OPUS-HSO

Repositorium der Hochschule Offenburg
https://opus.hs-offenburg.de

Partizipation am Energiemarkt der Zukunft: Gewinnbringende Zusammenarbeit zwischen mittelständischen Industrieunternehmen und der Hochschule Offenburg

Niklas Hartmann, Michael Schmidt, Rainer Gasper, Hanhee Kim, Anna Sandhaas, Rahul Rahul, Jesus Salazar da Costa Fernandes, Edgar Schmitt

Zitiervorschlag im APA Stil:

Hartmann, N., Schmidt, M., Gasper, R., Kim, H., Sandhaas, A., Rahul, R., da Costa Fernandes, J. S., & Schmitt, E. (2021). Partizipation am Energiemarkt der Zukunft: Gewinnbringende Zusammenarbeit zwischen mittelständischen Industrieunternehmen und der Hochschule Offenburg. In *Forschung im Fokus* (Issue 24, pp. 75–79). Hochschule Offenburg. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-48483

Abstract

Die Digitalisierung kann der Türöffner sein, um effizient die mittelständische Industrie und den Energiemarkt zu verbinden. Das Projekt GaIN hat das Ziel, mit hochaufgelösten Produktions- und Messdaten von zehn mittelständischen Industriebetrieben neuartige Tarife und angepasste Marktplattformen zu entwickeln, die Prognosegüte für Energiebedarf, Nachfrage und Flexibilitätsverfügbarkeit zu erhöhen, die Interaktion vieler flexibler Unternehmen im Verteilnetz und in dem Bilanzkreis zu bewerten und die Auswirkung einer Nutzung der Daten auf die Energiewende anhand einer Systemanalyse zu beurteilen.

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument wird unter diesen Bedinungen zur Verfügung gestellt:
Urheberrechtlich geschützt
Für weitere Informationen siehe:
https://rightsstatements.org/page/InC/1.0/

Kontakt

Hochschule Offenburg | Bibliothek
Badstraße 24
77652 Offenburg
Telefon: (0781) 205-240
E-Mail: bibliothek@hs-offenburg.de
www.hs-offenburg.de/bibliothek

Partizipation am Energiemarkt der Zukunft:

Gewinnbringende Zusammenarbeit zwischen mittelständischen Industrieunternehmen und der Hochschule Offenburg

Prof. Dr.-Ing. Niklas Hartmann, Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Rainer Gasper, Hanhee Kim M.Sc., Anna Sandhaas M.Sc., Rahul Rahul M.Sc., Jesus da Costa Fernandes M.Sc./Dipl.-Ing. (FH), Edgar Schmitt Dipl.-Ing. (FH)

Die Digitalisierung kann der Türöffner sein, um effizient die mittelständische Industrie und den Energiemarkt zu verbinden. Das Projekt GaIN hat das Ziel, mit hochaufgelösten Produktions- und Messdaten von zehn mittelständischen Industriebetrieben neuartige Tarife und angepasste Marktplattformen zu entwickeln, die Prognosegüte für Energiebedarf, Nachfrage und Flexibilitätsverfügbarkeit zu erhöhen, die Interaktion vieler flexibler Unternehmen im Verteilnetz und in dem Bilanzkreis zu bewerten und die Auswirkung einer Nutzung der Daten auf die Energiewende anhand einer Systemanalyse zu beurteilen.

Digitization can be the key to efficiently connect the medium-sized industry and the energy market. The GaIN project has the goal of digitizing the medium-sized industry to participate profitably in the volatile energy market of the future. High-resolution load data of 10 medium-sized industrial companies are used to develop novel tariffs and adapted market platforms, to increase the forecasting quality for energy demand as well as the available flexibility, to assess the interaction of many flexible companies in the distribution network and to assess the impact of the usage of the data on the whole energy system transformation in Germany.

