

Dezentrales elektrotechnisches Energielabor mit innovativer Vernetzung

Einleitung und Relevanz

Die zunehmende Automatisierung – beispielweise in der Industrie 4.0, autonomes Fahren insbesondere mit Elektrofahrzeugen, virtuelle und reale (Gemeinschafts)-Kraftwerke und -Speicher sowie Blockchain-Technologien – und die damit einhergehenden, einschneidenden Veränderungen im österreichischen und europäischen Energiesystem werden in den nächsten Jahren die Energiewende nachhaltig beeinflussen.

Um zukünftige Fragestellungen im Bereich der Energietechnik und -Wirtschaft wissenschaftlich zu analysieren und zu lösen, bedarf es innovativer Laborinfrastruktur. Dabei ist es notwendig örtlich getrennte Systeme miteinander zu koppeln, um somit ein flexibles dezentral organisiertes Energiesystem zu generieren, das sich an die unterschiedlichsten Bedürfnisse und Anforderungen anpassen und darauf reagieren kann. Örtlich getrennte aber virtuell gekoppelte und somit vernetzte Infrastrukturen ermöglichen eine verbundene Last- und Energiemanagementanalyse über mehrere Standorte. Durch die Verbindung von Informations- und Kommunikationstechnologien mit dem System der elektrischen Energieversorgung kann eine Optimierung von Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit erreicht werden [1]. Dabei lassen sich nicht nur technische sondern auch wirtschaftliche Fragestellungen untersuchen, sodass komplexe Geschäftsmodelle, beispielsweise basierend auf digitalen Big-Data-Energiedatenanalysen oder Blockchain-Abrechnungsmodellen im B2B- und B2C-Bereich sowie ebenfalls zwischen Prosumer und Consumer, zukunftsrelevante Forschungsthemen darstellen.

Innovations- und Forschungsansatz

Im Rahmen des Projektes „Energy Analytics & Solution Lab“, kurz EAS-Lab, ist ein auf zwei Standorte verteiltes elektrotechnisches Energielabor errichtet worden. Durch die vernetzte Struktur des Laboratoriums können wesentliche Teile der gesamten Energiewertschöpfungskette wissenschaftlich dargestellt, untersucht und weiterentwickelt werden.

Der besonders innovative Aspekt ist die digitale Vernetzung der beiden örtlich getrennten Laboreinheiten. Durch die Verwendung moderner Netzwerktechnik für den Industriebereich können eine sichere Datenverbindung zwischen den Laboren mit der Möglichkeit der Fernwartung gewährleistet und die Laboreinheiten gegen Cyber-Angriffe gerüstet werden [2]. Das Kommunikationssystem beruht auf mehrere VLANs, internen Firewalls und einem VPN-Tunnel der die beiden Laboreinheiten verbindet. Ein sicheres und zuverlässiges System stellt eine der wichtigen Voraussetzungen für die zukünftige Energiewirtschaft und viele Industrie-4.0-Anwendungen dar [3]. Die Kommunikationsverbindung erlaubt es alle relevanten Messdaten sowie Steuerungsbefehle zwischen den Laboreinheiten sicher zu übertragen, wobei natürlich das Kommunikationsnetzwerk auf weitere Teilnehmer erweitert werden kann, sodass die Grundlage für zukünftiger dezentrale Energiesysteme gelegt ist.

