



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Werkzeuge für die Realisierung von nachhaltigen Quartieren

MEMAP-Projekt schreitet voran: Neu entwickelte Softwareumgebung zur Regelung der Energieversorgung von Quartieren tritt in Testphase ein

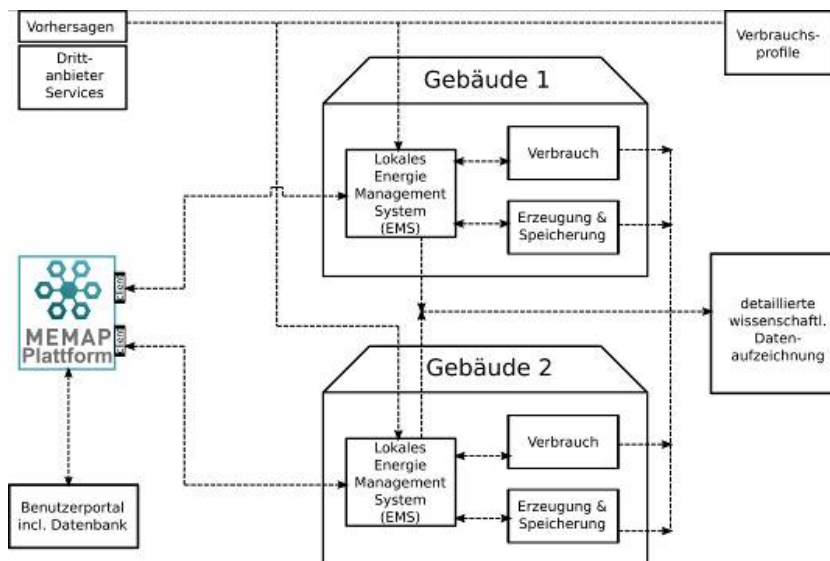
Das im Jahr 2017 begonnene Forschungsvorhaben MEMAP verfolgt das Ziel, eine Softwareplattform zu entwickeln, die es ermöglicht, Gebäude im energetischen Verbund zu betreiben, d.h. in nachhaltigen Quartieren. Ein Energieverbund von Gebäuden birgt erhebliche Einsparungen in der Energieversorgung, da er eine bessere Ausnutzung von regenerativen Energien wie auch von dezentralen Energieerzeugern und Energiespeichern ermöglicht. Schlussendlich lässt sich so eine wirtschaftlichere Energieversorgung bei geringerem CO₂-Ausstoß erzielen. Um die technischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, haben sich insgesamt sieben Unternehmen und Forschungseinrichtungen an der Entwicklung einer offenen Softwareplattform beteiligt, die die Planung und den Betrieb von Quartierslösungen ermöglichen wird. Die Multi-Energie Management und Aggregations-Plattform (MEMAP) wird es erlauben, Gebäude mit unterschiedlichen Anforderungen an Energie zusammenzuschließen, um dadurch die Energieeffizienz im Verbund zu steigern. Als Testgebiet dient das Gewerbegebiet Riemerling bei München. Der Energieverbrauch der dort befindlichen fünf Gebäude wird mittels LoRa-Funktechnik minütlich erfasst. Mit den gewonnenen Lastprofilen werden Berechnungen zu einem möglichen Energieverbund erstellt. Die Lastprofile werden darüber hinaus auch im Reallabor CoSES der TU München eingesetzt, um den geplanten Energieverbund realitätsnah nachzubilden und zu bewerten. Das Reallabor ermöglicht damit ideale Voraussetzungen für den Praxistest der Softwareplattform und eine Verifizierung der Energieeinsparung.

Validierung der MEMAP-Plattform im Reallabor CoSES der TU München

Seit Ende 2020 wird die MEMAP-Plattform im Forschungslabor CoSES (Combined Smart Energy Systems) der TU München einem Test mit realen Anlagen unterzogen. Ziel der Testläufe ist dabei eine generelle und praxistaugliche Validierung des entwickelten Kommunikations- und Schnittstellenkonzeptes im Zusammenspiel mit realer Anlagentechnik wie

Heizkessel und BHKW sowie die generelle Prüfung der Plattformfunktionalität und der Softwarearchitektur.