Das Projekt GaIN, gefördert durch das BMWi FKZ 03EI6019E, hat das Ziel, durch Digitalisierung die mittelständische Industrie gewinnbringend am volatilen Energiemarkt der Zukunft zu platzieren. Es wird durch Prof. Dr. Niklas Hartmann geleitet. Die Arbeiten am INES der Hochschule Offenburg konzentrieren sich in einem ersten Schwerpunkt auf die Entwicklung einer Methodik für die Kategorisierung der Nachfragen unterschiedlicher mittelständischer Industrietypen. Darauf aufbauend wird ein ganzheitliches intersektorales Energiesystemmodell entwickelt, mit dem die Digitalisierung der mittelständischen Industrie auf das gesamte Energiesystem Deutschlands bewertet werden soll. In diesem Themenschwerpunkt arbeiten Anna Sandhaas zusammen mit Hanhee Kim.

Prof. Dr. Michael Schmidt und Prof. Dr. Rainer Gasper leiten den zweiten Schwerpunkt der Arbeiten an der Hochschule Offenburg. Zusammen mit Rahul Rahul, Jesus da Costa Fernandes und Edgar Schmitt werden einerseits Voraussetzungen für die automatisierte Nutzung der Flexibilität weiterentwickelt und der Nutzen der digitalen Strategien der Industriebetriebe auf Bilanzkreisebene analysiert. Dazu werden die energierelevanten Prozesse und Komponenten der Betriebe in Computermodellen im Sinne von „Digitalen Zwillingen“ nachgebildet. Das Zusammenspiel verschiedener Industriebetriebe und der Nutzen für den Bilanzkreis oder das Verteilnetz können so untersucht werden. Zusätzlich wird ein „Experimenteller Zwilling“ als Demonstrator aufgebaut, in dem einzelne typische Industriekomponenten wie Motoren oder Heizelemente im Echtzeitbetrieb durch die neuen Methoden vorausschauend geregelt werden. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass alle entwickelten Methoden sich frühzeitig an der Möglichkeit zur Implementierung im realen Unternehmen orientieren.

Im Projekt GaIN wird die Hochschule Offenburg vom BMWi mit 806.000 Euro gefördert, die Arbeiten laufen bis zum 30.11.2022.

Schwerpunkt 1
Kategorisierung der Nachfrage und Entwicklung des Energiesystemmodells

Das Ziel des Schwerpunkts 1 ist die Bereitstellung von kategorisierten Stromlastgängen unterschiedlicher Industrietypen. Anhand einer Literaturrecherche sowie der Auswertungen von realen Lastprofilen aus der Industrie wurden repräsentative Lastgänge für verschiedene Industrietypen erstellt. Die synthetischen Lastgänge dienen vor allem dazu, den deutschen Industriesektor zeitlich und regional aufgelöst im projektzugehörigen Energiesystemmodell abbilden zu können.

Jeder deutsche Betrieb des verarbeitenden Gewerbes ist anhand der Klassifikation der Wirtschaftszweige „WZ 2008“ [1, 2] über fünf Gliederungsstufen letztendlich einer von 260 Unterklassen mit einem fünfstelligen WZ Code zugeordnet. Die dritte Stufe enthält 95 Industrieklassen und die Betriebe einer Klasse sind bereits relativ homogen in ihrem Produktionsablauf, sodass angenommen werden kann, dass die Betriebe einen ähnlichen zeitlichen Strombedarf aufweisen. Aus diesem Grund wurden die Klassen der dritten Stufe in die Kategorisierung aufgenommen und bildeten die Grundlage für die Erstellung von Industrietyp-spezifischen Lastprofilen. In der Abbildung 1 a) ist ein anfängliches unspezifisches Lastprofil für den Industrietyp 25.61 „Herstellung von Metallerzeugnissen: Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung“ dargestellt.

