

# Sektorenkopplung mit Gas

## im Rahmen des BMBF-Vorhabens SEKO – Teil 1: Forschungsinfrastruktur EnergyLab 2.0

Die Kopplung der bislang **weitgehend unabhängig voneinander existierenden** Sektoren Wärme, Strom, Industrie und Mobilität wird im Zuge der Energiewende eine wichtige Rolle spielen. In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsvorhaben „SEKO“ arbeiten mehrere Institute aus unterschiedlichen Fachrichtungen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) daran, zukünftige Herausforderungen bei der Sektorenkopplung **zu identifizieren und Lösungsvorschläge zu finden**. Das Institut für Technische Chemie und das Engler-Bunte-Institut kümmern sich dabei um eine ganzheitliche Simulation der Kopplung von Strom- und Erdgasnetz, die **Einbindung industrieller Produktion in diese Kopplung** sowie eine experimentelle Validierung und Erprobung mithilfe von Pilotanlagen und Systemsimulationen.

von: Dr. Frank Graf, Simon Sauerschell, Praseeth Prabhakaran, Dr. Siegfried Bajohr, Julia Slama, Prof. Dr. Dieter Stapf & Prof. Dr. Thomas Kolb (alle: Karlsruher Institut für Technologie)

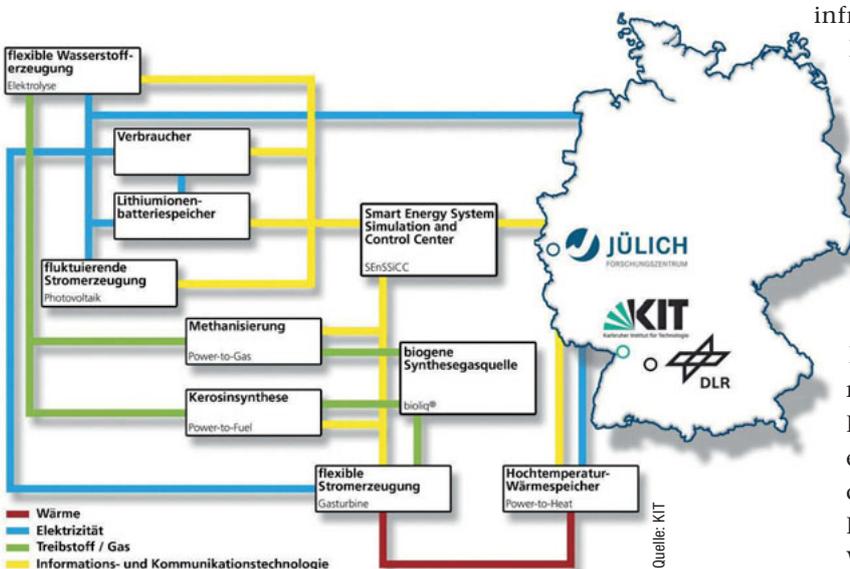
Mit dem Klimaschutzplan 2050 hat sich die Deutsche Bundesregierung das Ziel gesetzt, dass die Bundesrepublik bis 2050 weitgehend treibhausgasneutral wird [1]. Als Konsequenz aus diesem Ziel muss die Energieversorgung bis dahin nahezu vollständig durch regenerative Energien gewährleistet werden, vor allem durch Wind- und Sonnenenergie. Da Wind und Sonne jedoch nicht gleichmäßig im Tagesverlauf verfügbar sind, sondern fluktuierend anfallen, ist eine bedarfsgerechte Versorgung mit Energie die größte Herausforderung. Entsprechend gilt es, geeignete Flexibilisierungs- und Speichertechnologien zu entwickeln und zu etablieren. Die Kopplung der Sektoren Wärme, Strom, In-