Abb. 1.:



Bildunterschrift: Wirkkette / Kommunikationsnetzwerk aufgebaut im CoSES-Labor

Quelle: Technische Universität München

Die MEMAP-Plattform ist auf dem Host-Computer im Labor installiert und die Nachbildung der einzelnen EMS (sh. Infokasten 1) erfolgt über selbst entworfene Modelle auf Basis verschiedener Software-Umgebungen (National Instruments: LabView und VeriStand). Über das interne Netzwerk (Ethernet) verbindet sich die Plattform mit den EMS-Systemen der einzelnen Gebäude, um – über das in der Automatisierungstechnik etablierte OPC-UA Protokoll – die für die Optimierung benötigten Anlagendaten und die zu erwartenden Lastanforderungen der einzelnen Gebäude (Wärme und Strom) auszulesen. Über die so hergestellte Kommunikationsverbindung erhält das lokale EMS wiederum die Leistungssollwerte von der übergeordneten MEMAP-Plattform, die das Zusammenspiel optimiert. Die Anbindung der MEMAP-Plattform an die EMS erfolgt dank eines neuartigen Datenmodells völlig automatisiert (Vertiefung Datenmodell sh. Infokasten 2).

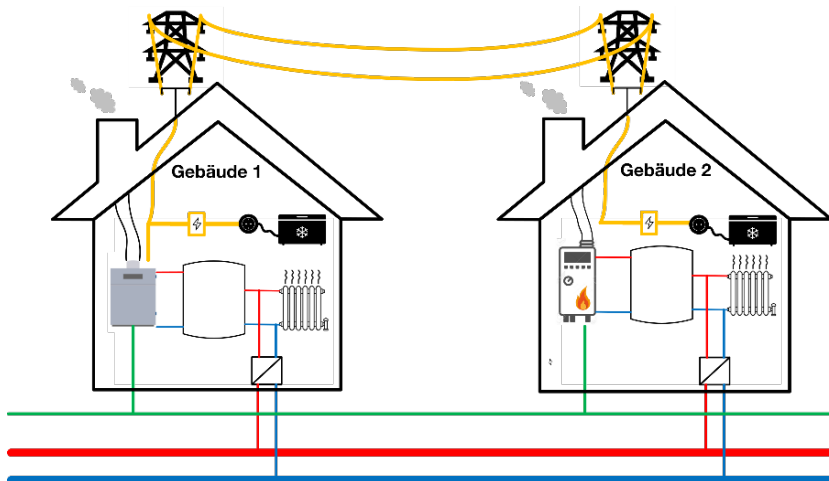
Die Durchführung der Labortests mit realen Anlagen zeigte diverse Herausforderungen. Eine große Hürde, die es zu nehmen galt, war die zeitliche Synchronisation der Datenkommunikation zwischen MEMAP und den EMS-Systemen. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit den notwendigen Vorhersagen für die Optimierung relevant. Die benötigten Vorhersagen umfassen prognostizierte Verbräuche, prognostizierte Erzeugungskapazität aus Erneuerbaren Energien und prognostizierte zeitvariable Preise (sh. Abb. 1).

Diese Prognosen werden im Feld dynamisch eingeholt (z.B. von Drittanbietern), für die Experimente im Laborumfeld werden im Moment fixe Zeitreihen (z.B. gemessen im Feldtest Riemerling) eingelesen.

Gleichzeitig werden die Speicherzustände der realen Anlagen gemessen und an die MEMAP-Plattform übermittelt. Die Plattform schickt Sollwerte an die Anlagen zurück.