Im nächsten Schritt wurden zehn Endnutzungsrubriken festgelegt, in die jegliche Stromverbraucher eines Betriebs eingeteilt werden können. Dazu gehören neben der Beleuchtung und Klimatisierung der Gebäude typische Produktionsgrößen wie Prozesswärme, -kühlung, Elektrochemie oder Maschinenantrieb. Zusätzlich wurden für jede Endnutzungsgruppe charakteristische Strom-Tagesprofile entwickelt [3].

Bei zahlreichen Industrietypen z. B. des Metallbearbeitungssektors macht der Maschinenantrieb über 70 % des Stromverbrauchs aus [4] und gerade vor dem Hintergrund zukünftigen Demand Side Managements bedarf es eines besseren Verständnisses in die jeweiligen Maschinenprozesse. Anhand eines Bottom-Up-Ansatzes wurde daher die gesamte Produktionskette eines Industrietyps in ihre maßgeblichen Einzelprozesse aufgetrennt und die maschinellen Prozesse wurden anschließend den Kategorien Mechanical 1 (unstetiger mechanischer Antrieb) und Mechanical 2 (stetiger mechanischer Antrieb) zugeteilt. Prozesse, die in Mechanical 1 zugeordnet sind, üben eine abrupt wechselnde mechanische Kraft oder elektrische Ladung auf ein Rohmaterial aus und verursachen dadurch die typische Fluktuation eines Lastgangs, während Mechanical-2-Prozesse eine überwiegend konstante Kraft ausüben. Bis zu diesem Punkt wurden alle Erkenntnisse ausschließlich aus Literaturdaten (Bottom-up-Ansatz) gewonnen [5]. Die daraus resultierenden Lastgänge wurden normiert dargestellt (Abbildung 1 b)).

