



Drei baugleiche Einfamilienhäuser mit etwa 100 Quadratmetern Wohnfläche entstehen in der Helmholtz-Forschungsinfrastruktur Living Lab Energy Campus (LLEC) am KIT Campus Nord. Die als Reallabor konzipierten, voll möblierten Experimentalgebäude erscheinen äußerlich identisch, sind aber mit verschiedenen regelbaren Heizsystemen ausgestattet. Die Musterhäuser sind neben zwei Bürogebäuden Teil eines Projekts, welches das KIT mit dem Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen realisiert. „Ziel des Gemeinschaftsprojekts ist ein CO₂-neutraler Campusbetrieb bei größtmöglicher Netzunterstützung“, erläutert Dr. Clemens Döpmeier, Leiter des Fachgebiets IT-Methoden und -Komponenten für smarte Infrastrukturen (IT4SI) am Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI).

Das Gemeinschaftsprojekt umfasst den Aufbau eines Reallabors für die Erforschung von intelligenten, dezentralen Energiesystemen. Hier lassen sich die Versorgung eines Gebäude- oder Industrieareals mit Strom, Wasser, Gas, Wärme und Kälte dynamisch an Marktbedingungen und Netzanforderungen anpassen. Das Reallabor besteht aus einem Testfeld auf dem Campus in Jülich und dem Testfeld auf dem KIT Campus Nord. „Wir analysieren

Mithilfe der Forschungsinfrastruktur können typische Campus-Gebäude-Infrastrukturen und Industrieareale analysiert werden

Using the research infrastructure, typical campus building infrastructures and industrial areas can be analyzed



typische Campus-Gebäude-Infrastrukturen und Industrieareale, die am KIT Campus Nord aus den drei Musterhäusern, zwei ausgewählten Bürogebäuden und den auf die Energie bezogenen Forschungsanlagen und Netzen bestehen“, führt Döpmeier weiter aus. Jan Wachter, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IAI ergänzt: „Die Experimentalgebäude machen die Auswirkungen der Energiewende für Bürgerinnen und Bürger erlebbar und zeigen, wie sich bei absolut identischen Wetterbedingungen eine lernfähige, vorausschauende und netzdienliche Prozessführung auf verschiedene Gebäudeheiz- und -kühlkonzepte auswirkt, wie sich ein multimodales Nachbarschaftsnetz bewährt und wie das öffentliche Stromversorgungsnetz unterstützt werden kann.“ Beide Testumgebungen sind über die informations- und kommunikationstechnische Leitwarten-Infrastruktur des Energy Lab 2.0 miteinander verbunden.

Die LLEC-Plattform hat zum Ziel, integrierte Energieversorgungssysteme in den Bereichen Wärme, Strom, chemische Energiespeicher und Mobilität durch lernfähige und vorausschauende Regelungsstrategien zu entwickeln. Wachter erläutert: „Notwendig ist das, weil verschiedene dezentrale Energiequellen nicht zu jeder Tages- und Jahreszeit oder bei allen Wetterbedingungen konstante Energie liefern können. Die verfügbare Energie hängt beispielsweise von Wetterbedingungen, Lichteinfall oder anderen schwankenden Parametern ab. Für eine stabile Energieversorgung wird die Kopplung verschiedener Energiesektoren, wie Elektrizität, Wärme und Gas immer wichtiger.“

In den Musterhäusern ist es möglich, verschiedene Gebäude-Heizkonzepte unter vollkommen identischen Wetterbedingungen zu untersuchen. Das erste Haus (Wärmepumpenhaus) heizt und kühlt mit Wärmepumpen, das zweite (Stromhaus) mit Elektrodirektheizung, Bauteilaktivierung mit Heizkabeln und Solarthermie, das dritte (Brennstoffzellenhaus) arbeitet mit einer Erdgas-Brennstoffzelle.

WELCHE TECHNOLOGIE PASST, UM GEBÄUDE UND INDUSTRIEPARKS INS NETZ ZU INTEGRIEREN?

VON CORNELIA MROSK



Ungleiche Drillinge



Die drei baugleichen Einfamilienhäuser sind voll möblierte Reallabore, die mit unterschiedlichen Heizsystemen ausgestattet sind. Sie sind Teil des Living Lab Energy Campus (LLEC) der Helmholtz-Gemeinschaft

The three identically designed single-family homes are fully furnished real-life laboratories, which are equipped with different heating systems. They are part of the Living Lab Energy Campus (LLEC) of the Helmholtz Association

Dissimilar Triplets

Which Technology Can Be Used to Integrate Buildings and Industrial Parks in the Grid?