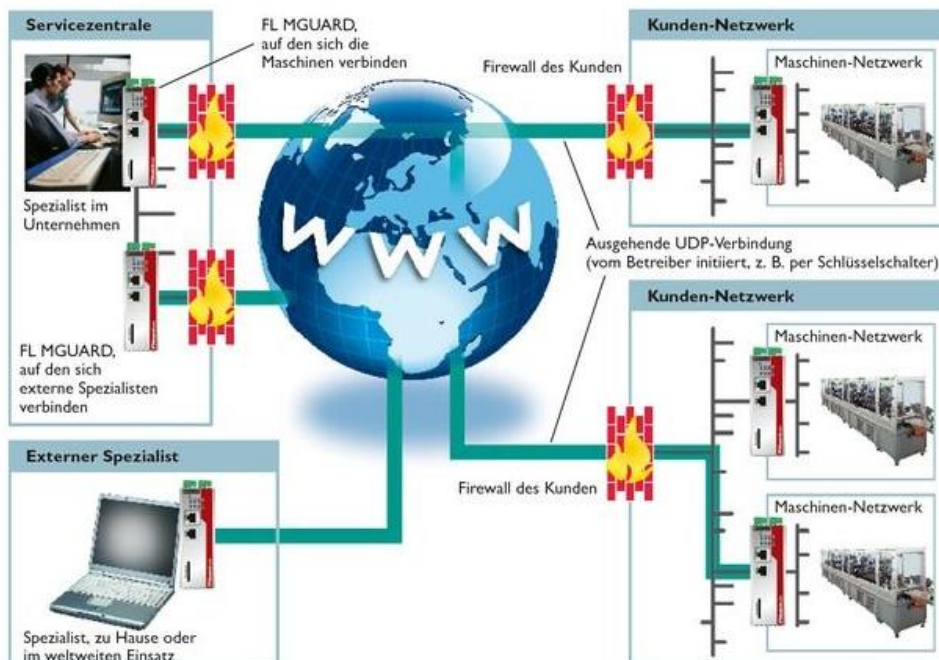


Abb.1: Schematischer Netzwerkaufbau (Quelle: www.phoenixcontact.com)

Ein weiteres innovatives Feature ist die Möglichkeit die beiden Laboreinheiten innerhalb eines virtuellen Reality Labs (VR-Labs) zu steuern. Durch 3D-Modellierung der beiden Laboreinheiten und Entwicklung einer Schnittstelle zwischen den virtuellen Laboren und dem realen Prozessleitsystem ist es möglich verschiedenste Komponenten innerhalb des VR-Labs in echt zu steuern und umgekehrt. Diese Entwicklung ermöglicht eine Vielzahl an interessanten Anwendungsmöglichkeiten u.a. im Bereich der Inbetriebnahme und der Wartung von energietechnischen Anlagen [3]. Ein weiterer Anwendungsbereich von VR-Brillen liegt in der Unterstützung von Fachkräften im Vor-Ort-Einsatz durch ExpertInnen im Bereich der Fernwartung [5]. Zusätzlich bietet sich die Technologie für verschiedene Lehrzwecke wie z.B. im Bereich der virtuellen Labore an [6].

