

Energieträgerübergreifende Planung und Analyse von Energiesystemen

M. Heimberger, C. Maier, T. Kaufmann, A. Winter OVE, S. Nemeč-Begluč

Das gesamte Energiesystem der Strom-, Gas- und Wärmeversorgung befindet sich in einem großen Umbruch. Dieser Umbruch wird einerseits durch eine Veränderung in der Erzeugungsstruktur und andererseits durch ein geändertes Verbraucherverhalten getrieben. Diese Veränderungen bringen vor allem das elektrische System an seine Grenzen. Die Kopplung vorhandener Infrastrukturen bietet eine mögliche Abhilfemaßnahme, eine höhere Speicherfähigkeit und zusätzliche Flexibilitäten, die in einer besseren Ausnutzung bestehender Infrastrukturen resultieren kann. Darum wird hier ein Überblick gegeben, welche Forschungsvorhaben in diesem Bereich am Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (ESEA) der Technischen Universität Wien (TU Wien) durchgeführt wurden und werden.

Schlüsselwörter: Hybridnetze; systemübergreifende Energieversorgung; Energiespeicher; Energieeffizienz

Planning and analysis of cross carrier energy systems.

The entire energy system of electricity-, gas- and heat-supply currently faces major changes. On the one hand these changes are driven by transformations in the generation structure and on the other hand by changes in the consumer behavior. Due to these changes, especially the electric power system is brought to its limits. Existing energy infrastructure could be coupled to provide a possible relief, higher storage capacity and additional flexibility, which can also result in better utilization of existing infrastructure. Therefore, an overview of research projects associated with this field at the Institute of Energy Systems and Electrical Drives (ESEA) at the TU Wien is given.

Keywords: universal grid; multi-system energy supply; energy storage; energy efficiency

Eingegangen am 29. Juli 2016, angenommen am 10. Oktober 2016, online publiziert am 30. November 2016
© Springer Verlag Wien 2016



1. Definition von Hybridnetzen

Um ein einheitliches Verständnis zu schaffen, soll kurz erläutert werden, was unter Hybridnetzen zu verstehen ist. [1] verwendet folgende Definition:

„Unter einem Hybridnetz verstehen wir ein energiedomänenübergreifendes (oder auch intersektoriales) Energiesystem, in dem Energie jeweils in ihrer aktuellen Form verbraucht, gespeichert oder transportiert oder aber über eine Konversion in eine andere Energieform gewandelt werden kann, in der sie wiederum verbraucht, gespeichert oder transportiert werden kann.“

Somit kann unter dem Begriff „Hybridnetz“ die Verschränkung von Strom-, Gas- und Wärmenetzen durch Kopplungstechnologien wie Power-to-Gas, Power-to-Heat usw. verstanden werden, wobei zwangsläufig nicht alle drei Energiesysteme vorhanden sein müssen. Durch die Kopplung der Netze kann der Energieverbrauch flexibilisiert und zusätzliche Speichermöglichkeiten bereitgestellt werden. Dadurch wird auch mit vermehrtem Einsatz von versatilen Erzeugern die Stabilität im Netz nicht gefährdet und die bestehende Energieinfrastruktur effizienter ausgenutzt.

Anstelle von „Hybridnetz“ werden auch die Begriffe „Polynetz“, „Ultranetz“ oder „Universal Grid“ verwendet.

2. Projektübersicht

2.1 Symbiose/Symbiose-4-luG

Im abgeschlossenen Projekt „Systemübergreifende optimale dezentrale Hybridspeicher“ (Symbiose), mit den Partnern TU Wien IET, EN-RAG GmbH, Voralberger Kraftwerke AG wurde von TU Wien ESEA

untersucht, ob durch dezentrale Speicher und der Kopplung existierender Energieinfrastrukturen neue Speicherpotentiale erschlossen werden können, um übergeordnete Netzstrukturen zu entlasten und die massive Einbindung von regenerativen Erzeugungsanlagen im Verteilnetz zu unterstützen. Zusätzlich wurden Auswirkungen auf den Netzbetrieb, Verbesserungspotentiale von CO₂-Emissionen und Importabhängigkeit durch eine flächendeckende Hochskalierung der Modellergebnisse auf Österreich untersucht.

Für die Beantwortung der Fragestellungen wurden zwei Modellregionen ausgewählt (Stadt, Land) und die regenerativen Potentiale der jeweiligen Modellregion bestimmt. Die notwendigen Energienetze, Speicher- und Umwandlungstechnologien wurden in einem linearen Optimierungsmodell abgebildet. Für verschiedene Stakeholder wurde die ideale Speichergröße, -technologie, -verortung und -bewirtschaftung bestimmt.