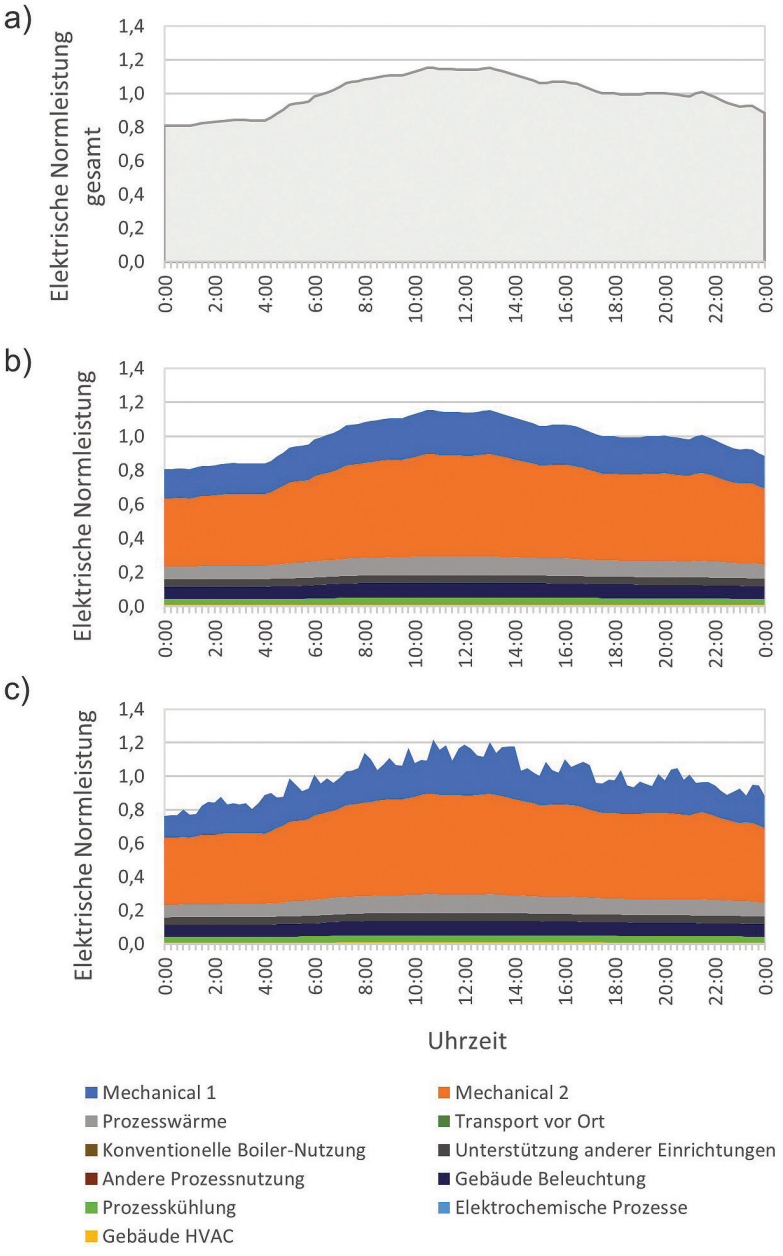

Abb. 1:
Synthetisches Tages-Lastprofil für den Industrietyp WZ 2008 25.61 Herstellung von Metallerzeugnissen: Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung:
a) anfängliches unspezifisches Lastprofil, b) Lastprofil mit Endnutzerkategorien,
c) fertiges Lastprofil mit Fluktuationen

Im weiteren Projektverlauf konnte durch den Zugriff auf reale Lastdaten die charakteristische Schwankungsbreite der Stromlast verschiedener Industrietypen bestimmt werden (Top-Down-Ansatz). Zuerst wird der Industrietyp des Betriebes anhand der Klassifikation „WZ2008“ [1] festgestellt. Danach wird die Schwankung bzw. Fluktuation berechnet, indem die Standardabweichung der Reallast (Gesamtwirkungsleistung am Übergabezähler) jedes einzelnen Tages eines Kalenderjahres berechnet und anschließend gemittelt werden. Wochenenden, Schließtage, Feier- und Brückentage werden ausgenommen und die Arbeitszeitfenster berücksichtigt. Der resultierende Fluktuationsgrad wird auf das industrietypspezifische Lastprofil ausschließlich auf das Profil von Mechanical 1 aufgetragen, da angenommen wird, dass dieser der Hauptverursacher der Fluktuationen ist. Weitere Recherchen zur Überprüfung dieser Annahme sollen folgen. Für den Industrietyp 25.61 z. B. beträgt der Fluktuationsgrad 5 %. Das fertige Lastprofil für diesen Industrietyp ist in Abbildung 1 c) dargestellt.

Bis zu diesem Zeitpunkt wurden 13 synthetische Lastgänge für Industrietypen aus den Überkategorien „Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln“, „Herstellung von Metallerzeugnissen“ und „Maschinenbau“ entwickelt.

Schwerpunkt 2
Digitaler Zwilling und Experimenteller Zwilling

Ziel des Schwerpunkts 2 ist, den Strombezug von Energieunternehmen flexibel an den Bedürfnissen des übergelagerten Gesamtsystems auszurichten und dadurch sowohl beim Industrieunternehmen als auch im Gesamtsystem einen Mehrwert zu generieren. Dies kann zum Beispiel über die Ausrichtung an dynamischen Preissignalen oder durch die Bereitstellung und Vermarktung von Flexibilität im Sinne von Regelleistung erfolgen. Typische Maßnahmen sind dabei die Verschiebung von Einsatzzeiten, die Reduktion oder Steigerung von Leistungen von Maschinen oder Hilfsprozessen und die Nutzung von Energiespeichern im Unternehmen.

Um als Unternehmen mit solchen Maßnahmen auf entsprechende externe Anreizsignale reagieren zu können, ist es hilfreich, alle energierelevanten Prozesse und Komponenten in Form eines digitalen Systemmodells („Digitaler Zwilling“) abzubilden. Der Digitale Zwilling erlaubt es, die Auswirkungen von bestimmten Steuereingriffen auf den zukünftigen Leistungsbezug vorherzusagen und auf dieser Basis mathematische Optimierungen durchzuführen. Das Modell wird hierfür mit zahlreichen Produktions- und Energiedaten validiert. Im Betrieb muss das Modell ständig aktuell gehalten werden, was durch ein umfangreiches Echtzeit-Monitoring im Betrieb realisiert wird.

