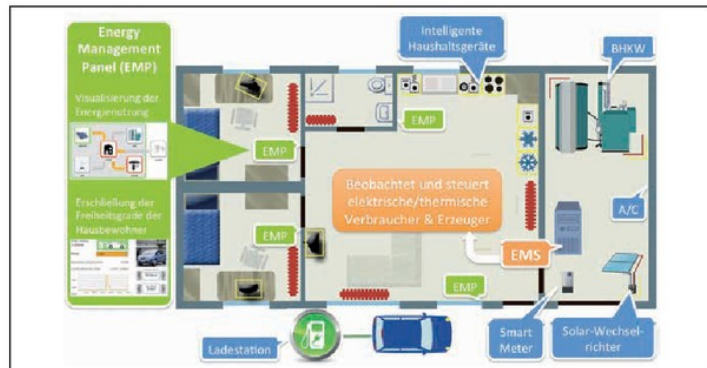


Energy Smart Home Lab

## Das intelligente Haus der Zukunft als Teamplayer im Energienetz

Bisher kam der Strom aus großen Kraftwerken und wurde über das Stromverteilnetz bedarfsgerecht an die Verbraucher weitergeleitet. Heute wächst der Anteil dezentraler Energieerzeuger, verbunden mit neuen Herausforderungen für Netzbetreiber und Energieversorger. Das Energy Smart Home Lab (ESHL) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) dient als Testumgebung, die es ermöglicht, Wechselwirkungen zwischen Netz, dezentralen Energieerzeugern und Nutzerverhalten darzustellen.



*Bild 1. Grundriss des Energy Smart Home Lab: In dem unauffälligen Container verbirgt sich eine energieautarke, 60 m<sup>2</sup> große Wohnung, die mit allen üblichen Haushaltsgeräten ausgestattet und komplett vernetzt ist*

Quelle: KIT

Das ESHL besteht aus einem Container mit einer 60 m<sup>2</sup> großen Wohnung (Bild 1), die zwei Schlafzimmer hat und mit allen üblichen Haushaltsgeräten ausgestattet ist. Sämtliche Haushaltsgeräte, wie Waschmaschine, Trockner, Spülmaschine sowie Kühlgeräte sind direkt oder mittels Adapter über ein Bus-System miteinander vernetzt. Die Stromversorgung übernehmen

eine 4,8-kW-Photovoltaikanlage auf dem Dach sowie ein  $\mu$ -Blockheizkraftwerk im Keller. Über eine Ladestation lässt sich auch ein Elektroauto an das Haus anschließen, das Energie sowohl speichern als auch zurück ins Stromnetz speisen kann. Zu Zeiten mit geringer Last und hoher Verfügbarkeit von Strom wird es geladen, zu Zeiten mit hoher Last gibt das Fahrzeug bei Be-



Dipl.-Ing. **Cornelia Mrosk**, Redaktionsbüro Mrosk, Ettlingen



*Bild 2. Das Energy Smart Home Lab am KIT verkörpert beispielhaft einen voll ausgestatteten Haushalt mit modernen Netzteilnehmern als reale Testumgebung für ein Power-Hardware-in-the-Loop-System*