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

Three single-family houses of identical design with an area of about 100 sqm each are being built on the Living Lab Energy Campus (LLEC), a Helmholtz research infrastructure on KIT's Campus North. The fully furnished experimental buildings are designed for use as a real-world lab and appear to be identical, but are equipped with different adjustable heating systems. These houses and two office buildings are part of a project operated by KIT in cooperation with Forschungszentrum Jülich and RWTH Aachen. "Our joint project is aimed at a CO₂-neutral campus operation with maximum grid support," says Dr. Clemens Döpmeier, Head of the Research Area "IT Methods and Components for Smart Infrastructures" (IT4SI) of KIT's Institute for Automation and Applied Informatics (IAI).

The collaborative project includes establishing a real-world lab for studying smart, decentralized energy systems. Here, supplying a building or industrial area with power, water, gas, heat, and cold can be adapted dynamically to market conditions and grid requirements. The real-world lab consists of a test field on the campus in Jülich and a test field on KIT's Campus North. "We analyze typical campus infrastructures and industrial areas, including the three model houses, two selected office buildings, and the energy-related (research) facilities and grids on KIT's Campus North," Döpmeier continues. Jan Wachter, scientist of IAI, adds: "The experimental buildings allow the effects of the energy transition to be experienced by citizens. In addition, they demonstrate the impact of anticipatory and grid-supporting process control, which is capable of learning, on various heating and cooling concepts of buildings under absolutely identical weather conditions, whether operation of a multi-modal neighborhood network is successful or not, and how the public power supply grid can be supported." Both test environments are connected via the ICT-based control system of the Energy Lab 2.0. ■

Contact: clemens.duepmeier@kit.edu

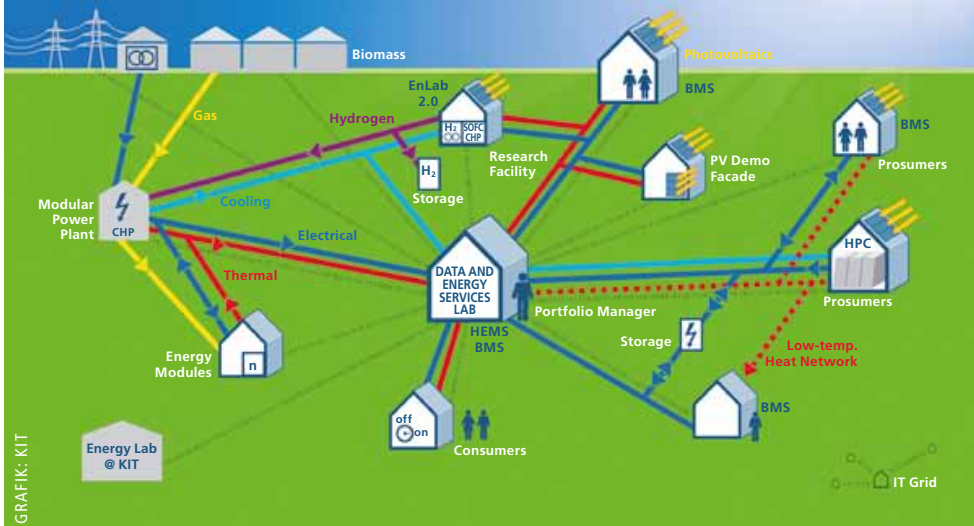


FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE
Clemens Döpmeier, Leiter des Fachgebiets IT-Methoden und -Komponenten für smarte Infrastrukturen (IT4SI) am Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI) des KIT

Clemens Döpmeier, Head of the Research Area "IT Methods and Components for Smart Infrastructures" (IT4SI) of KIT's Institute for Automation and Applied Informatics (IAI)

Die einzelnen Komponenten bilden zusammen die Helmholtz-Forschungsinfrastruktur Living Lab Energy Campus (LLEC)

The individual components together form the Living Lab Energy Campus (LLEC) Helmholtz research infrastructure



