

Heutzutage beginnt fast jeder Mensch, der in einem industrialisierten Land lebt, seinen Tag mit Energiekonsum. Energie, die zu großen Teilen vom zentralen Stromnetz bereitgestellt wird. Ein Radiowecker klingelt, das Licht wird eingeschaltet und eine Tasse Kaffee gekocht, während ein Fernseher oder Radio für Unterhaltung sorgt. Strom betrifft zahlreiche Bereiche des modernen Lebens. Wenig überraschend also, dass die amerikanische Ingenieurvereinigung (National Academy of Engineering, NAE) die Elektrifizierung zur größten Ingenieurleistung des vergangenen Jahrhunderts erklärt hat. Nun stellen Sie sich vor, Sie hätten keinen Strom zur Verfügung – also auch keinen Fernseher, kein Radio, kein elektrisches Licht. Für 1,2 Milliarden Menschen auf der Welt ist das Alltag. Laut einem Bericht der Weltbank ist das der Anteil der Bevölkerung, der noch immer keinen Zugang zu Elektrizität hat – 2,8 Milliarden sind zum Kochen und Heizen nach wie vor auf Festbrennstoffe wie Holz und Kohle angewiesen.

Die Idee: lokale Energiesysteme

Um auch in nicht industrialisierten Weltregionen den Zugang zu elektrischem Strom zu ermöglichen, wurde von Professor Robert S. Balog und seinen Studenten an der Texas A&M University ein Forschungsprojekt ins Leben gerufen. Gemeinsam wollen sie etwas bewegen und arbeiten an einem Konzept für ein Hybridversorgungsnetz, das auf erneuerbaren Energien basiert. Kern der Idee ist ein lokales Strom- und Energiesystem (Local Area Power and Energy System, LAPES), das sich aus verschiedenen Lasten, erneuerbaren Energiequellen und Speichermedien zusammensetzt. Das LAPES soll als Sekundär-Einspeisesystem neben dem zentralen Stromnetz bestehen. Es lässt sich bei Bedarf mit dem zentralen Stromnetz verbinden, kann aber genauso gut völlig autark betrieben werden –

zum Beispiel in Entwicklungsländern ohne durchgängiges Versorgungsnetz.

Warum LAPES?

„Die internationalen Ziele, die 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris festgelegt wurden, machen eines klar: Die Gesellschaft muss einen drastischen Paradigmenwechsel durchlaufen – weg von der gegenwärtigen Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen hin zu umweltfreundlichen Energiesystemen“, so Professor Balog. „Das LAPES wird als so ein zukunftsweisendes elektrisches Energiesystem für den kommunalen Einsatz eingeordnet und gilt außerdem als schneller realisierbar als beispielsweise ein großflächiges, futuristisches Smart Grid.“ In Entwicklungsländern könnte es unter weniger strengen Auflagen gebaut und angeschlossen werden. In Industrieländern wiederum ließen sich mit LAPES zusätzliche Strompakete erzeugen, wenn zum Beispiel veraltete elektrische Infrastrukturen einer Erneuerung bedürfen. Während der Ausbesserungsarbeiten müsste nicht das komplette Netz außer Betrieb genommen werden.

Hybridversorgungssysteme mit LAPES

Das LAPES unterscheidet sich von einem zentralen Stromnetz in der Art des zur Verfügung gestellten Stroms (Gleichstrom anstatt Wechselstrom) und durch seine deutlich geringere Komplexität. Mit seinen einzelnen Komponenten ist es zunächst in sich geschlossen und wesentlich kompakter, weshalb es zu den sogenannten „Mikronetzen“ gezählt wird. Gemäß einem Bericht des Marktforschungs- und Beratungsinstituts Navigant Research von 2015 werden Mikronetze bis 2024 einen Jahresumsatz von 1,4 Milliarden US-Dollar erwirtschaften. Diese aussichtsreiche Prognose verdanken sie ihren zahlreichen Vorzügen: Sie steigern den Anteil erneuerbarer Energien an



Smart Grid –

Intelligentes Stromnetz, bei dem über eine starke Vernetzung zwischen Energieerzeugung, -verbrauchssteuerung und -speicherung eine optimale Abstimmung von Energieangebot und -nachfrage erreicht werden soll.