Quelle: KIT

## Smart Energy

## KIT-Projekte

MeRegioMobil hatte zum Ziel, Elektrofahrzeuge als mobile Stromspeicher und -verbraucher in das Energiesystem des Energy Smart Home Lab zu integrieren. iZEUS (Intelligent Zero Emission Urban Systems) steht für die netzschonende Integration der Elektromobilität ins Energiesystem. Hinzu kamen Flottentests, die durch die Entwicklung und Bereitstellung einer Dienstplattform realisiert wurden und erstmals die Möglichkeiten von Vehicle-to-Grid aufzeigten. Im Projekt grid-control wurde ein Gesamtkonzept für zukunftsfähige Verteilnetze entwickelt, das der wachsenden Zahl dezentraler Energieerzeuger Rechnung trägt. C/sells beschreibt ein zukunftsgerichtetes Energiesystem, in dem viele verschiedene Einzelakteure (Zellen) zu einem breiten Verbund zusammengeschlossen werden können. Eine Zelle ist beispielsweise eine Stadt oder ein Stadtteil, ein einzelnes Objekt, wie ein Flughafen, eine Liegenschaft oder eben das ESHL. Erzeugung und Verbrauch von Energie innerhalb einer Zelle werden abgestimmt und bei Bedarf flexibel dem Versorgungsnetz zur Verfügung gestellt. C/sells strebt an, die Energiewende unter aktiver Beteiligung der Bevölkerung zu realisieren. Das Projekt flexQgrid untersucht, wie kritische Netzzustände verhindert werden können und welche Maßnahmen am wirkungsvollsten sind. In einem realen Netz können kritische Netzzustände nicht provoziert werden. Das ESHL eignet sich hier zusammen mit einem simulierten Niederspannungsnetz als reale Testumgebung, ohne negative Auswirkungen auf die Netzteilnehmer.



**Bild 3.** Im Rahmen von Wohnphasen lässt sich untersuchen, wie Nutzer sich bei vorhandenen Preisanreizen verhalten

Quelle: KIT

darf die Energie an das Netz zurück. So dient das Elektroauto nicht nur zur Fortbewegung, sondern neben dem im ESHL fest installierten Heimspeicher auch als zusätzlicher Pufferspeicher.

## Intelligente Preissysteme gefragt

Sämtliche Energieflüsse und der momentane Stromverbrauch aller

angeschlossen Geräte werden im Energie-Management-Panel (EMP) erfasst und auf Tablets visualisiert. Diese dienen darüber hinaus als Benutzerschnittstelle zu einem Energiemanagement-System. Hier können die Bewohner beispielsweise festlegen, wann das Elektroauto aufgeladen sein muss oder wann die Wäsche fertig sein soll (Bild 2). Im Rahmen von Wohnphasen lässt

sich untersuchen, wie Nutzer sich bei vorhandenen Preisanreizen verhalten. Darüber hinaus kann das Energiemanagement-System die Verbraucher automatisiert steuern (Bild 3), so dass der unter Verbrauchs- und Preisaspekten jeweils günstigste Zeitpunkt zum Laden und zum Waschen genutzt wird. So ist es möglich, auch in Privathaushalten Lastspitzen zu vermeiden und bei entsprechenden Preismodellen Energiekosten zu sparen.

Mit Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerken, Heimspeichern oder Batterien in Elektroautos wird der Haushalt zum aktiven Netzteilnehmer, zum sog. Prosumer. Aufgrund der steigenden Anzahl solcher Anlagen nimmt ihr Einfluss auf das Versorgungsnetz und auf die Versorgungssicherheit zu. Je nach Wetterlage liefern dezentrale Energieerzeuger wie Photovoltaikanlagen oder Windräder schwankende Energiemengen. Dennoch müssen die für das Netz vorgegebene Spannung und Frequenz eingehalten und die Netzstabilität sichergestellt werden. Um die Auswirkungen dieser Netzteilnehmer auf das Stromnetz zu untersuchen und entsprechende Regelmechanismen zu entwickeln, betreibt das Institut für Elektroenergiesysteme und Hochspannungstechnik (IEH) am KIT ein Power-Hardware-in-the-Loop-System (PHIL, Bild 4).

## Netzteilnehmer der Zukunft im Netz testen

Sebastian Hunbschneider, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IEH erläutert: »Mit diesem System können wir Netzteilnehmer, also reale Hardwarekomponenten, in ein virtuelles Energienetz einbinden, von handelsüblichen Haushaltsgeräten bis hin zu komplexen Umrichtersystemen.« Dazu berechnet ein leistungsfähiger Echtzeit-Rechner den Ist-Zustand eines simulierten Niederspannungsnetzes. Die Spannung des Hausanschlusses stellt ein 4-Quadrantensteller bereit, hier ein Linearverstärker mit 30 kVA Leistung. Der von den Netzteilnehmern bezogene Strom wird in das simulierte Niederspannungsnetz zurückgeführt. In die Berechnung des neuen Netzzustandes fließen die Auswir-