Da eine vollständige Umsetzung des oben beschriebenen Digitalen Zwillings inklusive der Kopplung mit einem Echtzeit-Monitoring-System sowie der automatisierten Steuerung in einem realen Betrieb sehr aufwendig sowie mit großen Risiken (z. B. Produktionsausfällen etc.) verbunden ist, wird im Projekt GaIN an der Hochschule Offenburg ein Demonstrator im Sinne eines Experimentellen Zwillings aufgebaut. Das Konzept des Experimentellen Zwillings wurde dabei möglichst generisch gestaltet, sodass nur auf wenige, aber für das Lastprofil eines Betriebs signifikante Komponenten zurückgegriffen werden muss. Parallel zum Digitalen Zwilling kann der „Experimentelle Zwilling“ als Testsystem oder lokales Reallabor für die Optimierungen genutzt werden. Das Verhalten des Experimentellen Zwillings gibt dann ersten Aufschluss über das mögliche Verhalten des realen Industriebetriebs, ohne die Prozesse des KMU (kleine und mittlere Unternehmen) zu gefährden.

In erster Linie werden für den Experimentellen Zwilling drei Gruppen von Verbrauchern definiert. Diese sind thermische Kreise, technische Systeme zur Umgebungskonditionierung (TBS) und motorbetriebene Verbraucher zur Verarbeitung und zum Transport. Versorgt wird der Experimentelle Zwilling aus dem Microgrid am INES bzw. durch Bezug von Netzstrom. Die Konfiguration gestattet damit auch die Einbindung künftiger Contractingelemente für den jeweiligen Industriebetrieb. So können zum Beispiel Konzepte wie Eigenverbrauchsoptimierung, Sektorenkopplung durch KWKK oder speichergestützter Betrieb abgebildet werden. Die Entwicklungspotenziale können so mit den KMU-Verantwortlichen sehr realitätsnah hinsichtlich Flexibilität und Wirtschaftlichkeit erörtert werden.

Die Gesamtmethodik zur Entwicklung des digitalen Zwillings und seine Verbindung mit einem experimentellen Zwilling sind in Abbildung 2 dargestellt.

Referenzen/References:
[1] Statistisches Bundesamt, „Klassifikation der Wirtschaftszweige: Mit Erläuterungen“, Wiesbaden, 2008
[2] Statistisches Bundesamt, „Produzierendes Gewerbe: Beschäftigte, Umsatz und Investitionen der Unternehmen und Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden“, Wiesbaden, 12.12.2019
[3] Elaine Hale, Henry Horsey, Brandon Johnson, Matteo Muratori, Eric Wilson, et al., “The Demand-Side Grid (dsgrid) Model Documentation”, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, Aug. 2018
[4] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, „Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2013 bis 2017“, Karlsruhe, Juni 2019
[5] Michael Starke, Nasr Alkadi, “Assessment of Industrial Load for Demand Response across U.S. Regions of the Western Interconnect”, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Sep. 2013