GRAFIK: KIT

le und kontrollierter Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung. Jedes Haus verfügt über einen Schichtspeicher mit 1 000 Litern Fassungsvermögen. Dort lassen sich mehrere Wärmeerzeuger mit unterschiedlichen Vorlauftemperaturen anschließen und je nach Bedarf Wärme oder Kälte speichern. Außerdem steht an jedem Haus eine bidirektionale Ladestation für Elektroautos zur Verfügung. Das Elektroauto kann Energie sowohl speichern als auch zurück ins Stromnetz speisen. Zu Zeiten mit geringer Last und hoher Verfügbarkeit von Strom wird es geladen, zu Zeiten mit hoher Last gibt das Fahrzeug bei Bedarf die Energie an das Netz zurück. So dient es auch als zusätzlicher Pufferspeicher. Den Strom beziehen die Experimentalhäuser je nach Anforderung aus dem öffentlichen Netz oder dem Energy Lab Microgrid, teilweise ergänzt durch eine PV-Anlage. Eine Besonderheit im Brennstoffzellenhaus ist neben der Versorgung mit üblichem Wechselstrom auch eine Gleichstromversorgung, die den direkten Anschluss von geeigneten Verbrauchern ohne Wandlungsverluste erlaubt. Schließlich erzeugen viele erneuerbare Energiequellen Gleich-



FOTO: MARKUS BREIG

Luigi Spatafora: Leiter der LLEC Experimentalgebäude

Luigi Spatafora: Head of the LLEC Experimental Buildings

strom, mit dem entsprechende Verbraucher dann direkt versorgt werden können.

Die drei Häuser sind mit einer Technik-Garage verbunden, die mit einem 1 300 Liter großen Schichtspeicher und einem konventionellen Pufferspeicher mit 1 500 Liter Fassungsvermögen ausgestattet ist. Eine spezielle Isolierung der Speicher erlaubt es auch, Kälte zu speichern. „Die Garage lässt sich beispielsweise als Erweiterung des Nachbarschaftsnetzes nutzen, sodass ein gleitendes Nahwärmenetz simuliert werden kann oder die Speicherkapazität wird bei Bedarf einem einzelnen Haus zugeteilt“, ergänzt Wachter. Außerdem können hier Wärme- und Kälteerzeuger von externen Wissenschaftlern und Kooperationspartnern angeschlossen werden und über das Nahwärmenetz einzelne oder alle Häuser versorgen. Genutzt werden die Häuser als Smart Office und als Wohngebäude, wobei Menschendummies durch Wärme- und Feuchteintrag den Nutzereinfluss simulieren.

Um den aktuellen Zustand und die Dynamik der Gebäude, der energietechnischen Anlagen und Netze sowie die Energietopologien



FOTO: CHRISTIAN WETZEL

Modularer Niedertemperaturkreislauf Karlsruhe (MoNiKa)

Ebenfalls auf dem Campus Nord ist am Institut für Kern- und Energietechnik (IKET) ein generischer Kraftwerkskreis eines Geothermiekraftwerks installiert. Der Kraftwerkskreis ist modular aufgebaut, mobil und bietet diverse Möglichkeiten zur Untersuchung der geothermalen bzw. Niedertemperatur-Stromerzeugung. Hauptkomponenten wie Pumpe, Wärmeüberträger, Turbine etc. sind austauschbar und lassen sich in weiten Betriebsbereichen charakterisieren. Teil der Forschungsarbeiten sind auch die Wechselwirkungen der Komponenten untereinander unter Berücksichtigung standortspezifischer Randbedingungen. Auf diese Weise können sowohl die einzelnen Komponenten als auch der Kreislauf als Ganzes thermodynamisch und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert werden. Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten an MoNiKa leisten einen Beitrag zur Effizienzsteigerung der Stromerzeugung aus niederenthalpen Geothermalquellen.

Zusätzlich sollen mit dem generischen ORC-Kreis (Organic Rankine Cycle) die verschiedenen Arbeitsfluide und auch Mischungen untersucht werden, hauptsächlich überkritisches Propan. Kraftwerkskreise mit überkritischen Frischdampfparametern zeigen eine deutlich höhere Stromausbeute als vergleichbare unterkritische Kraftwerkskreise, denn die Exergieverluste bei der Aufheizung und Verdampfung des Arbeitsfluids im Wärmetauscher sind geringer. Um standortunabhängige Untersuchungen durchführen zu können, ist der Kraftwerkskreis nicht an der Bohrung eines Thermalwasserkreises angeschlossen. Derzeit wird künstliches Thermalwasser in einem Heißwassererzeuger erhitzt und dann dem Kraftwerk zugeführt. Es können aber Temperatur und Massenstrom in weiten Bereichen variiert und zusätzlich Störeinflüsse wie Korrosion, Scaling oder standortspezifische Wasserzusammensetzungen aus den Untersuchungen eliminiert werden. Damit werden die Voraussetzungen geschaffen, auch Geothermie als Erzeugungsquelle einzusetzen und mit dem Fernwärmenetz zu koppeln. ■