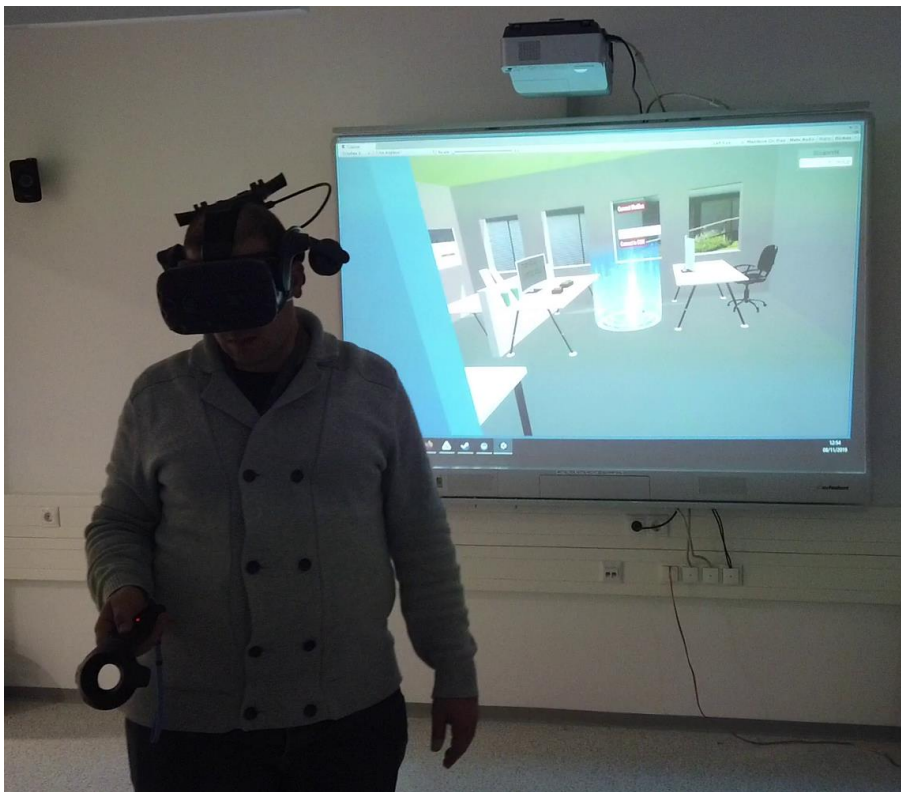


Abb. 2: Virtual-Reality-Lab des EAS-Labs (Quelle: eigene Darstellung)

Laboraüstattung

Die Infrastruktur setzt sich im Wesentlichen aus Energieproduzenten, Energiespeicher, Verbraucher sowie Mess-, Steuerungs- und Kommunikations- bzw. Netzwerktechnik zusammen. Dabei produzieren mehrere Photovoltaik-Anlagen mit verschiedenen Modultechnologien sowie eine Solarthermieanlage saubere Energie und ermöglichen eine wissenschaftliche Betrachtung der volatilen Energieerzeugung. Beide Laboreinheiten verfügen über mehrere Energiespeichereinheiten mit steuerbaren Lade- und Entlademanagement, sodass sich Lastspitzen und -schwankungen gezielt

abfedern lassen und die Netzqualität positiv beeinflusst werden kann. Zusätzlich sind mehrere Lademöglichkeiten für die Elektromobilität integriert. Das Angebot reicht hier von einer Fahrradladestation über Ladeboxen für den Privatanwender bis hin zu Gleichspannungs-Schnelladesäulen, womit viele Fahrzeuge unter 1 Stunde Ladedauer geladen werden können. Daneben stellen beispielsweise IR-Heizungspaneele und eine Warmwasseraufbereitung konventionelle Verbraucher im Labor dar.



Abb. 3: Nachgeführte und stationäre Photovoltaik Anlage mit unterschiedlichen Modultypen des EAS-Labs (Quelle: eigene Darstellung)

Beide Laboreinheiten sind mit einem Smart-Building System sowie einem Prozessleitsystem ausgestattet, wodurch sich alle Energie-Erzeuger, -Speicher und -Verbraucher sowie u.a. die Jalousien, das Wärme- sowie Kältesystem und die Beleuchtung je nach Bedarf und persönlicher Anforderung intelligent steuern lassen. Die Gebäudesteuerung beruht dabei auf einer logischen Programmierung mit Integration der installierten Messtechnik, sodass an wichtigen Knoten, Spannung, Strom und Leistungswerte sowie Wetterdaten gemessen werden, um für den Steuerungsalgorithmus wichtige Echtzeitdaten zur Verfügung zu stellen. Ein übergeordnetes Lastmanagementsystem koordiniert und visualisiert dabei die Lastflüsse und gibt Auskunft über die verschiedenen Energiequellen und –senken [7].