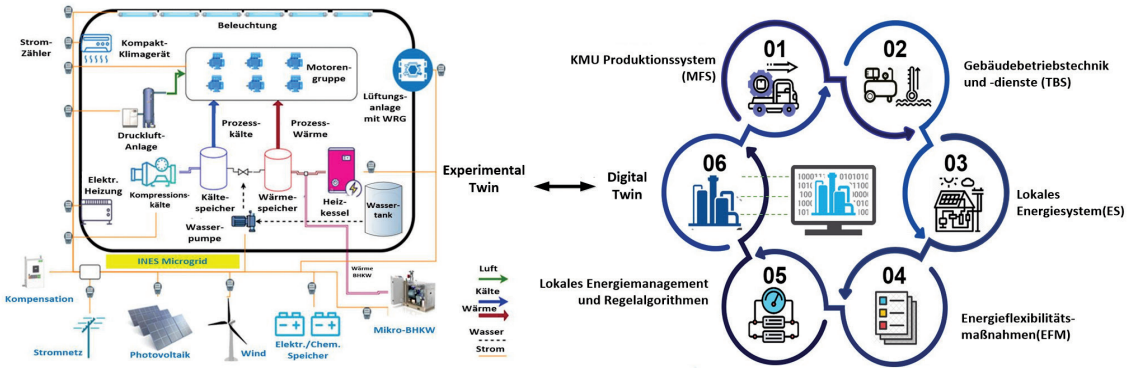

Abb. 2: Gesamtmethodik und Schritte zur Entwicklung des digitalen und experimentellen Zwillings

Um digitale Zwillinge mit Fokus auf Energieflexibilität für eine möglichst große Klasse von Industrieunternehmen bereitstellen zu können, wird im Projekt GaIN eine generische Modellbibliothek für KMUs entwickelt. Die Bibliothek enthält sowohl Modelle des Produktionssystems (Manufacturing System MFS) im Sinne der relevanten Prozesse und Maschinen als auch elektrische und thermische Hilfssysteme, die beispielsweise Wärme, Kälte, Luft oder Druckluft bereitstellen (Technical Building Services TBS) oder klassische Energiesystemkomponenten wie Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke bzw. elektrische und thermische Speicher (Energy System ES).

Zur Entwicklung der generischen Modellbibliothek wird das Prinzip der Objektorientierung verwendet und die Modellbibliothek in der Programmiersprache Python umgesetzt. Ein beispielhaftes Modellierungsdiagramm für die Bibliothek zeigt Abbildung 3.

Mit der Modellbibliothek kann ein KMU-Objekt (SME-Object) in weitere Objekte unterteilt werden, die die technischen Einheiten (MFS, TBS, ES und CS (Control Systems)) und deren Komponenten darstellen. Die Eingangsparameter der einzelnen Modelle müssen so definiert werden, dass diese sowohl für die physikalische Modellierung als auch für ein datenbasiertes Energiemanagement verwendet werden können, unter der Berücksichtigung von externen Signalen und Strombezugsmechanismen. Sobald die Branche des KMU feststeht, können alle Informationen im CS-Modul zur Verfügung gestellt werden und somit Optimierungen und Simulationen durchgeführt werden. Die Idee ist, die Entwicklung der Modellbibliothek auf der Grundlage von Monitoringdaten zu verbessern, die von am Projekt beteiligten Unternehmen stammen. Hierdurch wird eine gute Basis für die Analyse des technischen und wirtschaftlichen Flexibilitätspotenzials geschaffen, um z. B. die Auswirkung von