Es muss sichergestellt werden, dass all diese Datenreihen synchron verlaufen und in der MEMAP-Plattform stets die Daten zusammenkommen, welche sich auf den gleichen Zeitpunkt beziehen. Aufgrund der unterschiedlichen involvierten Datenquellen wird hierfür ein zentraler Trigger inkl. Zeitstempel verwendet, welcher von der MEMAP-Plattform vorgegeben und per OPC-UA an alle involvierten Geräte gesendet wird. Aktuell wird im Labor der Energieverbund von zwei Gebäuden betrachtet (sh. Abb. 2).

Abb. 2.:



Bildunterschrift: Haustechnik und Vernetzung im 2-Häuser-Szenario

Quelle: Technische Universität München

Hier ist neben zwei 800 l-Wärmespeichern und den beiden Wärmesenken ein Brennwertkessel mit 21 kW Leistung und ein BHKW mit 2 kW elektrischer und 5 kW thermischer Leistung vorgesehen. Zudem sind die beiden Gebäude durch Wärmeleitungen über zwei Wärmetauscher miteinander verbunden. Auch die elektrische Seite wird bei dieser Ausbaustufe berücksichtigt – durch ein elektrisches Netz, welches die Nutzung des BHKW-Stroms zusätzlich zum öffentlichen Strom durch die emulierte Nachfrage beider Gebäude ermöglicht. Die gesamte Anlagentechnik befindet sich als reale Hardware im Labor der TU München.

Die Labortests werden jeweils über Zeiträume von 8 bis 36 Stunden in Echtzeit abgefahren. Im Moment ist eine reale Laboruntersuchung von mehr als zwei Gebäuden technisch noch nicht möglich. Um zum jetzigen Zeitpunkt dennoch Aussagen zu Einsparpotenzialen und zum Betriebsverhalten in größeren

Verbänden und unterschiedlichen Anlagenkonstellationen treffen zu können, werden Simulationsrechnungen durchgeführt. Für diese simulativen Betrachtungen wird eine Simulationsumgebung genutzt, welche auf denselben Software-Kern zugreift, wie ihn die MEMAP-Plattform im Labor verwendet. Das macht einen sinnvollen Vergleich der

Ergebnisse aus Laborumgebung und Simulation möglich. Die in der Laborumgebung durchgeführte Validierung der Plattform kann deshalb zudem als Validierung der Simulationsumgebung gesehen werden. Damit sind ganz wesentliche Schritte getan, um das Ziel des Forschungsvorhabens zu erreichen, eine validierte Plattform für den optimierten Betrieb im Energieverbund bereitzustellen. Basierend auf demselben Software-Kern bietet darüber hinaus die Simulationsumgebung ein Werkzeug zur Planung und Analyse solcher Energieverbünde.

MEMAP als Planungswerkzeug – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung am Beispiel eines Gewerbegebietes

Im Gewerbegebiet Riemerling bei München konnten die Gebäudeeigentümer von insgesamt sechs Gebäuden für eine Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe gewonnen werden (sh. Tab. 1). Seit Installation der Messtechnik in Q4/2019 ist es möglich, auf den Wärmebedarf dieser Gebäude in Echtzeit zuzugreifen und ihn für den simulierten Gebäudezusammenschluss zu verwenden. Da eine messtechnische Erfassung des Stromverbrauchs im Rahmen des Projekts nicht möglich war, wurden reale Lastprofile ähnlicher Gebäude entsprechend den Verbrauchsdaten der Nebenkostenabrechnung skaliert und für die Betrachtung eingesetzt.