Info: www.monika.kit.edu
 Kontakt: kuhn@kit.edu

Biomass-to-Liquids (BtL) – Der bioliq-Prozess

Das Karlsruher bioliq-Verfahren dient der Herstellung synthetischer Kraftstoffe und chemischer Grundprodukte aus trockener Biomasse. Die Entwicklung setzt hauptsächlich auf relativ preisgünstige, bisher weitgehend ungenutzte Restbiomasse. Diese enthält mehr Asche und Heteroatome als beispielsweise rindenfreies Holz und erfordert die Entwicklung entsprechender Verfahren. Die Stoffe haben meist eine niedrige Energiedichte. Um teure Transportwege zu sparen, kombiniert das Karlsruher BtL-Konzept die dezentrale Erzeugung des energiereichen Biosyncrude mittels Schnellpyrolyse mit dessen zentraler Umwandlung zu Synthesegas. Dieses wird anschließend im industriellen Maßstab zum gewünschten Endprodukt veredelt. Da die Energiedichte des Biosyncrude bezogen auf das Volumen von trockenem Stroh um mehr als eine Größenordnung höher ist, trägt die dezentrale Energieverdichtung zur Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bei. Als Nebenprodukte entstehen Wärme und Strom, die einen großen Teil der Prozessenergie decken und damit zu dem geforderten hohen CO₂-Reduktionspotenzial beitragen. So erzeugt die bioliq-Anlage hochwertiges Benzin aus biogenen Reststoffen. Das Benzin kann direkt eingesetzt und auch herkömmlichem Benzin beigemischt werden. So lässt sich die Biomasse stofflich bzw. energetisch vollständig verwerten und nutzen. Die gesamte Prozesskette wurde im KIT in Form einer Pilotanlage errichtet und wird mit Partnern aus der Industrie gemeinsam betrieben. ■

Info: www.bioliq.de/59.php
Kontakt: nicolaus.dahmen@kit.edu



FOTO: MARKUS BREIG



FOTO: AMADEUS BRAM SIEPE

Jan Wachter, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI) des KIT

Jan Wachter, Research Associate of the Institute for Automation and Applied Informatics (IAI) of KIT

zu erfassen, sind die Netze, Anlagen, Musterhäuser und die Bürogebäude mit zahlreichen Sensoren ausgestattet. Thermische Messungen in den Gebäuden erfolgen beispielsweise bei der Raumluft, an und in Wänden und Decken, an Wärme- und Kälteerzeugern oder im Schichtspeicher. Wetterstationen nehmen die solare Strahlung, den Bewölkungsgrad, die Außentemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftdruck oder die Helligkeit auf. Darüber hinaus werden elektrische Messungen an den aktiven Netzteilnehmern (Prosumer) sowie Messungen von Strom, Spannung und Frequenz im Verteilnetz mit zeitlich hochauflösenden Datenrekordern vorgenommen. Hydraulische und wärmetechnische Messungen in den Technikräumen der Gebäude und im Fernwärmenetz geben Auskunft über Volumenstrom und Temperaturverläufe durch die Heizkreise sowie über die Druckverhältnisse im Rohrleitungssystem. Wachter erklärt: „Mit der umfangreichen Sensorausstattung können wir testen, welche Messwerte maßgeblich für den Praxiserfolg neuer Konzepte sind, aber auch, welche Anforderungen an die Platzierung und Qualität der Sensoren nötig sind, um den Komfort zu erhöhen oder den Energieverbrauch weiter zu reduzieren.“

Schnittstellen innerhalb und außerhalb der einzelnen Gebäude lassen eine flexible Topo-

logie sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Verteilung von Wärme und Kälte zu. Die hohe Flexibilität der Experimentalgebäude (Strom- und Heizmatrix) ermöglicht eine Vielzahl an Szenarien, die real erprobt und in geeignete Modelle überführt werden können. „So können wir ein breites Spektrum an Bestandsgebäuden abbilden und erproben, ob neue Entwicklungen praxistauglich sind“, so Wachter. Es lassen sich beispielsweise netzdienliche Wohnraumheiz- und -kühlkonzepte zur Netzunterstützung untersuchen und das Verhalten verschiedener Hausausstattungen in einem zukünftigen Smart Grid aufzeigen.