Das Forschungsprojekt zeigt, dass ein 100-prozentiger Ausbau des erneuerbaren Erzeugungspotentials in Mittel- und Nieder-

Heimberger, Markus, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25/370-1, 1040 Wien, Österreich (E-Mail: markus.heimberger@tuwien.ac.at); **Maier, Christoph**, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25/370-1, 1040 Wien, Österreich; **Kaufmann, Thomas**, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25/370-1, 1040 Wien, Österreich; **Winter, Alexander**, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25/370-1, 1040 Wien, Österreich; **Nemeč-Begluč, Sabina**, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25/370-1, 1040 Wien, Österreich

spannungsnetzen nur mit zusätzlichen Maßnahmen möglich ist. Dementsprechend werden in beiden Regionen Speicher benötigt, um die bestehende Netze sicher betreiben zu können. Unabhängig vom betrachteten Szenario bzw. Stakeholder werden Speicher vorwiegend an gleichen Netzknoten verortet, jedoch unterschiedliche Speichergrößen benötigt.

Im Projekt Symbiose wurden ausschließlich Haushaltskunden berücksichtigt, darum stellt das derzeit laufende Projekt „Systemübergreifende optimale dezentrale Hybridspeicher-4-Industrie & Gewerbe“ (Symbiose-4-luG) eine Erweiterung bezüglich untersuchter Verbrauchsstrukturen dar, indem zusätzlich Industrie und Gewerbekunden in die Betrachtungen eingebunden werden. Dies soll einerseits die Berücksichtigung von Koppeltechnologien innerhalb dieser Verbrauchergruppen ermöglichen, bzw. Synergieeffekte aufgrund der unterschiedlichen Verbrauchskurven aufzeigen. Es wird jedoch lediglich die urbane Modellregion berücksichtigt. Im Projekt Symbiose-4-luG wirken folgende Partner mit: TU Wien IET; MPREIS Warenvertriebs GmbH; Voralberger Energienetze GmbH und TU Wien ESEA.

2.2 Open heat grid

Neue technologische Entwicklungen ermöglichen eine enge bidirektionale Kopplung der bisher kaum bidirektional verknüpften Energieinfrastrukturen der Strom-, Wärme- und Gasnetze. Die dadurch entstehenden Hybridnetze sind aus vielerlei Hinsicht ein effizienter Weg, den durch den stetigen Umbau des Energiemarktes entstehenden Herausforderungen zu begegnen und können einen wertvollen Beitrag zur Erhöhung der Primärenergieeffizienz sowie zur Vermeidung von Netzausbau leisten. Regulierte Netze und freier Wettbewerb am Strom- und Gasmarkt treffen dabei im Hybridnetz nach aktuellem Stand in Österreich auf lokale monopolistische Wärmenetze, in denen die dezentrale Einspeisung von Wärme im Allgemeinen und die Nutzung industrieller Abwärme im Speziellen derzeit stark beschränkt sind. Daher untersucht OPEN HEAT GRID unterschiedliche Konzepte für den offenen Zugang von (Ab-)Wärmeeinspeisung in Wärmenetze und leitet eine Empfehlung inklusive den damit verbundenen Ansprüchen an Gesetzgebung und Regulierung für offener Wärmenetze in urbanen Hybridenergiesystemen ab.

Die Forschungstätigkeiten von TU Wien ESEA im Projekt erfolgen dabei unter der Projektleitung des Energieinstituts an der Johannes Kepler Universität Linz und in Zusammenarbeit mit OMV Refining & Marketing GmbH, voestalpine Stahl GmbH und dem Austrian Institute of Technology.

2.3 URBEM

Die Diversifikation der Energiebereitstellung und die sich ändernde Einspeisestruktur (zentral → dezentral) beeinflussen die Betriebsweise der bestehenden urbanen Netze zunehmend. Daher stehen die Flexibilisierung der Energieversorgung und die energieträgerübergreifende Netzanalyse bzw. -planung unter Berücksichtigung von Hybridnetzen im Mittelpunkt zukünftiger Betrachtungen. Diese Aspekte werden u.a. innerhalb des Doktoratskollegs URBEM behandelt, wobei der Fokus auf eine gesamtheitliche, interdisziplinäre Sichtweise gerichtet ist.

Auf Basis von getrennt durchgeführten thermischen und elektrischen Netzberechnungen, wird unter Verwendung von speziellen Methoden zur Beschreibung energieträgerübergreifender Systeme, eine Optimierungsaufgabe (z. B. Minimierung der Betriebsmittelauslastungen, Minimierung der CO₂-Emissionen) zur Beschreibung von Hybridnetzen definiert und unter Berücksichtigung der technischen Rahmenbedingungen gelöst. Die in URBEM entwickelten Szenarien für den Betrachtungszeitraum 2030 und 2050 dienen als Grundlage

für die Optimierung. Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen aktuelle Auslastungen bzw. Engpässe der Versorgungsnetze sowie optimale zukünftige Versorgungsstrukturen für Entwicklungsgebiete im urbanen Raum. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in einer speziellen Visualisierungsumgebung, in der die Versorgungsnetze und deren Auslastungen grafisch aufbereitet werden.

Das Doktoratskolleg URBEM („Urbanes Energie- und Mobilitätssystem“) ist eine gemeinsam von der TU Wien und der Wiener Stadtwerke Holding AG eingerichtete Forschungskoooperation.