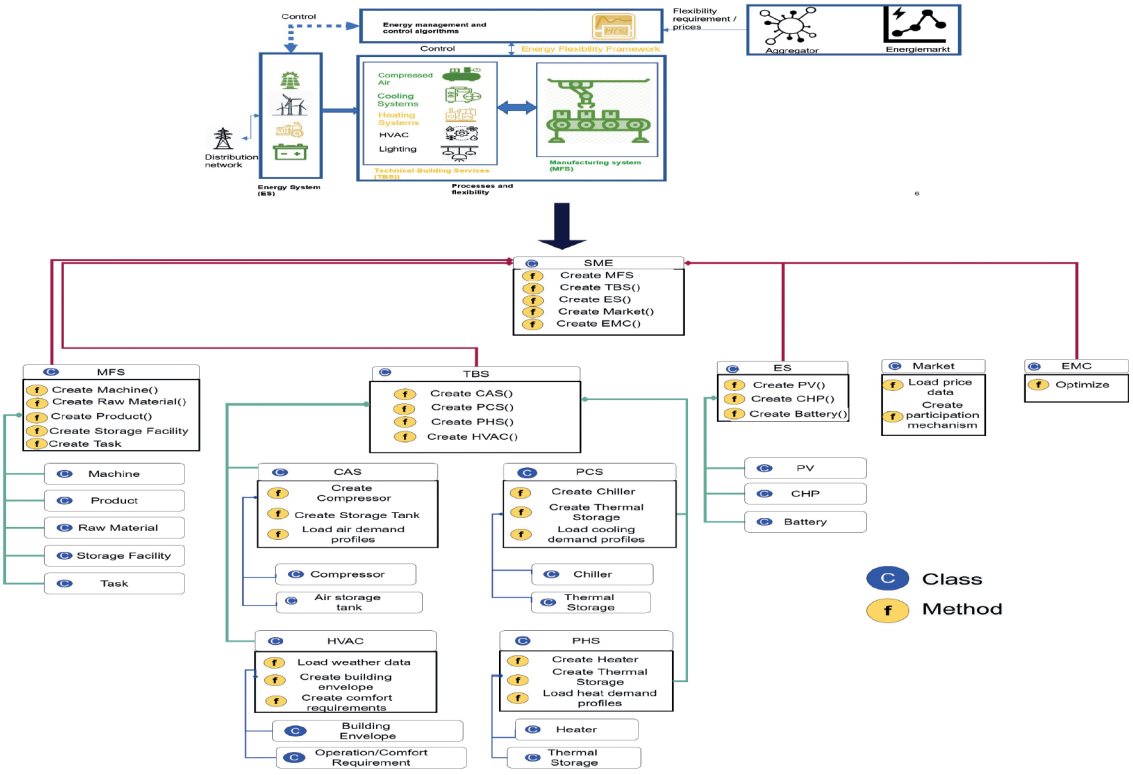

Abb. 3: Modellierungsdiagramm für die generische Modellbibliothek mit ihren verschiedenen Komponenten

externen Signalen zu bewerten. Auf der Basis der Modelle können dann mathematische Optimierungsmethoden und Ansätze der modellprädiktiven Regelung für ideale Betriebsarten berechnet werden, um beispielsweise auf externe Marktsignale zu reagieren.

Die Modellbibliothek wird im Rahmen des Projekts genutzt, um mit realen Daten eine möglichst detaillierte Abbildung ausgewählter Industrieunternehmen im Digitalen Zwilling zu erhalten. Als Beispiel für die Nutzung wurde die Modellbibliothek zur Entwicklung des digitalen Modells eines im Projekt beteiligten Industrieunternehmens verwendet. Beispielhafte Simulationsergebnisse sind in den Abbildungen 4 dargestellt. Es sind der Gesamtenergiebedarf, der Leistungsaustausch mit dem Netz und die Lastprofile der TBS-Einheiten (CAS und PCS) als Ergebnis einer optimierten Steuerung in Verbindung mit veränderlichen Strompreisen dargestellt. Zudem sind die Steuer- bzw. Eingangsgröße und die Zustandsgröße für die TBS- und ES-Komponenten des modellierten realen Industriebetriebs abgebildet. Die Optimierungsalgorithmen (be)laden die Speicher bei niedrigen Preisen, um diese dann bei höheren Preisen zu nutzen und so weniger hochpreisigen Strom beziehen.