Die Schwerpunkte der ersten Versuche liegen in der Sektorenkopplung, der Netzdienlichkeit der einzelnen Konzepte sowie in der Effizienz multimodaler Nachbarschaftsnetze. Doch das ist nur der erste Schritt auf dem Weg zu CO₂-neutralen und netzflexiblen Campus-Infrastrukturen. Düpmeier resümiert: „Die Reallabor-Umgebung dient dem Monitoring und der Erforschung neuer Energiemanagement-Konzepte in campusähnlichen Liegenschaften. Im Reallabor zeigt sich die Praxistauglichkeit der neuen Konzepte, die durchaus auch auf typische Industriegelände übertragbar sind und damit einen Meilenstein der Energiewende markieren.“ ■

Kontakt: clemens.duepmeier@kit.edu

INERATEC – Kompaktanlagen im Containerformat

INERATEC, ein Spin-off des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), zeigt, wie Sektorenkopplung aussehen kann. Forschungspartner des Kopernikus-Projektes P2X haben auf dem Gelände des KIT Kraftstoff mit hoher Energiedichte aus Kohlendioxid, Wasser und Ökostrom produziert. Für die Verfahren, CO₂ in klimaneutralen Sprit umzuwandeln, und die Idee, die dezentralen Anlagen wie Autos in Serie zu bauen, hat das Unternehmen unter anderem den Deutschen Gründerpreis 2018 erhalten.

Über eine Elektrolyse wird Wasserstoff aus erneuerbarer Energie erzeugt, dann zusammen mit CO₂ Synthesegas hergestellt und anschließend via Fischer-Tropsch-Synthese zu Kohlenwasserstoff-

umgesetzt. Die Kohlenwasserstoffe lassen sich in synthetische Kraftstoffe wie Benzin, Kerosin oder Diesel umwandeln und realisieren eine CO₂-neutrale Mobilität. Die kompakten Reaktoren können in Anlagen in Containergröße integriert werden. Dabei lassen sich unterschiedliche Reaktorsysteme wie Power-to-Gas oder Power-to-Liquid je nach Anwendung auch miteinander kombinieren. Wie bioliq hat auch das Kopernikus-Projekt P2X zum Ziel, treibhausgasneutrale Kraftstoffe zu produzieren und den CO₂-Anteil zu reduzieren. Das bei der Verbrennung entstehende CO₂ wird für die Herstellung neuer synthetischer Kraftstoffe wiederverwertet, sodass ein Kreislauf entsteht. Auf diese Weise wandelt sich klimaschädliches Treibhausgas zum Rohstoff. Im Ko-



pernikus-Projekt wird das für die Kraftstoff-Herstellung benötigte CO₂ direkt aus der Luft gewonnen. Der Baustein Wasserstoff entsteht per Elektrolyse aus Grünstrom und Wasser. Das Projekt zeigt die große Bedeutung zukünftiger flüssiger Kraft- und Brennstoffe für den Klimaschutz. ■

Info und Kontakt: <https://ineratec.de/>

ANZEIGE

ifh ^W

Innovationsfabrik
Heilbronn

COWORKING-PLÄTZE

SCHON AB 98€*

**DAS EINZIGARTIGE KONZEPT
BALD AN NEUEM STANDORT!**

Die Innovationsfabrik Heilbronn bietet ein ideales Umfeld für kreative Gründer und etablierte Unternehmen! Mit **Platz für Startups, Coworking-Plätzen** und **attraktiven Büroräumen**. Alle Infos zu Räumlichkeiten und Events sowie zum Umzug der IFH unter innovationsfabrik.de und auf Facebook.

Innovationsfabrik Heilbronn (IFH)
Weipertstr. 8-10 | 74076 Heilbronn

* monatlich (zzgl. USt.) bzw. ab 980€ (zzgl. USt.) bei Jahresbuchung.



Bistrobereich



Chillzone mit Ideenboard