2.4 Smart Exergy Leoben

Das Sondierungsprojekt Smart Exergy Leoben untersucht Möglichkeiten der signifikanten Erhöhung der Ressourceneffizienz in der Stadt Leoben im Kontext eines laufenden Transformationsprozesses der Industriestadt Leoben zu einer Smart City. Im Projekt wird die bestehende lokale Energieversorgungsinfrastruktur als Gesamtsystem erfasst und umfassend hinsichtlich Optimierungen analysiert. Der zentrale methodische Ansatz des Sondierungsprojekts, der die Basis für die Optimierungsanalysen des lokalen Energiesystems darstellt, ist die Erstellung einer Exergiebilanz. Mit dieser Bilanz, die in Österreich für eine industriell geprägte Stadt als neuwertig bezeichnet werden kann, gelingt es, neben den energetischen Strömen auch die spezifischen Energiequalitäten zu ermitteln und die Verbesserungsmöglichkeiten dadurch besser herauszuarbeiten. Das Projekt beantwortet die Fragen, welche Potentiale im bestehenden Netz vorhanden sind und welche Technologien bzw. Systeme im lokalen Hybridnetz der Industriestadt Leoben optimal (technisch und ökonomisch) integriert werden können, um den Ressourcenverbrauch zur Energieversorgung – und somit des Energieangebots – weiter zu verringern.

Die Forschungstätigkeiten von TU Wien ESEA erfolgen dabei im Projekt, das vom Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz geleitet wird und in Zusammenarbeit mit Stadtwerke Leoben e. U., dem Lehrstuhl Energieverbundtechnik und dem Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes der Montanuniversität Leoben durchgeführt wird.

Danksagung

Das Projekt Symbiose wurde aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.

Das Projekt Smart Exergy Leoben wurde aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart Cities Demo“ durchgeführt.

Das Projekt URBEM ist ein aus den Mitteln des FTI Fonds der Wiener Stadtwerke Holding AG mitfinanziertes Doktoratskolleg.

Das Projekt OPEN HEAT GRID wurde aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Stadt der Zukunft 1. Ausschreibung“ und das Projekt „Symbiose-4-luG“ wird im Rahmen des Programms „Stadt der Zukunft 2. Ausschreibung“ durchgeführt.

Stadt der Zukunft ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik ÖGUT abgewickelt.

Literatur

1. Appelrath, H.-J., Lehnhoff, S., Rohjans, S., König, A. (2012): Hybridnetze für die Energiewende – Forschungsfragen aus Sicht der IKT. acatec MATERIALIEN, Berlin

Autoren



Markus Heimberger

wurde 1983 in Zwettl, Österreich, geboren. Er studierte an der Technischen Universität Wien, Österreich, das Bachelorstudium Elektrotechnik. Anschließend absolvierte er das Masterstudium Energietechnik an der Technischen Universität Wien und Lunds Tekniska Högskola, Schweden. Am Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe der TU Wien absolvierte er sein Doktoratsstudium,

welches er 2016 mit Auszeichnung abschloss. Seine Doktorarbeit verfasste er zum Thema „Energy storage – optimisation of the placement and operation (in a Distribution Grid)“. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich Hybridsysteme, Energieeffizienz und Gleichstromversorgung.



Christoph Maier

wurde 1984 in Wien geboren. Er studierte im Bachelorstudium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Wien und der University of Strathclyde (UK). Nach dem Abschluss begann er das Masterstudium der Energietechnik an der Technischen Universität Wien, Österreich, welches er mit Auszeichnung abschloss. Am Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe der TU Wien ist er seit

2012 als Projektassistent tätig und verfolgt dort sein Doktoratsstudium. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich konventionelle und nichtkonventionelle Energiespeicherung, Demand Side Management und Hybridsysteme.



Thomas Kaufmann

wurde 1987 in Lilienfeld geboren. Er absolvierte das Bachelorstudium der Elektrotechnik und anschließend das Masterstudium im Studienfach Energietechnik an der Technischen Universität Wien, Österreich. Seit 2013 ist er am Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe der TU Wien als Projektassistent tätig und bearbeitet eines von zehn Dissertationsthemen im Doktoratskolleg UR-

BEM. Seine Arbeitsschwerpunkt liegen im Bereich Hybridsysteme.



Alexander Winter

wurde 1987 in Wien geboren. Er absolvierte das Bachelorstudium der Elektrotechnik und anschließend das Masterstudium im Studienfach Energietechnik an der Technischen Universität Wien, Österreich. Seit 2014 ist er am Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe der TU Wien als Projektassistent tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich Hybridsysteme und Gleichstromnetze.



Sabina Nemeč-Begluk

wurde 1985 in Sarajevo, Bosnien und Herzegowina, geboren. Sie absolvierte das Bachelorstudium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Wien, Österreich. Anschließend vertiefte sie sich im Rahmen ihres Masterstudiums an der Technischen Universität Wien im Bereich Energietechnik. Sie schloss ihr Masterstudium mit Auszeichnung ab. Am Institut für Energiesysteme und Elektrische

Antriebe der TU Wien ist sie seit 2012 als Projektassistentin tätig und verfolgt seit 2012 ihr Doktoratsstudium. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich Einbindung regenerativer Energiequellen in das bestehende Energiesystem, konventionelle und nichtkonventionelle Energiespeicherung und Hybridsysteme.