dustrie und Mobilität spielt dabei eine entscheidende Rolle [2]. Hinsichtlich einer erfolgreichen Umsetzung der Sektorenkopplung ergeben sich neue Fragestellungen, z. B. im Bereich des lastflexiblen Betriebs von Stromnetzen, der intelligenten Steuerung von Gebäudetechnik oder der Umwandlung elektrischer Energie zu synthetischen Brennstoffen. Zur Untersuchung dieser Fragestellungen wurde das vom BMBF geförderte Projekt „SEKO“ ins Leben gerufen. Innerhalb des Projekts arbeiten mehrere KIT-Institute aus verschiedenen Fachrichtungen zusammen – sowohl an der Ausarbeitung theoretischer Überlegungen und Modelle als auch an praxisnahen Tests an den am KIT vorhandenen Forschungsinfrastrukturen „Energy Lab 2.0“ und „Living Lab Energy Campus“. Der Beitrag stellt vor diesem Hintergrund die Forschungsinfrastruktur „Energy Lab 2.0“ und die gas-spezifischen Untersuchungen des BMBF-Forschungsvorhabens SEKO vor.

### „Energy Lab 2.0“ und BMBF-Forschungsvorhaben SEKO

Die Energiewende in Deutschland stellt eines der zentralen Forschungsgebiete dar. Dabei gilt es, nicht nur die Klimaziele zu erreichen, sondern auch auf Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit zu achten. Die Bereitstellung von elektrischer Energie aus Wind- und Sonnenenergie unterliegt star-

Abb. 1: Überblick über die Bestandteile des „Energy Lab 2.0“



ken zeitlichen und örtlichen Schwankungen und korreliert nur in begrenztem Umfang mit den lokalen Energiebedarfen. Das Energiesystem der Zukunft beruht deshalb auf der intelligenten Verknüpfung von fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, verschiedenen Speichertechnologien und optimierter Energienutzung. Für eine ganzheitliche Betrachtung müssen jedoch neben der Stromversorgung auch die verschiedenen Sektoren in das Gesamtsystem integriert und sinnvoll miteinander verknüpft werden.

Mit dem „Energy Lab 2.0“ als Forschungsinfrastruktur und Reallabor wird von den Helmholtz-Zentren Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Forschungszentrum Jülich (FZJ) das Zusammenspiel der Komponenten von verknüpften Energienetzen der Zukunft in einem relevanten Größenmaßstab erforscht (Abb. 1) [3]. Dabei wird die intelligente Verknüpfung unterschiedlicher Energieträger und -infrastrukturen untersucht. Dies umfasst sowohl chemische Energieträger und elektrische Energie als auch Wärmeenergie sowie das Zusammenwirken von Erzeugern und Verbrauchern, Netzen und Energiespeichern. Dabei werden u. a. last- und brennstoffflexible Stromerzeugung, neue Stromnetzhardware und -topologien, das dazu benötigte sichere Informations- und Datennetz sowie Methoden zur Netzstabilisierung und Regelstrategien erprobt und entwickelt. Das „Energy Lab 2.0“ wird vom Land Baden-Württemberg sowie den Bundesministerien für Bildung und Forschung (BMBF) und für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

Ein wichtiger Teil des „Energy Lab 2.0“ ist der Anlagenverbund zwischen den beteiligten Forschungseinrichtungen. Darin sind folgende Anlagen verknüpft:

- der Solarstromspeicherpark des KIT mit einer Spitzenleistung von 1 Megawatt (MW), erweitert um ein neues Lithium-Ionen-Batteriespeichersystem mit einer Kapazität von 1 Megawattstunde (MWh);
- eine am Forschungszentrum Jülich (FZJ) neu zu errichtende Anlage zum dynamischen Testen großer Elektrolyseure;
- die bioliq-Pilotanlage des KIT zur Bereitstellung von Synthesegas und zur Erzeugung von Biokraftstoffen aus Reststoff-Biomasse im industriell übertragbaren Maßstab (5 MW);
- eine Mikro-Gasturbine mit einer elektrischen



- Leistung von 100 Kilowatt (kW) zur flexiblen Stromerzeugung aus Synthesegas und Erdgas;
- zwei Anlagen zur Umwandlung von elektrischer Energie und Kohlenstoffdioxid in synthetisches Methan (Power-to-Gas) und in synthetische Kraftstoffe (Power-to-Fuel) mit einer Erzeugungsleistung von jeweils etwa 100 kW sowie
- der Hochtemperatur-Feststoff-Wärmespeicher des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) am Standort Stuttgart.

