

Was leisten Forschungsinfrastrukturen als Inkubator für die Energiewende?

Um die national und international gesetzten Energie- und Klimaziele zu erreichen, hat sich Deutschland auf den Weg eines tiefgreifenden Umbaus seines Energiesystems begeben. Für die Transformation hin zu einer weitgehend treibhausgasneutralen Volkswirtschaft soll ein überwiegend auf regenerativen Energiequellen aufbauendes Energiesystem entstehen und die Energieverbräuche sollen in allen Sektoren drastisch reduziert werden.

Noch vor wenigen Jahren lag der Fokus der Energieforschung im Kontext der Energiewende überwiegend auf der Entwicklung effizienter Technologien und der technischen Erschließung erneuerbarer Energiequellen. Doch es zeigte sich, dass Ansätze, die auf einzelne Technologien fokussieren, bei der Erreichung der Energie- und Klimaziele an Grenzen stoßen. Unter den Prämissen Klima- und Umweltschutz, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftliche Akzeptanz, sind heute die technischen Optionen stets in einen systemischen Kontext zu stellen: Die Energieforschung umfasst zunehmend das Zusammenwirken der Gesamtkette Energiegewinnung, Übertragung/Verteilung, Speicherung und Nutzung, die Berücksichtigung gesamter Lebenszyklen von Produkten und Produktionsketten, das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen sowie die sich räumlich und ökologisch ausprägenden Effekte im Kontext einer Energiesystemtransformation.

Für das Stromsystem, welches traditionell für die Erzeugung und Verteilung auf Grundlage eines zeitgleichen und räumlich nahen Verbrauches errichtet und optimiert wurde, sind künftig völlig neuartige Konzepte der Netzarchitektur und Regelung erforderlich, welche derzeit erst in den Grundzügen bestimmbar sind: Die Bedeutung von Sektorenkopplung, Speicherkapazität, regelbaren Lasten, sowie des Ausbaus von Übertragungs- und Verteilnetzen sind allen Akteuren bewusst.

Die für diese Transformation notwendigen, erheblichen und langfristigen Investitionen erfordern Informationen darüber, wie diese künftige Architektur optimal auszulegen ist, insbesondere um die Anforderungen an die Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erfüllen.

Die Forschungsinfrastrukturen schließen hier eine Lücke zwischen der kleinmaßstäblichen Forschung und Entwicklung und der großmaßstäblichen Anwendung.

Beispiele am UFZ

Am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung wurde im Juni 2019 eine neue interaktive WebGIS-Anwendung (webbasiertes GeoInformationssystem) freigeschaltet. Der sogenannte „EE-Monitor“ ermöglicht dem interessierten Nutzer eine virtuelle Reise in die Vergangenheit der erneuerbaren Energien. Kartographisch kann die zeitliche und räumliche Entwicklung im Strombereich in den vergangenen 30 Jahren in Deutschland nachvollzogen werden. Basis für diese Anwendung bildet ein Datensatz, der durch ein interdisziplinäres Wissenschaftlerteam unter Leitung des UFZ erarbeitet wurde (alle bis 2015 errichteten Anlagen für Windenergie, Photovoltaik, Bioenergie- und Wasserkraft).

Im Unterschied zu den großen und räumlich konzentrierten fossilen Kraftwerken sind die Erneuerbare-Energien-Anlagen in hoher Anzahl dezentral im Raum angeordnet. Ihr Ausbau geht mit einem deutlich höheren Flächenbedarf sowie einer breiter gestreuten und weit in den Raum hineinreichenden Wirkung einher. Die Erfassung der räumlichen Lage und der räumlichen Beziehungen der Erneuerbare-Energien-Anlagen ist deswegen ein wichtiger Baustein für das Verständnis ihrer Wirkungen auf Natur, Landschaft und Gesellschaft. Das WebGIS und die darunterliegende Datenbasis ermöglichen neue Analysemöglichkeiten von hoher regionaler aber auch nationaler Aussagekraft.

Planern und Vertretern von Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Forschung ermöglicht die WebGIS-Anwendung einen direkten und kostenfreien Zugang zu dieser wissenschaftlich aufbereiteten Datenbasis. Geoinformationen gewinnen aber über die Fachwender hinaus auch an Bedeutung für die Öffentlichkeit. Auf unkomplizierte Art und Weise kann so jeder den Ausbau der erneuerbaren Energien zu Stromerzeugung in einer bestimmten Region oder einem Bundesland in Erfahrung zu bringen.