Tab. 1.:

Gebäude / Nutzung	Wärmeerzeugung	Max . therm. Leistung	Wirkungsgrad	Baujahr
Schule	Gas-Niedertemp. Kessel	105 kW	70%	1997
	Gas-Niedertemp. Kessel	225 kW	70%	1991
Hotel	Öl-Brennwertkessel	50 kW	80%	2008
Bürogeb. 19	Ölkessel	537,8 kW	60%	1972
Produktion 23/25a	Ölkessel	90 kW	80%	2005
	Ölkessel	250 kW	80%	2005
Produktion 27	Gaskessel	165 kW	70%	1998
Bürogeb. K	Gas-Brennwertkessel	130 kW	80%	2005
	Gas-Brennwertkessel	130 kW	80%	2005

Bildunterschrift: Technische Daten der Gebäude in Riemerling

Quelle: fortiss GmbH

Trotz der Vielfältigkeit in der Gebäudenutzung zeigen die Gebäude ein ähnliches Bild in der Art der Wärmeerzeugung. Alle Gebäude werden zentral über ein bis zwei Kessel mit Wärme versorgt. Das Hotel besitzt als Alleinstellungsmerkmal zusätzlich eine Solarthermieanlage. Bedingt durch die Qualität der Gebäudehüllen wird eine vergleichsweise hohe Vorlauftemperatur zur Beheizung benötigt.

Für die wirtschaftliche Bewertung war es nötig, den Ist-Zustand genau zu untersuchen, um die Kosten für die Umrüstung des Gewerbegebietes zu einem Energieverbund ermitteln zu können. Die Platzsituation in den Gebäuden wurde mittels 3D-Laserscan aufgenommen und die erforderliche Zusatzinstallation an Messtechnik und Anlagenumrüstung ermittelt. Ergänzend dazu wurden die Gebäude untereinander vermessen und die Planung des Nahwärmenetzes durchgeführt

Die Erfassung der Geometrie über den 3D-Laserscan der Technikzentralen sowie die anschließende Drohnenvermessung der Gebäude wurde zudem für die Erstellung des BIM-Modells genutzt (sh. Abb. 3).

Abb. 3:



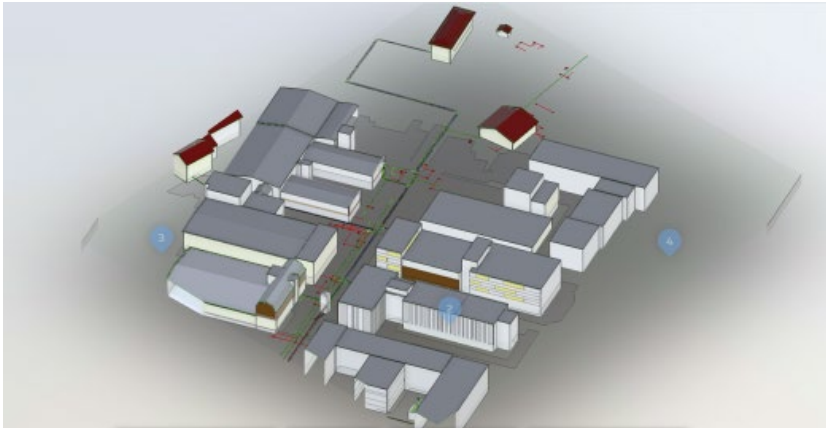
Bildunterschrift: 3D-Scanaufnahme einer Heizzentrale mit Faro-Scanner

Quelle: IBDM GmbH

In der ersten Variante der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde zunächst nur der Wärmeverbund analysiert. Hierfür wurden die Investitionskosten für das erforderliche Nahwärmenetz sowie die Kosten für die Anbindung der einzelnen Gebäude an die MEMAP-Plattform kalkuliert und in die Berechnung einbezogen. Basierend auf den aufgezeichneten Lastprofilen wurde ein vollständiges Betriebsjahr im MEMAP-Planungswerkzeug berechnet – mit dem Ergebnis, dass der Zusammenschluss der Gebäude zu einer Einsparung von 18.643 €/a (7,9 %) und einer CO₂-Reduktion von 56,2 t/a (7,6 %) führt.

Dieses Ergebnis wird ohne weitere Modifikationen allein durch den Energieverbund erzielt (sh. Abb. 4). Dem gegenüber stehen hohe Investitionskosten für den Bau des Nahwärmenetzes.