Ein Großteil der Versuchsanlagen und das Kontrollsystem SEnSSiCC befindet sich auf dem Campus Nord des KIT in Karlsruhe (Abb. 2). Die Komponenten werden nachfolgend kurz beschrieben.

#### Wasserstoff aus der Niedertemperatur-Wasser-Elektrolyse

Insbesondere für die Speicherung von erneuerbaren Energien in chemischen Energieträgern spielt regenerativer Wasserstoff eine zentrale Rolle. Am Forschungszentrum Jülich werden Elektrolysetechnologien verschiedener Entwicklungsstadien untersucht. Dazu gehören die Forschung und Entwicklung an der alkalischen Elektrolyse, der PEM-Wasserelektrolyse und der alkalische PEM-Elektrolyse. Im Mittelpunkt aller Aktivitäten stehen die Kostensenkung, die Steigerung der Effizienz und die Verbesserung der Langzeitstabilität. Im Rahmen des „Energy Lab 2.0“ soll in einem Wasserstoff-Technikum das Betriebsverhalten großflächiger Elektrolyseure bei einer Aufprägung dynamischer Lastprofile validiert werden.

Abb. 2: Der Anlagenverbund „Energy Lab 2.0“ am Campus Nord des KIT in Karlsruhe

**Mikrogasturbine**

Die hohe Fluktuation der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen verlangt nach einer flexiblen Möglichkeit, um elektrische Energie ins Stromnetz zu speisen. Dezentrale Gasturbinen-basierte Kraftwerksanlagen können dabei einen entscheidenden Beitrag zur nachhaltigen und netzverträglichen Strom- und Wärmeerzeugung leisten. Im „Energy Lab 2.0“ entwickelt das DLR deshalb ein Verbrennungssystem für Gasturbinen-Kraftwerke, das schnelle Lastwechsel ermöglicht und unterschiedliche erneuerbare Brennstoffe effizient nutzen kann. Eine Mikrogasturbine wird in den Anlagenverbund des „Energy Lab 2.0“ am KIT integriert, um die Aspekte der last- und brennstoffflexiblen Verstromung von Synthesegas oder (synthetischem) Erdgas im Real-labor zu untersuchen.

**Erzeugung von synthetischem Erdgas mit katalytischer Methanisierung (Power-to-Gas)**

Das Teilprojekt Methanisierung verfolgt das Ziel, die bisher nur im Labormaßstab erprobte Dreiphasen-Methanisierung in einen technisch relevanten Pilotmaßstab zu überführen. Mit den erwarteten Versuchsergebnissen lassen sich detaillierte Daten zur Modellierung, zur Maßstabsvergrößerung und zum tieferen Verständnis der Vorgänge in einer Dreiphasen-Methanisierung gewinnen. Durch die einmalige Konstellation der direkten Verschaltung mit einer Elektrolyseanlage zur Bereitstellung von Wasserstoff und der bioliq-Biomassevergasung als Synthesegasquelle können ansonsten nicht zugängliche Messdaten unter realen Einsatzbedingungen gewonnen werden.

**Dezentrale Herstellung von flüssigen Energieträgern (Power-to-Fuel)**

Mit dezentralen und hocheffizienten Anlagen lassen sich aus Kohlenstoffdioxid oder biomasestämmigem Synthesegas zusammen mit Elektrolyse-Wasserstoff dezentral und direkt vor Ort flüssige synthetische Energieträger erzeugen. Im „Energy Lab 2.0“ wird für die Erzeugung von Kerosin eine containerbasierte Anlage als Baustein für ein intelligentes Energiesystem integriert, um damit den Sektorenkopplungspfad „Power-to-Fuel“ eingehend untersuchen zu können.

