energie & Klimaschutz
Durlacher Allee 93
76131 Karlsruhe

Institut für Angewandte Informatik

Leiter: Prof. Dr. Veit Hagenmeyer

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Telefon: 0721-608-2-6915

E-Mail: Oemer.Ekin@kit.edu

Web: www.iai.kit.edu

Bearbeiter: M.Sc. Ömer Ekin

Datum: 21.10.2022



Bewerbung beim Ideenwettbewerb für Doktoranden der Stiftung Energie & Klimaschutz

Sehr geehrte Dame, sehr geehrter Herr,

mit Interesse habe ich die Ausschreibung des Ideenwettbewerbs der Stiftung Energie & Klimaschutz verfolgt. Im Anhang finden Sie die Bewerbungsunterlagen mit dem Auszug aus meiner Promotion mit dem Titel „*Regelung netzdienlicher DC-Microgrids*“.

Ich freue mich darüber, Ihnen bei einer Präsentation im Zuge des Symposiums „Energie-Campus“ mehr über meine Forschungsziele und Visionen vorstellen zu dürfen.

Mit freundlichen Grüßen

Ömer Ekin

Anlagen:
Promotionsauszug

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe

Präsident: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Vizepräsidenten: Dr. Elke Luise Barnstedt, Dr. Ulrich Breuer,
Prof. Dr.-Ing. Dettlef Löhe, Prof. Dr. Alexander Wannier

Baden-Württembergische Bank, Stuttgart
BLZ 600 501 01 | Kto. 7495501296
BIC: SOLADEST
IBAN: DE18 6005 0101 7495 5012 96
UST-IdNr. DE266749428

Auszug aus der Promotion mit dem Titel „Regelung netzdienlicher DC-Microgrids“

Mit dem Energiekonzept der Bundesregierung vom 28.09.2010 wurden die Leitlinien für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung definiert und damit der Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien geebnet. Jedoch stellen die zur Umstellung benötigten disruptiven Technologien in vielerlei Hinsicht noch eine Herausforderung dar. Neben den gesellschaftlichen, ökologischen und finanziellen Schwierigkeiten ist die technische Realisierung der Energietransformation Gegenstand aktueller Forschung.

Der geplante Umstieg von Atom- und Kohlekraftwerken zu erneuerbaren Energien hat neben der Akteursvielfalt eine fluktuierende und zum Strombezug unkorrelierte Stromerzeugung zur Folge. Die Aufrechterhaltung der Netzstabilität, also die Regelung des Gleichgewichts zwischen erzeugter und verbrauchter elektrischer Leistung, wird dadurch komplexer und erfolgt infolgedessen zunehmend dezentral. Kleinere Teilnetze, sogenannte Microgrids, bestehend aus Lasten, verteilten erneuerbaren Stromquellen und Stromspeichern, werden innerhalb klar definierter elektrischer Grenzen als eine Einheit geregelt. Sie können entweder verbunden oder getrennt vom Verteilnetz (Mittelspannungs- und Niederspannungsnetz) betrieben werden. Durch die Speicherung von elektrischer Energie (beispielsweise in Batterien) wird eine Flexibilität gegenüber Netzengpässen bewirkt.

Der Großteil der erneuerbaren Energieträger liefert Gleichstrom und muss daher über Stromrichter an das öffentliche Verteilnetz angeschlossen werden. Die Tatsache, dass sowohl die Stromspeicher als auch die überwiegende Mehrheit der elektrischen Verbraucher den Wechselstrom zur Nutzung wieder in Gleichstrom umwandeln, hat Gleichstromnetze bzw. DC-Microgrids in den Fokus der Forschung gerückt. Denn durch das schnelle Schalten der Leistungshalbeiter werden bei der Umwandlung von Gleich- in Wechselstrom neben elektromagnetischen Störeinflüssen (auch EMV-Probleme genannt) auch den Umwandlungsverlusten verursacht. Darüber hinaus lassen sich Stromleitungen im Falle von DC-Netzen signifikant höher auslasten, da bei der Übertragung von Gleichstrom weder Skin-Effekte¹ noch Blindleistungen vorkommen. Hierdurch kann eine Einsparung an Leitungsmaterialien, wie Kupfer oder Aluminium, oder die Erhöhung der Netzkapazitäten erreicht werden. Zudem lassen sich durch DC-Microgrids eine Vielzahl von Umwandlungsschritten vermeiden, wodurch eine effizientere Energienutzung erzielt wird (Sauer, 2021).

Auch die zunehmende Sektor-Kopplung lässt sich durch DC-Microgrids effizienter und ressourcenschonender umsetzen, da für die meisten Kopplungen (wie beispielsweise Power-to-Gas, Power-to-Liquid, Power-to-Move) Gleichstrom als Primärenergie dient.

Anhand von Abbildung 1 (links) wird ersichtlich, dass für die Umwandlung des Solarstroms, welcher vor dem Verbrauch über eine Batterie zwischengespeichert wird, neun Konverter im Falle eines AC-Microgrids benötigt werden. Durch die Verwendung eines DC-Microgrids hingegen, wie in Abbildung 1 (rechts) dargestellt, sind für den gleichen Weg des Solarstroms schon fünf Konverter ausreichend. Aus dieser reduzierten Anzahl an Convertern resultiert ebenso die Reduzierung der Verluste.