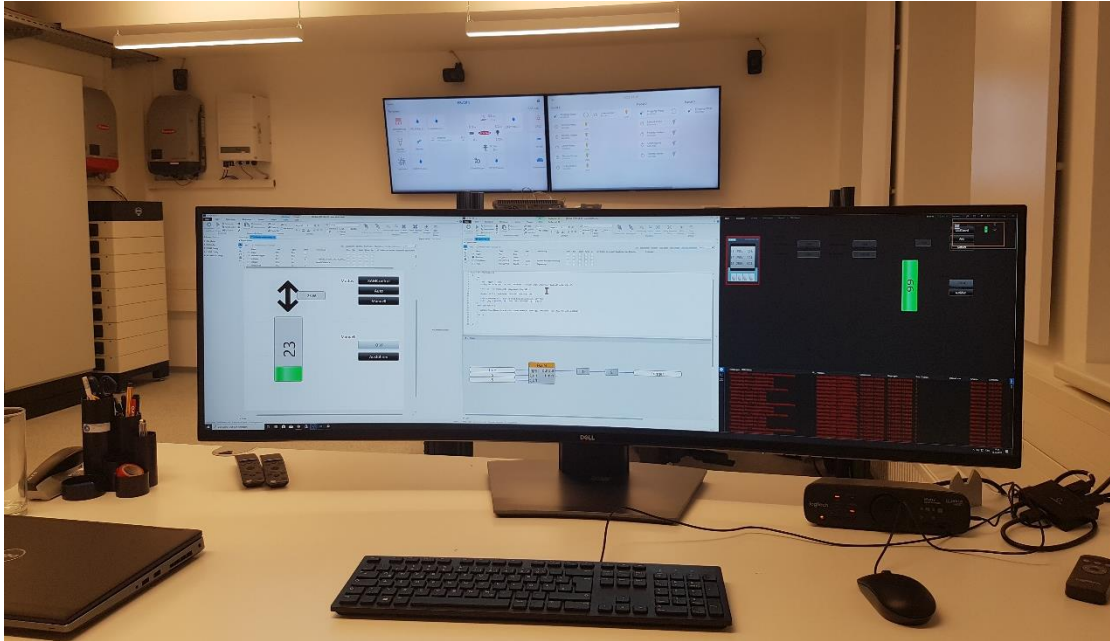


Abb. 4: Leitwarte und Technikbereich des EAS-Labs (Quelle: eigene Darstellung)

Verwertung des EAS-Labs

Das EAS-Lab positioniert sich als kompetente Forschungs- und Entwicklungsinstitution für unterschiedlichste Fragestellungen im Bereich der Energietechnik und Energiewirtschaft, mit umfangreicher Expertise in den Disziplinen der klassischen Elektrotechnik und Informatik, der Automatisierungstechnik sowie im Energie-, Mobilitäts- und Umweltmanagement. Dabei dient das Labor nicht nur internen und kooperativ geförderten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, sondern ist auch ein Anlaufpunkt für Wirtschaftsunternehmen für Auftragsforschung und Entwicklungstätigkeiten. Im Spannungsfeld von volatilen Energieversorgungen, Netzbetriebsweisen, Kundenerwartungen, technischen und regulatorischen Beschränkungen bietet das EAS-Lab die nötigen Voraussetzungen, um Meinungen in Argumente und Problemstellungen in Lösungen umzuwandeln. Das Labor stellt somit einen wichtigen Baustein für die Erarbeitung von Zukunftstechnologien und -strategien sowie Optimierungsschritten zur Umsetzung der Energiewende dar.

Projektbeispiele und -ideen

Ein Forschungsschwerpunkt soll zukünftig die Integration virtueller Komponenten in den Laborverbund darstellen. Die Entwicklung von Simulationsmodellen, basierend aus den im Labor generierten Daten der Energie-Produzenten, -Speicher und -Verbraucher sowie sonstigen externen

Daten, soll zukünftig „Model in the Loop“-Simulationen eines Energieverteilernetzwerkes ermöglichen. Hierdurch sollen volatile Energieerzeugungen, dynamische Lastsituationen und Lastflüsse bis hin zu Ausfällen im Energieverteilnetz nachgestellt, validiert und verifiziert werden. Neben der Simulation von Kleinproduzenten wie z.B. Prosumer sollen auch virtuelle Kraftwerke ihre Energie in das Netzwerk virtuell einspeisen können. Hierdurch entsteht die Möglichkeit innovative Lastmanagementsysteme für Verbrauchergemeinschaften zu untersuchen. Da das Energienetzwerk beliebig um Verbraucher und Erzeuger erweiterbar ist, lassen sich von Mehrparteienhäuser über Nachbarschaftsverbände bis hin zu Kommunen simulieren und untersuchen.