KIT

Prof. Dr. Joachim Knebel
joachim.knebel@kit.edu

Dr. Siegfried Bajohr
siegfried.bajohr@kit.edu

Prof. Dr. Veit Hagemeyer
veit.hagemeyer@kit.edu

Prof. Dr. Jörg Sauer
j.sauer@kit.edu

DLR

Bernhard Milow
bernhard.milow@dlr.de

Dr. Karsten von Maydell
karsten.maydell@dlr.de

Fraunhofer IEE

Dr. Norbert Henze
norbert.henze@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE

Gerhard Stryi-Hipp
gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de

FZ Jülich

Dr. Stefan Kasselmann
s.kasselmann@fz-juelich.de

Dr. André Xhonneux
a.xhonneux@fz-juelich.de

UFZ

Dr. Katja Bunzel
katja.bunzel@ufz.de

Mario Liebergesell
mario.liebergesell@ufz.de

Abbildung 1
Ziele der Energiewende

(Bildquelle:
Bundeswirtschaftsministerium
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende.html>)



Die WebGIS Anwendung sorgt für hohe Transparenz über den räumlichen und zeitlichen Ausbau der erneuerbaren Energien und trägt so zur Akzeptanz für die Energiewende bei.

Beispiele am IEE

Das Fraunhofer IEE verfügt über umfangreiche Testeinrichtungen, Labore und Geräteausstattungen und bietet damit eine innovative und zukunftsorientierte Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur.

Im Testzentrum für intelligente Netze und Elektromobilität (SysTec) werden neue Betriebsmittel und Betriebsverfahren für intelligente Nieder- und Mittelspannungsnetze entwickelt und getestet. Weiterhin werden hier die Netzintegration und Netzkopplung von Elektrofahrzeugen und deren Versorgung mit Strom aus erneuerbaren Energien sowie Photovoltaiksysteme, Windenergieanlagen, Speicher- und Hybrid-systeme unter realen Bedingungen untersucht.

Im Forschungs- und Prüflabor zur Netzintegration (PNI) werden Netzkomponenten und Netzbetriebsmittel hinsichtlich neuer System Funktionen realitätsnah entwickelt und geprüft. Schwerpunkt des PNI sind Untersuchungen und Tests an der Netzschnittstelle von Speichern, Generatoren auf der Basis erneuerbarer Energien, Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, regelbaren Verbrauchern, Elektrofahrzeugen, und regelbaren Transformatoren.

Im Test- und Prüflabor für Elektromobilität (TPE) hat das Fraunhofer IEE das Know-how zu realen und virtuellen Entwicklungsumgebungen für Lithium-Ionen-Batterien, Ladeeinheiten und Netzsimulatoren gebündelt. Ein Schwerpunkt ist die Simulation und Echtzeit-Emulation von Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Batterien, die das Klemmenverhalten realer Batterien sehr präzise nachbilden. Dadurch sind schnell und kostengünstig Hardwaretests möglich, die sonst nur sehr aufwändig und zeitintensiv zu realisieren sind.

Hardware-in-the-Loop (HIL) ist eine Methode um Labor- und Simulationsumgebungen miteinander zu kombinieren. Die Vorteile von Netzsimulationen werden in die laboratorische Infrastruktur integriert,

um komplexe Smart Grid-Technologien in ihrer gesamten Funktionsbandbreite zu prüfen. Weiterhin kann der Beitrag von dezentralen Erzeugeranlagen zur Netzstabilität und Netzoperation in einer realitätsgetreuen Testumgebung analysiert werden. In einer Power Hardware in the Loop (P-HIL)-Umgebung werden Komponenten unter realitätsnahen Betriebsbedingungen analysiert, in dem bspw. Leistungsflüsse zwischen einem Prüfling und dem Netz mittels Echtzeitsimulation berücksichtigt werden.

Am Hessischen Biogas-Forschungszentrum (HBFZ) in Bad Hersfeld betreibt das Fraunhofer IEE eine Forschungsbiogasanlage. Damit wird die Forschung zu Power-to-Gas (PtG) unter realen Bedingungen einer landwirtschaftlichen Biogasanlage ermöglicht. Die Plattform bietet eine technische Infrastruktur mit einer Rohbiogaskonditionierung, unterschiedliche Entschwefelungsverfahren sowie verschiedene Speicher- und Verwertungsmöglichkeiten für das Produktgas. Mit dem Aufbau der PtG-Testplattform am HBFZ wurde die Möglichkeit geschaffen, diese Technologie in verschiedenen Varianten, im technischen Maßstab und unter Realbedingungen zu untersuchen. Am HBFZ ist eine ganzheitliche Betrachtung der Systemintegration sowohl in die Land- als auch in die Energiewirtschaft möglich, was zu nachhaltigen Lösungen führt.