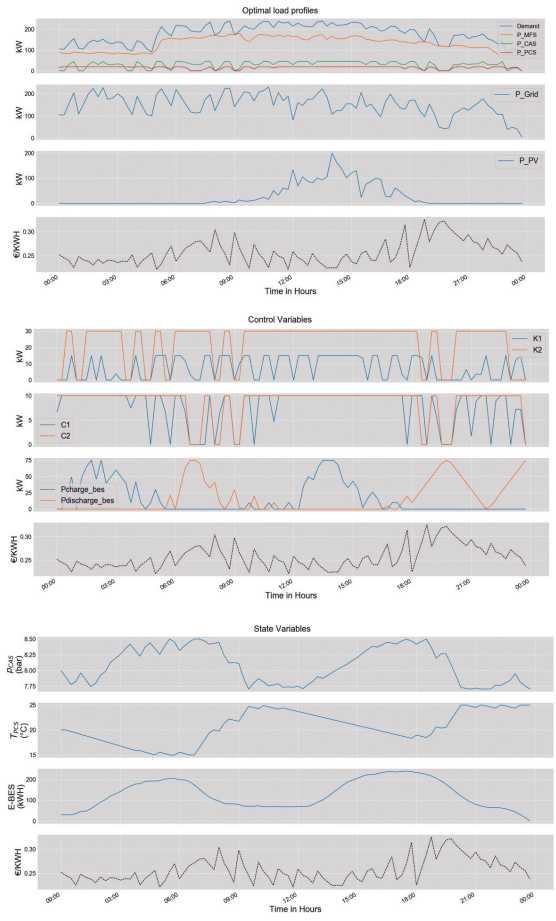

Abb. 4: Simulationsergebnisse für optimierte Lastprofile der realen Industrie und Steuereingangs- und Zustandsvariablen für Komponenten, die in TBS- und ES-Systemen als Ergebnis der von der Modellbibliothek durchgeführten Optimierung verfügbar sind

Zusammenfassung und Ausblick

Die generische Modellbibliothek soll einen wichtigen Beitrag leisten, digitale Modelle von Industrieunternehmen bereitzustellen, die es erlauben, das Energieflexibilitätspotenzial von Unternehmen zunächst ohne reale Eingriffe genauer zu untersuchen und zu charakterisieren. Später können diese Modelle im Realeinsatz genutzt werden, eine automatisierte Nutzung der Energieflexibilität zu realisieren. In Kombination mit diesen Aktivitäten spielt der Experimental Twin an der Hochschule Offenburg eine wichtige Rolle, indem digitale Methoden frühzeitig in Kombination mit realen Komponenten und realer IKT implementiert werden. Dies hilft einerseits, eine spätere Implementierung im realen Betrieb vorzubereiten und kann auch als Showcase dienen, um Industrieunternehmen über die Möglichkeiten der Digitalisierung zu informieren.

AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Niklas Hartmann
Gruppenleiter Energiesysteme und Energiewirtschaft, INES – HSO
Lehrgebiete: Energiewirtschaft, Operations Research und IBL1
niklas.hartmann@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
Gruppenleiter Intelligente Energienetzwerke, INES - HSO, Lehrgebiete: Elektrotechnik und Regenerative Energiesysteme
schmidt@hs-offenburg.de

Prof. Dr.-Ing. Rainer Gasper
Intelligente Energienetzwerke, INES – HSO
Lehrgebiete: Regelungstechnik und Mechatronik
rainer.gasper@hs-offenburg.de

Anna Sandhaas M.Sc: Akad. MA, INES, EEW
anna.sandhaas@hs-offenburg.de
Hanhee Kim M.Sc.: Akad. MA., INES, EEW
hanhee.kim@hs-offenburg.de
Rahul Rahul M.Sc.: Akad. MA., FG_IEN, INES – HSO
rahul.rahul@hs-offenburg.de
Jesus da Costa Fernandes, M.Sc./Dipl.-Ing.(FH): F&E-Ingenieur/Projektmanager, FG IEN, PV-Systeme und -Applikationen, dezentrale Energieversorgungen, Microgrids und nachhaltiger Gebäudebetrieb, INES – HSO
costa@hs-offenburg.de
Edgar Schmitt, Dipl.Ing. (FH): F&E-Ingenieur, FG-IEN Eingebette Systeme, Software-Engineering, Industrielle Kommunikation, dezentrale Energieversorgung, INES – HSO
edgar.schmitt@hs-offenburg.de