Eine Projektidee im Bereich der intelligenten Energie- und Lastmanagementsysteme basierend auf autonomen, computerbasierten Algorithmen wurde bereits entwickelt. Die Zielsetzung ist dabei die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle in Zusammenspiel mit einer Optimierung intelligenter Lastmanagementsysteme basierend auf Algorithmen aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz. Sowohl die Anpassung und Entwicklung der Geschäftsmodelle als auch der Einsatz geeigneter Algorithmen für das Lastmanagement sollen den Eigenverbrauch der selbsterzeugten Energie innerhalb der Modellstruktur eines Wohn- und Geschäftsverbundes erhöhen. Hierbei wird auf das Nutzerverhalten und die Nutzerperspektive besonders Rücksicht genommen. Angestrebtes Ergebnis ist somit die Entwicklung eines datenbasierten Modells eines intelligenten Lastmanagementsystems, welches hinsichtlich der möglichen technischen Realisierung durchdacht ist und auf die Anforderungen zukünftiger Geschäftsmodelle – inklusive der Nutzeranforderungen – Rücksicht nimmt.

Daneben sind Simulationen im Bereich „Digitaler Zwilling“ angedacht. So beschäftigt sich z.B. eine laufende Masterarbeit mit der Modellierung einer 2-achsig nachgeführten PV-Anlage. Dabei werden die physikalischen Zusammenhänge von Sonnenverlauf, Strahlungsintensität, Temperatur und Photovoltaikerzeugung modelliert und teilweise mit realen Messwerte gefüttert. Durch Abgleich mit den Messwerten der realen PV-Anlagen werden die Simulationsparameter iterativ angepasst und optimiert, sodass das Simulationsmodell möglichst wenig von den realen Messwerten abweicht. Ziel ist es aufgrund von Differenzen zwischen den realen Messwerten und den Simulationsergebnissen Störungen der realen PV-Anlage und deren Ursache zu identifizieren. Die Messwerte werden dabei in dem Prozessleitsystem ausgewertet und visualisiert.

Fazit:

Das Energy Analytics & Solution Lab wird zukünftig einen wertvollen Beitrag für die Umsetzung der Energiewende und Etablierung einer sauberen Umwelt liefern. Das breite und fächerübergreifende

Know-how des Forschungspersonals gekoppelt mit einer innovativen vernetzten Laborinfrastruktur erlaubt es wichtige Energie-Themen der Zukunft zu analysieren, zu erforschen und notwendige Lösungen zu entwickeln. Durch kooperative F&E-Projekte sowie durch den Einsatz in der Lehre, kann das Wissen ideal verbreitet werden und einen wichtigen Mehrwert für die heimische Wirtschaft und die regionale sowie globale Umwelt bringen.

Referenzen:

- [1] E-Energy: ABSCHLUSSBERICHT BEREICH INFORMATIONEN- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE, Technische Universität München 2013
https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/ab-ikt-bereich.pdf;jsessionid=14FC0615B6F8C1E934A74E39F2444286?_blob=publicationFile&v=2
- [2] MGuard, PHOENIX CONTACT, http://help.mguard.com/pdf/de/devices/105656_de_05.pdf
- [3] Netzkommunikation für Industrie 4.0, BMWi Deutschland, https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/netzkommunikation-i40.pdf?_blob=publicationFile&v=9
- [4] Grundlagen der Instandhaltung, DIN 31051:2019-06, <https://dx.doi.org/10.31030/3048531>
- [5] Reichel J, Betriebliche Instandhaltung, Springer 2018, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53135-8>
- [6] Potkonjak et al., Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review, Computers & Education, Volume 95, 2016, Pages 309-327, ISSN 0360-1315
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- [7] Zukunftsfond Steiermark, Land Steiermark,
<http://www.zukunftsfonds.steiermark.at/cms/beitrag/12584979/140372033/>