**Zentrale Herstellung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern aus nachhaltigen Rohstoffen (Biomass-to-Liquids)**

Das exemplarische bioliq-Verfahren wurde bereits im Vorfeld im Demonstrationsmaßstab zu

einer hohen technischen Reife entwickelt. Im Rahmen des „Energy Lab 2.0“ wird anhand der integrierten bioliq-Anlage die nachhaltige und industrielle Produktion im Zusammenwirken mit den Energieträgern Gas, Wärme und Strom untersucht. Die aus wirtschaftlichen Gründen bisher kontinuierlich betriebene und großskalige Herstellung chemischer Grundstoffe oder Kraftstoffe soll zukünftig lastflexibel betrieben werden, indem das erzeugte Synthesegas im Sinne der Netzstabilisierung flexibel entweder für die Herstellung speicherbarer chemischer Energieträger oder aber zur Verstromung in der Gasturbine eingesetzt werden kann (Polygeneration). Gleichzeitig ist der Prozess ein hochwertiger Wärmelieferant und hinsichtlich elektrischer Energie autark. Auf Basis der realen Prozessdaten werden Modelle des dynamischen Verhaltens entwickelt, sodass eine betriebliche Optimierung zukünftiger Industrieprozesse als Energiesystemdienstleister untersucht werden kann.

**Flexible Wärmeversorgung (Power-to-Heat)**

Die sichere, bezahlbare und nachhaltige Energieversorgung der Zukunft wird wesentlich durch die effiziente Nutzung von Strom und Wärme sowie deren effiziente Speicherung bestimmt. Zentraler Bausteine in der Versorgungskette bilden dabei thermische Energiespeicher. Wesentliche Herausforderungen der Technologie sind die Ausarbeitung von effizienten, kostengünstigen und skalierbaren thermischen Energiespeichern, die zusätzlich eine direkte Integration elektrischer Energie und somit eine Sektorenkopplung ermöglichen.

**Kontrollsystem SEnSSiCC**

Um das Zusammenspiel der Anlagen verstehen, kontrollieren und regeln zu können, bedarf es neuer Simulations- und Analysenmethoden, welche im Rahmen des Forschungsvorhabens im „Smart Energy System Simulation and Control Center“ (SEnSSiCC) entwickelt und erprobt werden. Das SEnSSiCC stellt die zentrale Plattform zur Untersuchung und Entwicklung intelligent verknüpfter Energiesysteme im „Energy Lab 2.0“ dar und untersucht neben der Informations- und Kommunikationstechnologie auch neue Hardwarekomponenten in kritischen Betriebszuständen.

Im Rahmen des mit 6,5 Mio. Euro vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens „Energiesystemintegration & Sektorenkopplung am Beispiel der Forschungsinfrastrukturen Energy Lab 2.0 und Living Lab Energy Campus (SEKO)“

wird das Thema Sektorenkopplung von insgesamt sieben beteiligten KIT-Instituten ganzheitlich im Rahmen von vier Teilprojekten (Strom, Wärme, Gas sowie IKT und Sektorenkopplung) untersucht [4]. Um möglichst praxisnahe Daten für die Analysen zu verwenden, werden dabei reale Verbrauchs- und Netzdaten des KIT Campus Nord ausgewertet. Experimentelle Untersuchungen zur Sektorenkopplung werden mithilfe der Technologien des „Energy Lab 2.0“ und des „Living Lab Energy Campus“ durchgeführt. Die Sektorenkopplung von Gas wird im Teilprojekt Gas untersucht (TP 3), welches wiederum in drei Arbeitspakete gegliedert ist. Im Arbeitspaket TP 3.1 werden gasbasierte Optionen zur Sektorenkopplung (PtG, KWK) evaluiert und das dynamische Verhalten unter Berücksichtigung des Gasnetzes am Campus Nord mithilfe von Simulationen untersucht. Gegenstand von Arbeitspaket TP 3.2 ist die dynamische Einbindung von industriellen Produktionsprozessen in die Energieinfrastruktur am Beispiel des bioliq-Verfahrens [5]. Das dynamische Verhalten der am Engler-Bunte-Institut entwickelten katalytischen Methanisierung in Blasensäulenreaktoren wiederum wird in Arbeitspaket TP 3.3 anhand von experimentellen und modellierungstechnischen Untersuchungen evaluiert.