>>



Solarenergie als Basis für zukunftsweisende Hybridstromnetze

Sonnige Aussichten

Strom jederzeit abrufbereit aus der Steckdose – das ist längst nicht für jeden selbstverständlich. Studenten der Texas A&M University entwickeln mit Hilfe von dSPACE Werkzeugen ein Konzept für Hybridversorgungssysteme als zukunftsweisende Lösung für Entwicklungsländer, die derzeit noch nicht zuverlässig mit Strom versorgt sind.



Abbildung 1: Ein Student der Texas A&M University simuliert Hybridversorgungssysteme der Zukunft.

der Stromversorgung und sorgen außerdem für eine ökonomische Optimierung des Stromnetzes. Ein weiterer Zusatznutzen ist die erhöhte Netzstabilität bei etwaigen Stromausfällen. Mit Gleichstrom-Mikronetzen, die an strategisch sinnvollen Stellen des bestehenden Wechselstromnetzes eingesetzt würden, entstünde insgesamt ein neues „hybrides“ Versorgungssystem. Vor dem flächen-

deckenden Einsatz der Mikronetze sind jedoch umfassende theoretische Machbarkeitsstudien notwendig.

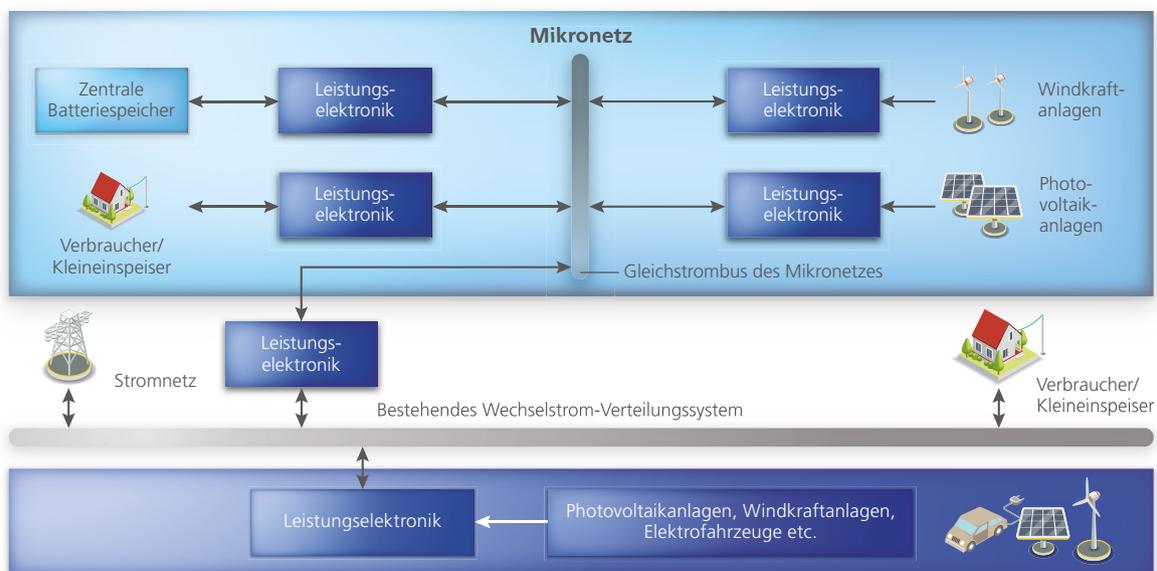
Ein Forschungsschwerpunkt: elektrische Energieumwandlung

Das Team erforscht zunächst die ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen der elektrischen Energieumwandlung. Dabei spielen verschiedene Themenbereiche eine besondere Rolle:

- Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie (Photovoltaik)
- Kostengünstiges Wechselrichter-System für den Einsatz mit alternativen Energiequellen (einschließlich Brennstoffzellen, Photovoltaik etc.)
- Zuverlässige Leistungselektronik mit einer Laufleistung von mindestens 40 Jahren
- Verteilte Gleichstromanlagen mit Schwerpunkt auf lokaler/verteilter Steuerung
- Selbsteinstellende gekoppelte Filter für Induktoren
- Batteriemangement, State-of-Health-Management
- Nichtlineare Regelungstechniken wie die modellprädiktive Regelung
- Elektrische Sicherheit wie Störlichtbogenerkennung

Der Schwerpunkt des Forschungsteams liegt auf Photovoltaikanlagen, bei denen Licht direkt in Elektrizität umgewandelt wird. „Letztlich ist es unser Ziel, die Photovoltaik, und damit die Solarenergie, aus der alternativen Ecke herauszuholen und in das breite Energiequellenportfolio zu

Abbildung 2: Die Vision der Studenten ist die Entwicklung eines hybriden Verteilungssystems, bei dem Gleichstrom-Mikronetze neben dem zentralen Wechselstromnetz bestehen und bei Bedarf mit diesem gekoppelt werden können.