Beispiele am DLR

Das Emulationszentrum für Vernetzte Energiesysteme – NESTEC – des DLR-Institutes für Vernetzte Energiesysteme am Standort Oldenburg ist eine Laborplattform. Hier können Verteilnetzstrukturen wie ein Wohnquartier (wie zum Beispiel das Reallabor ENaQ in Oldenburg) oder auch ein Verteilnetzareal im Labor mit Hilfe elektrotechnischer Geräte und Netznachbildungen emuliert werden. Ein Fokus liegt hierbei auf der Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. So bietet das Labor die Möglichkeit, KWK-Anlagen oder Wärmepumpen direkt in die Verteilnetzstruktur einzukoppeln. Es können bis zu 18 Prosumer-Einheiten, mehrere Speichereinheiten sowie Elektroautos innerhalb eines Verteilnetzareals mit Hilfe von Netznachbildungen verkoppelt werden.

Die einzelnen Komponenten werden über ein Echtzeitsimulationssystem angesteuert. Mit Hilfe einer Netzleitwarte kann die Verteilnetzstruktur geregelt werden. Das Labor schließt somit die Lücke zwischen Reallaborbetrieb und Simulation.

An den Instituten für Solarforschung und Technische Thermodynamik des DLR an den Standorten Köln und Jülich und Almería (Spanien) sind Forschungsinfrastrukturen aufgebaut bzw. teilweise noch im Aufbau, die Forschung vom Labormaßstab bis zu realen Betriebsmodi erlauben. Für solarthermische Kraftwerke (CSP) werden im Sonnenofen, der weltweit größten künstlichen Sonne Synlight® und mehreren CSP-Anlagen im Megawattbereich die Machbarkeit neuer Konzepte bis hin zum effizienten Betrieb bewährter Technologien gezeigt. Die TESIS-Anlage erlaubt die Forschung an Großspeichern zur Wärmespeicherung mit flüssigen Salzschnmelzen. Durch die Anlagen und ihre komplementäre Kombination können die Technologien in verschiedenen Skalen untersucht werden.

Beispiele am ISE

„EnStadt:Pfaff“ ist eines von sechs Leuchtturm-Projekten für nachhaltige Stadtentwicklung, die von BMWi und BMBF gemeinsam gefördert werden. EnStadt:Pfaff ist als Reallabor konzipiert, da die Planung und Demonstration gemeinsam mit den Akteuren vor Ort erfolgt und durch die sozialwissenschaftliche Begleitung auch die Prozesse zur Integration von Energiewendetechnologien in die Umsetzung erprobt, begleitet und analysiert werden (z.B. die Integration von Energie- in die Bauleitplanung).

Die Kooperation der Stadt Kaiserslautern (als Eigentümerin und Entwicklerin des Geländes) mit Unternehmen (z.B. die neuen Eigentümer der Bestandsgebäude) sowie fünf Forschungsinstituten (interdisziplinär: Energie, Mobilität, Digitales, Blockchain, Stadtbau- typologien etc.) ist Voraussetzung für eine gemeinsame Entwicklung von Lösungen für die Implementierung innovativer Konzepte und Technologien.

Die einzelnen demonstrierten Technologien, Werkzeuge und Methoden sind innovativ und up to date, wurden aber meist schon an anderer Stelle demonstriert.

Einzigartig wird das Projekt dadurch, dass eine so große Zahl innovativer Technologien und Ansätze aus unterschiedlichen Disziplinen zu einem Gesamtsystem integriert werden.

In den ersten zwei Jahren wurden Konzepte für den Endausbau des Quartiers erarbeitet (Energie, Mobilität, Digitales, ...) und die Lösungen in den

Bebauungsplan eingebracht, der Ende 2019 final verabschiedet wird.

Beispiele am KIT

Das Energy Lab 2.0 ist als ein Reallabor und eine Simulationsplattform konzipiert, mit deren Hilfe das Zusammenspiel der Komponenten künftiger Energiesysteme untersucht wird. Gemeinsam mit den Partnern des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Forschungszentrums Jülich (FZJ) werden hier neue Netzarchitekturen, die Integration von Speichertechnologien, neue Netzhardware und Regelstrategien sowohl simuliert wie auch in ihrer Netzeinbindung im Anwendungsmaßstab getestet und weiterentwickelt.

Das Energy Lab 2.0 umfasst einen modular aufgebauten Anlagenverbund, in dem elektrische, thermische und chemische Energieströme sowie Informations- und Kommunikationstechnologien verknüpft werden, um die Stabilität eines sektorgekoppelten Netzes auf Grundlage erneuerbarer, fluktuierender Energieerzeugung zu untersuchen.

Als eine der ersten Anlagen im Energy Lab 2.0, wurde im Juni 2019 die „Drei-Phasen-Methanisierung“ (3PM) in Betrieb genommen. Diese derzeit in ihrer Art weltweit einzigartige Anlage, zur Erzeugung von Methan aus Kohlendioxid und Wasserstoff, weist eine hohe Dynamikfähigkeit und Robustheit im Betrieb auf und ist dadurch eine ideale Komponente in einem künftigen Energiesystem, um fluktuierend bereitgestellten, regenerativen Strom in Methan „umzuwandeln“ und so langfristig als Energieträger verfügbar zu halten.