Im zweiten Teil des Fachbeitrags, der in der Oktober-Ausgabe dieser Fachzeitschrift erscheinen wird, werden die Arbeiten in den Teilprojekten näher vorgestellt und erste Ergebnisse präsentiert. ■

#### Literatur

- [1] Umweltbundesamt: Klimaschutzziele Deutschlands, online unter [www.umweltbundesamt.de/daten/klima/klimaschutzziele-deutschlands](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/klimaschutzziele-deutschlands), abgerufen am 18. Juni 2020.
- [2] Ausfelder, F., Drake, F.-D., Erlach, B., Fischebeck, M., Henning, H.M., Kost, C.P., Münch, W., Pittel, K., Rehtanz, C., Sauer, J., Schätzler, K., Stephanos, C., Themann, M., Umbach, E., Wagemann, K., Wagner, H.-J., Wagner, U.: Sektorkopplung, in: acetec (Ed.): Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. - Nationale Akademie der Wissenschaften; Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften e.V.; Acetech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V., Halle (Saale), Mainz, München.
- [3] E. Lab, 2.0: The Future Energy System in the Focus, Informationsbroschüre, online unter [www.elab2.kit.edu/downloads/Broschure\\_EL2\\_2018.pdf](http://www.elab2.kit.edu/downloads/Broschure_EL2_2018.pdf), abgerufen am 18. Juni 2020.

- [4] KIT: KIT Tests Sector Coupling in Real-world Lab, KIT-Pressemitteilung 15, online unter [www.sci.kit.edu/downloads/PI\\_2019\\_051\\_KIT%20Tests%20Sector%20Coupling%20in%20Real-world%20Lab.pdf](http://www.sci.kit.edu/downloads/PI_2019_051_KIT%20Tests%20Sector%20Coupling%20in%20Real-world%20Lab.pdf), abgerufen am 18. Juni 2020.
- [5] Dahmen, M., Abeln, J., Eberhardt, M., Kolb, T., Leibold, H., Sauer, J., Stapf, D., Zimmerlin, B.: The bioliq process for producing synthetic transportation fuels, in: Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment 6(3), 2016, DOI: 10.1002/wene.236

#### Die Autoren

**Dr. Frank Graf** leitet den Bereich Gastechnologie der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und das Arbeitsgebiet Gasversorgung am Institut für Technische Chemie des KIT.

**Simon Sauersehell, Praseeth Prabhakaran** und **Julia Slama** sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Technische Chemie des KIT.

**Dr. Siegfried Bajohr** ist verantwortlich für das Arbeitsgebiet „Katalytisch-chemische Verfahren der Brennstoffwandlung“ am Teilinstitut Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie des Engler-Bunte-Instituts am KIT.

**Prof. Dr. Dieter Stapf** leitet das Institut für Technische Chemie des KIT.

**Prof. Dr. Thomas Kolb** leitet das Teilinstitut „Chemische Energieträger – Brennstofftechnologie“ des Engler-Bunte-Instituts am KIT und ist Mitglied der Geschäftsführung der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT. Weiterhin ist er verantwortlich für die Abteilung „Vergasungstechnologie“ am Institut für Technische Chemie des KIT.

#### Kontakt:

Dr. Frank Graf  
Engler-Bunte-Institut (EBI) des  
Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)  
Engler-Bunte-Ring 1  
76131 Karlsruhe  
Tel.: 0721 608-41221  
E-Mail: [frank.graf@kit.edu](mailto:frank.graf@kit.edu)  
Internet: [www.kit.edu](http://www.kit.edu)

## SCHUCK IST H2 READY

Als erster Hersteller von Gebäude-einführungssystemen und Armaturen erhalten SCHUCK Produkte die Zulassung für den Betrieb mit Wasserstoff.

SCHUCK  
ist  
H2ready



## Für das Netz von morgen:

Schon heute sind unsere Hauseinführungen für bis zu 100% Wasserstoff geeignet und sorgen so für Ihr zukunftsicheres Gasnetz.



SCAN MICH