„Wir wollten nicht einfach nur ein weiteres Werkzeug im Labor stehen haben. Wir wollten das richtige Werkzeug finden. Deshalb haben wir uns für ein Entwicklungssystem von dSPACE entschieden.“

Professor Robert S. Balog, PhD, leitet das Forschungslabor für regenerative Energien und Leistungselektronik an der Texas A&M University. Derzeit lehrt er an der „Texas A&M University at Qatar“.

rücken – und das auf eine technologisch und ökonomisch nachhaltige Art und Weise“, so Professor Balog. „Wir möchten ein international anerkanntes Forschungszentrum in diesem Bereich werden.“

Modellprädiktive Regelung

Bei dem Projekt spielt die modellprädiktive Regelung eine wesentliche Rolle. Hierbei kommt ein Modell zum Einsatz, das in Abhängigkeit verschiedener Ausgangsgrößen wie Sonnenlicht Voraussagen über das zukünftige Verhalten des Versorgungssystems trifft. Diese dienen als Grundlage für seine Weiterentwicklung. Im Mittelpunkt der Forschung stehen die Themen photovoltaische Energieumwandlung, Steuerung eines Gleichstrom-Mikronetzes und Steuerung eines Hybridversorgungssystems mit mehreren Quellen. Die Vision der Studenten ist die Entwicklung eines zukunftsweisenden hybriden Verteilungssystems, das Gleichstrom-Mikronetze, die auf erneuerbaren Energien basieren, in das bereits bestehende Wechselstromnetz integriert (Abbildung 2).

Echtzeitsimulation mit HIL-Systemen

Zur Durchführung der notwendigen Tests und Untersuchungen haben sich Professor Balog und seine Studenten nach sorgfältiger Evaluierung für eine Werkzeugkette auf Basis von dSPACE Produkten entschieden.

Wesentlicher Bestandteil ist ein Hardware-in-the-Loop (HIL)-System in einer dSPACE Expansion Box, das auf einem DS1007 PPC Processor Board basiert. Dank der hohen Rechenleistung des DS1007 lassen sich damit die realen Bedingungen in der Umgebung des Versorgungssystems simulieren und so die verschiedensten Szenarien in Echtzeit durchspielen. Die Algorithmen der modellprädiktiven Regelung werden mit der dSPACE Software Real-Time Interface (RTI) auf der Hardware implementiert. Die Auswirkungen von veränderlichen Ausgangsbedingungen wie etwa dem Wetter lassen sich mit Hilfe des HIL-Systems leicht erkennen, außerdem sind die entwickelten Regelalgorithmen schnell in verschiedenen Anwendungen validierbar. „Mit dem dSPACE System erleben wir die dynamischen Interaktionen zwischen den realen Hardware-Komponenten in all ihren Facetten“, erklärt Professor Balog. „Das ermöglicht es uns, das Zusammenspiel von Systemen und Subsystemen umfassend zu charakterisieren und nachzuvollziehen.“ Schritt für Schritt entwickelt sich das Projekt so vom Entwurf zu einem realisierbaren System. Am Ende wird eine vollständige Abbildung des geplanten Hybridversorgungssystems erreicht – und zwar in einem Bruchteil der Zeit, die das Team für den Entwurf und die Herstellung teurer Prüf-Hardware benötigt hätte. ■

Fazit

Mit dem Forschungsprojekt im Bereich Mikrostromnetze möchten die Studenten der Texas A&M University dabei helfen, Entwicklungsländer zuverlässig mit Strom zu versorgen. Gleichzeitig erhoffen sie sich, den regenerativen Energien – insbesondere der Photovoltaik – den Weg in zukunftsweisende Energieversorgungskonzepte zu erleichtern. Als Basis für ein Hybridversorgungsnetz der Zukunft eignen sich regenerative Energien besonders gut. Deshalb werden die Texas A&M University und dSPACE die Forschung auf diesem Gebiet weiter vorantreiben. Vielleicht spielen hybride Versorgungssysteme also schon bald eine entscheidende Rolle bei der Lösung der aktuellen Probleme in der Energieversorgung.

*Mit freundlicher Unterstützung
der Texas A&M University*