Die bioliq®-Pilotanlage ist eine Forschungsinfrastruktur zur Demonstration und zum Scale-Up von Verfahren zur Umwandlung biogener Reststoffe in normgerechte Kraftstoffe oder Produkte für die chemische Industrie. Mit der bioliq®-Pilotanlage ist es möglich, synthetische Kraftstoffe in technischen Mengen für Forschungsprojekte mit der Fahrzeugindustrie zur Verfügung zu stellen (z.B. Projekt „reFuels“). Inzwischen wurde die bioliq®-Anlage mit dem Energy Lab 2.0 gekoppelt, zur Bereitstellung von Reststoffen als Kohlenstoffquelle für Power-to-X-Prozesse. Langfristig soll die Anlage weiterentwickelt werden, um neben biogenen auch anthropogene Reststoffe wie beispielsweise Kunststoffabfälle und industrielle CO₂-Ströme nutzen und damit einen nachhaltigen, geschlossenen Kohlenstoffkreislauf demonstrieren zu können.

Beispiele am FZJ

Beim LLEC handelt es sich um eine wissenschaftlich-technologische Plattform zur Entwicklung hoch-integrierter Energieversorgungssysteme in den Bereichen Wärme, Strom, chemische Energiespeicher und Mobilität durch lernfähige und vorausschauende Regelungsstrategien.

Das Ziel ist die Schaffung eines intelligenten Energiesystems, welches den Themen Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Benutzerkomfort gleichermaßen Rechnung trägt.

So werden elektrische, thermische und chemische Energieströme im Anlagenverbund über ein neues intelligentes IT-System verknüpft. Ein Aspekt ist der Ausgleich schwankender regenerativer Quellen wie Wind und Sonne im Bereich der Stromerzeugung. Dies erfordert die Etablierung neuer Technologien wie die Umwandlung erneuerbaren Stroms in chemische Energieträger (Power-to-Gas), um eine stetige Versorgung zu gewährleisten. Darüber hinaus werden Photovoltaik-, Batterietechnik-, Blockheizkraftwerks- und Wasserstoff-Demonstratoren zusammen mit weiteren Prototypen in die Energieversorgung des Forschungscampus integriert. Eine neuartige LOHC-Anlage, welche die Prozesswärme aus dem benachbarten BHKW bezieht, erzeugt Wasserstoff und speichert diesen in zwei 100m³ großen Behälter, welche als saisonale Energiespeicher fungieren.

Eine Leitzentrale wird Informationen über alle Energieströme auf dem Gelände des Forschungszentrums sammeln und die verschiedenen Energiesysteme auf Basis vorausschauender, lernfähiger Algorithmen regeln. Hierfür wird unter anderem ein digitales Modell des gesamten Campus erstellt.

Eine besondere Rolle nimmt das Schülerlabor „JuLab“ ein. Hier werden Teile der Gesamtlösung vorab in einem kleineren Umfeld getestet und darüber hinaus aktiv in den pädagogischen Ausbildungsbetrieb des JuLab eingebunden. Ein weiterer Aspekt des Projektes ist die Abwärmenutzung der Jülicher Supercomputer: Ab 2020 sollen bis zu zwei Megawatt Abwärme über ein Niedertemperaturnetz die umliegenden Gebäude im Winter beheizen. Die Planung und der Bau der Demonstratoren werden dabei in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern erfolgen.

Fazit

Die in diesem Beitrag vorgestellten Forschungsinfrastrukturen zeigen das für die Energiewende erforderliche, über die Sektoren und Technologien hinweg breit angelegte Themenspektrum im FVEE. Die Forschungsarbeiten im FVEE reichen dabei von der Material- und Komponentenentwicklung, Fertigungstechnologie, Demonstration und Systemintegration über Informations- und Kommunikationstechnik bis hin zum Einbezug des politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Kontextes, der für den langfristigen Transformationsprozess erforderlich ist.

Die Forschungsinfrastrukturen der FVEE-Mitglieder ermöglichen es, die erforderlichen Kenntnisse und Erfahrungen zur Auslegung künftiger Energiesysteme in einem realitätsnahen, experimentellen Rahmen zu sammeln. Unter Einbeziehung verschiedener Szenarien und Rahmenbedingungen können durch diese Großgeräte, Reallabore, Informations- und Kommunikationsinfrastrukturen wissenschaftlich gesicherte Parameter für künftige Energiesysteme in einem anwendungsnahen Betrieb bestimmt und diese den Entscheidungsträgern in Politik und Wirtschaft zur Verfügung gestellt werden.