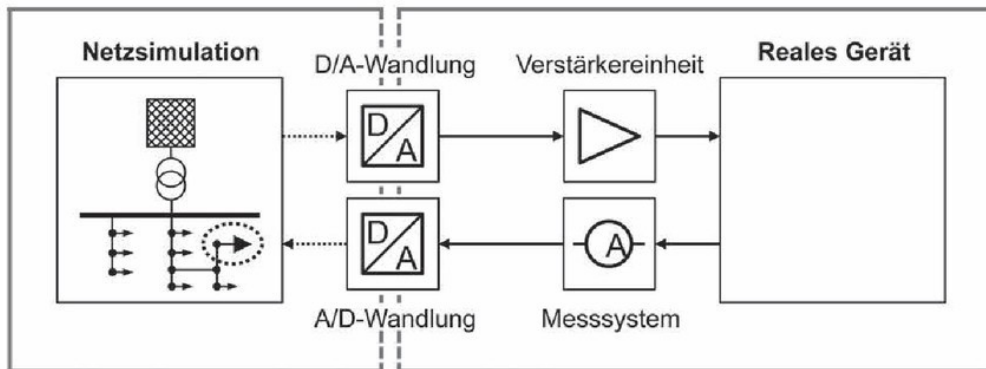


Bild 4. Power-Hardware-in-the-Loop-Systeme erlauben es, Netzteilnehmer in ein virtuelles Energienetz einzubinden

Quelle: KIT

kungen auf den Netzzustand ein. Die daraus resultierenden neuen Ist-Spannungen werden dann wieder an den 4-Quadrantensteller übertragen. So entsteht ein geschlossener Regelkreis. »Auf diese Weise lässt sich die Systemreaktion des Netzes und der angeschlossenen Hardwarekomponenten bei unterschiedlichen Betriebszuständen systematisch und reproduzierbar untersuchen«, führt Hubschneider weiter aus. »Treten Fehler im Netz auf, z. B. eine zu niedrige Spannung oder eine zu hohe Frequenz, können Wechselrichter zum Ausgleich dieser Fehler beitragen.«

Der bedeutende Vorteil von PHIL besteht darin, dass das Verhalten komplexer Netzteilnehmer mit allen Regel- und Schutzalgorithmen

sowie ihren jeweiligen Netzzrückwirkungen schon vor der Installation realer Geräte im Netz untersucht werden kann. Auch die Interaktion zwischen verschiedenen Netzteilnehmern sowie das Verhalten in Fehlerfällen lassen sich auf diese Weise erproben.

Das ESHL verkörpert beispielhaft einen vorhandenen Haushalt mit modernen Netzteilnehmern als reale Laborumgebung. Im Energienetz der Zukunft mit zahlreichen dezentralen Energieerzeugern und Batteriespeichern sind Verbraucher auch aktive Netzteilnehmer und können ihren Beitrag zur Versorgungssicherheit und Netzstabilität leisten.

Das ESHL wurde am KIT in den Projekten MeRegioMobil (2009 –

2011), iZeus (2012 – 2014), grid-control (2015 – 2018), C/sells (2017 – 2020) und flexQgrid (2019 – 2022) entwickelt und wird permanent an neue Forschungsaufgaben angepasst. Es zeigt, wie dezentrale Energiequellen durch geschicktes Energiemanagement optimal genutzt werden können, um Wohnen (Smart Home), Verkehr (Elektromobilität) und Energie (Smart Grid) so miteinander zu verbinden, dass die Energie optimal genutzt wird. Auf diese Weise lassen sich Energiekosten sparen und gleichzeitig das Versorgungsnetz unterstützen.

[sebastian.hubschneider@kit.edu](mailto:sebastian.hubschneider@kit.edu)

[www.ieh.kit.edu](http://www.ieh.kit.edu)

Anzeige

Lokales Knowhow und globale Erfahrung für Ihr Projekt in der Mittelspannung.

**ORMAZABAL**  
velatia

Wir beraten Sie gerne.

Ormazabal GmbH | Tel.: +49 (0) 2151 4541 0