Abb. 4:



Bildunterschrift: 3D-Ansicht des Fernwärmenetzes

Quelle: IBDM GmbH

Eine akzeptable Wirtschaftlichkeit wird mit dieser alleinigen Maßnahme nicht erreicht (sh. Tab. 2). In zwei weiteren Betrachtungen wurde die Wirtschaftlichkeit der Anfangsinvestition verbessert, indem in der zweiten Variante ein BHKW an zentraler Stelle aufgestellt und das System in der dritten Variante mit einer PV-Anlage auf dem Dach einer Produktionshalle (180 kWp) erweitert wurde. Somit konnte die Amortisationszeit von 32 Jahren auf 18 Jahre in der zweiten Variante und auf 15 Jahre in der dritten reduziert werden (sh. Tab. 2).

Tab. 2.:

Gebäude	Ist-Zustand				Wärmeverbund (WV)		WV+BHKW		WV+BHKW+ PV	
	Wärmebedarf	Strombedarf	CO ₂ -Emission	Kosten	CO ₂	Kosten	CO ₂	Kosten	CO ₂	Kosten
	MWh/a	MWh/a	t/a	T€/a	t/a	T€/a	t/a	T€/a	t/a	T€/a
Gesamt	1.191,3	611,9	736,1	236,5	679,1	217,9	519,7	164,2	426,0	130,9
Einsparungen	-	-	-	-	-7,6%	-7,9%	-30,2%	-30,6%	-42,8%	-44,7%
Investitionskosten [T€]					756,2		921,8		1.232,3	
Amortisation (intern. Kalkulationszins 2% [a])					32 Jahre		18 Jahre		15 Jahre	

Bildunterschrift: Variantenvergleich und Wirtschaftlichkeitsberechnung der eingesparten Verbrauchskosten im Vergleich zu den Ausbaukosten mit Hilfe des MEMAP-Planungstools

Quelle: fortiss GmbH

Auf Basis der bisherigen Ergebnisse lässt sich feststellen, dass eine Vernetzung von Gebäuden bereits in kleinen Quartieren positive Effekte entfaltet. Sowohl CO₂-Emissionen als auch Energiekosten lassen sich im Verbund deutlich reduzieren. Variante 3 zeigt mit einer CO₂-Reduktion von 42 % und einer Amortisationszeit von ca. 15 Jahren Ergebnisse, die trotz hoher Investitionskosten interessant sind und das eigentliche Potential einer Quartierslösung aufzeigen. Wesentlicher Erfolgsfaktor ist dabei die Eigenstromerzeugung.

Exkurs: Rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigen – Chance Kundenanlage gemäß EnWG

Um das Geschäftsmodell, das sich hinter MEMAP verbirgt, beurteilen zu können, ist es notwendig, den geltenden regulatorischen Rahmen genauer zu betrachten. Insbesondere die Trennung zwischen der Energielieferung an Dritte innerhalb einer Kundenanlage und der Einstufung als Energieversorger spielt dabei eine Hauptrolle. Während Strom, der innerhalb einer Kundenanlage erzeugt und verbraucht wird, in der Regel von Netzentgelten und netzseitigen Abgaben und Umlagen befreit ist, sind sämtliche andere Anlagen, die nicht unter diese Definition fallen, davon nicht befreit. Für das Quartierskonzept spielt diese Unterscheidung eine tragende Rolle. Zwar gibt es Quartiere, in denen die darin eingesetzten Anlagen als Kundenanlagen eingestuft werden können, jedoch ist die Unterscheidung gerade bei größeren Quartieren nur durch eine Einzelfallprüfung möglich. Vom Ausgang dieser Prüfung ist ganz wesentlich abhängig, ob sich der Betrieb eines Energieverbunds als wirtschaftlich erweist. Eine gesonderte Regelung für Energieverbünde wäre sinnvoll – besonders da diese nicht nur das Potenzial einer Kostenersparnis bei der Energieversorgung bergen, sondern auch zur Reduktion klimaschädlicher Emissionen beitragen können. Die Situation ist insofern besonders prekär, da Quartiere als ein Schlüsselement zum Gelingen der Energiewende angesehen werden.