¹ Stromverdrängungs-Effekt in von höherfrequentem Wechselstrom durchflossenen elektrischen Leitern, bei der die Stromdichte im äußeren Bereich größer als im inneren ist.

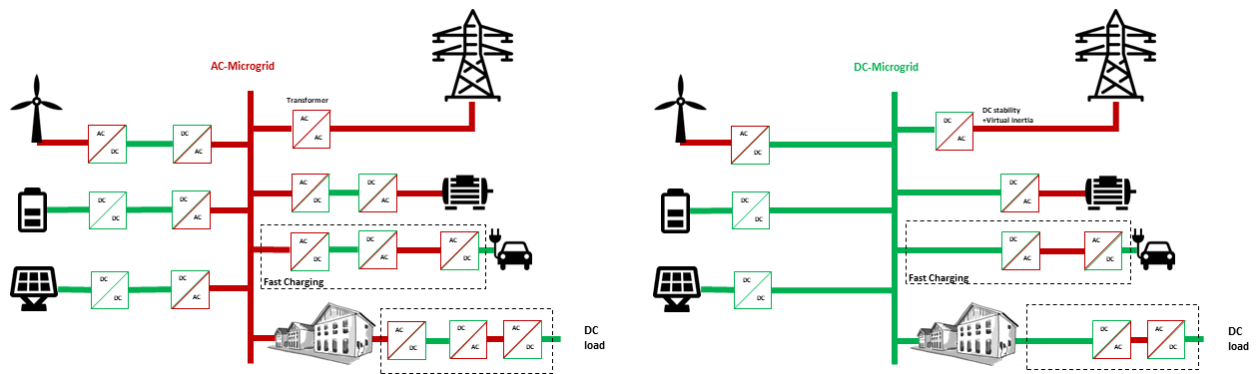


Abbildung 1: (links) Wechselstrom-Microgrid, (rechts) Gleichstrom-Microgrid

Zusätzlich können DC-Microgrids über ihren Anschluss am AC-Verteilnetz sowohl Energie beziehen als auch dem AC-Verteilnetz Regenergie zur Stabilisierung bereitstellen. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Interaktion von DC- und AC-Netzen zu untersuchen.

Zudem stellt die Reduzierung der Netzträgheit verbunden mit der Abschaltung der Großkraftwerke eine große Herausforderung bei der Umstellung von fossilen zu erneuerbaren Energien dar. Die Trägheit der rotierenden Schwungmassen der Synchrongeneratoren konventioneller Kraftwerke stellt dem Übertragungsnetz eine Momentanreserve zur Verfügung. So kann bei plötzlicher Zunahme der Verbrauchslast im Netz dieser zusätzliche Leistungsbedarf durch die kinetische Energie der rotierenden Schwungmassen gedeckt werden. Die Entnahme der Rotationsenergie verursacht eine Verringerung der Drehzahl und damit der Netzfrequenz. Durch die geplante Abschaltung von Großkraftwerken (Kernkraftwerke bis 15.04.2022; Kohlekraftwerke bis spätestens 2038) sinkt die Trägheit im Verteilnetz insgesamt. Die Verringerung der Trägheit hat wiederum zur Folge, dass Laständerungen zu schnelleren Frequenzänderungen und hierdurch zu potenziell instabilem Verhalten führen können. Auf dieses Problem ist beispielsweise das Black-out im Vereinigten Königreich am 09.08.2019 zurückzuführen. Mithilfe einer entsprechenden Regelung moderner Stromrichter lässt sich eine virtuelle Trägheit durch erneuerbare Energien bereitstellen, wodurch die Versorgungssicherheit und die Flexibilität des Netzes erhöht werden kann. Bisher gibt es jedoch nur wenige experimentelle Untersuchungen der Wechselwirkung mehrerer netzdienlicher Stromquellen sowie geeigneter Stabilitätsnachweise.

Im Rahmen meiner Doktorarbeit sollen netzdienliche DC-Microgrids am Energy Lab 2.0² des Karlsruher Institut für Technologie aufgebaut und verschiedene Regelungs- und Automatisierungsansätze experimentell untersucht werden. Es sollen innovative Regelungsalgorithmen entwickelt und die Stabilität sowohl mathematisch als auch experimentell erforscht werden. Bekannte Regelungsansätze (Droop Control, Virtual Synchron Generation, Nonlinear Control, ...) aus der Wissenschaftscommunity sollen auf reale Implementierung angepasst und erweitert werden.

Mit dem Aufbau eines netzdienlichen DC-Microgrids soll durch diese Promotion ein Beitrag zur nachhaltigen und lebenswerten Zukunft beigetragen werden. Durch die Entwicklung von DC-Microgrid lässt sich die Energiewende ressourcenschonender und energieeffizienter gestalten.

Ich freue mich darüber, Ihnen bei einer Präsentation im Zuge des Symposiums „Energie-Campus“ mehr über meine Forschungsziele und Visionen vorstellen zu dürfen.

² <https://www.elab2.kit.edu>