Ausblick

Vernetzte Quartiere bilden bei der Erreichung der Klimaziele einen wesentlichen Baustein, der noch längst nicht ausreichend genutzt wird. Das Planungswerkzeug in MEMAP erlaubt die Vorbetrachtung von Quartieren und kann damit zur Lösungsfindung beitragen. Die MEMAP-Plattform – oder ähnliche Software-Lösungen – unterstützen später den laufenden Betrieb. Eine Umsetzung von nachhaltigen Quartieren, die sich dadurch auszeichnen, dass Gebäude auf intelligente Art und Weise Energie optimal einsetzen und sich untereinander austauschen, wird im Moment noch von regulatorischen Hürden erschwert und ist daher im Markt noch kaum etabliert. Faktoren, die die Rahmenbedingungen in den nächsten Jahren vereinfachen könnten, sind eine Verteuerung der CO₂-Preise, eine mutige Förderpolitik – aber vor allem eine Änderung des regulatorischen Rahmens.

Infokasten 1

Lokales EMS

In realen Gebäuden obliegt dem lokalen Energie-Management-System (EMS) die Steuerung und Regelung der gebäudetechnischen Anlagen, ähnlich einer Gebäudeleittechnik (GLT). Im Zusammenspiel mit MEMAP fungieren sie als Kommunikationsknotenpunkte und setzen erhaltene Setpoints mittels eigener Regelstrategien anlagentechnisch um.

Infokasten 2

Vertieft: Datenmodell für die vollständig automatisierte Anbindung der MEMAP-Plattform an die EMS-Systeme

Damit die Anbindung der MEMAP-Plattform an die EMS Systeme vollständig automatisiert ablaufen kann, wurde im Forschungsprojekt ein einzigartiges Datenmodell entwickelt. Die Besonderheit des Datenmodells besteht darin, dass neben den Verbrauchern nur vier abstrakte Obergruppen von Anlagen unterschieden werden: Speicher, kontrollierbare Erzeuger, volatile Erzeuger und Koppler. Jede dieser Obergruppen besitzt ein bestimmtes Set an Datenpunkten, die der Plattform zur Verfügung gestellt werden. Durch eine darauf aufbauende Namenskonvention in den lokalen EMS werden Anlagen nach dem Verbindungsaufbau automatisch erkannt, dem richtigen Gebäude/EMS und Sektor (Wärme, Strom) zugeordnet und in der Berechnung eines optimalen Betriebs berücksichtigt. Um ein sehr breites Anwendungsfeld der Plattform zu ermöglichen, wurde bewusst darauf verzichtet, individuelle Adressen der Datenpunkte vorzugeben, da viele Hersteller eine eigene Adressstruktur einsetzen. Mit der gewählten Lösung reicht bereits eine Anpassung des Anzeigenamens der Datenpunkte in den EMS für die Anbindung an die MEMAP-Plattform aus.

Verfasser & Forschungsgruppe:

Fenecon GmbH: M.Eng. Nicole Miedl, M.Eng. Fabian Eckl
fortiss GmbH - Forschungsinstitut des Freistaats Bayern für softwareintensive Systeme und Services: Dr. Jan Mayer, Dr. Denis Bytschkow, Dr. Markus Duchon
Holsten Systems GmbH: Elena Holsten
IBDM GmbH: Dipl.-Ing. (FH) Detlef Malinowsky, B.Eng. Patrick Täubrich
Sauter-Cumulus GmbH: Ralf Nebel, Dipl.-Ing. (FH) Claudius Reiser
Technische Universität München: M.Sc. Thomas Lickleder
Bayern Innovativ GmbH: Dipl.-Inf. (Univ.) Maximilian Irlbeck, M.Sc. Lea Schumacher

Datum: 06.05.2021