



ENTWICKLUNG EINES ENERGIEMANAGEMENTSYSTEMS FÜR DEN OPTIMALEN BETRIEB VON GEBÄUDEN UND QUARTIEREN

Matthias Oettmeier, Sebastian Flemming, Peter Bretschneider

Fraunhofer IOSB-AST, E-Mail: matthias.oettmeier@iosb-ast.fraunhofer.de,
sebastian.flemming@iosb-ast.fraunhofer.de, peter.bretschneider@iosb-ast.fraunhofer.de

Kurzfassung

Der Gebäudesektor ist für etwa 35% des deutschen Energieverbrauchs verantwortlich, wobei davon fast zwei Drittel auf Wohngebäude entfallen (Deutsche Energie Agentur 2022). Um die Ziele der Treibhausgasneutralität bis 2045 zu erreichen, muss der Gebäudesektor einen Beitrag leisten. Neben baulichen Modernisierungen zur Energieeinsparung und anlagentechnischer Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bietet ein intelligentes Energiemanagement weitere Möglichkeiten, die energetische Effizienz und die Eigenversorgung von Gebäuden und Quartieren zu steigern und die energiebedingten Kosten, die fossilen Energieträger und somit die CO₂-Emissionen zu minimieren.

Mit diesem Beitrag sollen die Anforderungen an ein Energiemanagementsystem (EMS), welches für den Einsatz in Gebäuden und Quartieren geeignet ist, dargestellt werden. Dabei wird insbesondere auf die Besonderheiten des liberalisierten Energiemarktes in Deutschland, sowie dessen Auswirkungen auf EMS eingegangen und Lösungswege zum Umgang mit den Herausforderungen aufgezeigt.

Abstract

The building sector is responsible for approximate 35% of energy consumption in Germany where a contingent upon two thirds come from residential. To achieve the goal of zero carbon emission in 2045 it is inevitable to modernise this sector. Besides the typical building measures to reduce energy consumption a intelligent operation management in the building and quarter sector is an additional option to increase the efficiency fo quarters.

With this contribution the requirements for an energy management system (EMS) for the use in buildings and quarters are illustrated. The peculiarity of the liberalised german energy market and its consequences for the energy management system is expecially analysed. Furthermore an approach for a technical solution which is able to handle the challenges ist proposed.

Einleitung

Bevor auf die Besonderheiten des liberalisierten Energiemarkts und dessen Auswirkungen auf die Etablierung neuer Geschäftsmodelle und den Einsatz von EMS im Quartier eingegangen wird, soll zunächst die Funktionsweise eines EMS anhand der Abbildung 1 erläutert werden.

Funktionsweise eines Energiemanagementsystems

Ein EMS wird zu dem Zweck eingesetzt, den Einsatz unterschiedlicher Energieträger zur Versorgung eines Energiesystems kostenoptimal zu gestalten. Hierfür ist eine informations- und kommunikationstechnische (IKT) Anbindung des realen Prozesses an das EMS sowie das Wissen über den Aufbau und die Struktur des betrachteten Energiesystems erforderlich. Dann können, ausgehend vom betrachteten Energiesystem, an allen relevanten Punkten wie z.B. Erzeuger, steuerbare und nicht steuerbare Lasten über Messeinrichtungen (grüne Punkte in Abbildung 1) die betriebsrelevanten Daten aufgenommen und an ein EMS übermittelt werden. Anschließend werden die Daten aufbereitet, plausibilisiert und als Zeitreihe in einem Energiedatenmanagement abgespeichert.

Im nächsten Schritt werden die historischen Messdaten der nicht steuerbaren Verbraucher und Erzeuger genutzt, um exakte Prognosemodelle zu erstellen und darauf basierend die Energieverbrauchs- und Einspeisezeitreihen zu prognostizieren. Dabei wird neben den historischen Daten auch auf exogene Größen und/oder Kalenderinformationen zurückgegriffen, um ggf. vorhandene kalendarische und wetterbedingte Einflüsse zu berücksichtigen. Das Ergebnis bilden Prognosezeitreihen, welche ebenfalls im Energiedatenmanagement abgelegt werden.

Voraussetzung zum Durchführen einer Optimierung im Rahmen eines Energiemanagements ist neben Prognosen die Erstellung eines Optimierungsmodells. Durch das Optimierungsmodell werden neben der Abbildung des physikalischen Anlagenverhaltens und zugehöriger Energiewandlungsprozesse auch marktspezifische Rahmenbedingungen wie

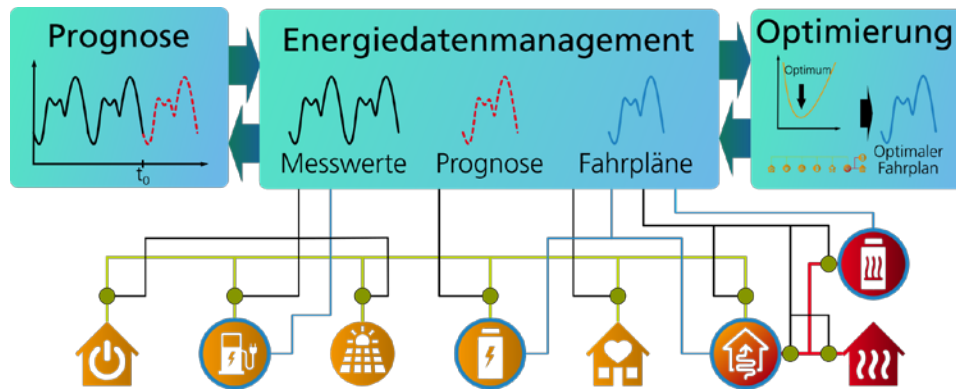


Abbildung 1: Funktionsweise eines Energiemanagementsystems

beispielsweise Energiebezugsverträge abgebildet. In Abhängigkeit vom zu realisierenden Geschäftsmodell wird eine Zielfunktion mit zugehörigen Nebenbedingungen formuliert. Unter Einbeziehung der prognostizierten Größen und Zeitreihen als Eingangsdaten werden im Sinne der Zielfunktion optimale Fahrpläne für die steuerbaren Anlagen des betrachteten Energiesystems berechnet.

Die mittels Optimierung generierten Fahrpläne für die aktiv beeinflussbaren Komponenten und Anlagen im betrachteten Energiesystem werden anschließend im Energiedatenmanagement abgelegt und an die steuerbaren Komponenten und Anlagen übermittelt. In Abbildung 1 stellen die blau gerahmten Anlagen beispielhaft die aktiv steuerbaren Komponenten und Anlagen dar, die über eine Schnittstelle (blaue Linien) mit dem Energiedatenmanagement verbunden sind.

Der liberalisierte Energiemarkt

Im Jahr 1998 wurde mit dem Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts die Liberalisierung des Energiemarkts eingeführt. Diese Neuregelung ermöglicht unter anderem allen privaten wie gewerblichen Verbrauchern ihren Energielieferanten frei zu wählen. Die Verbraucher können die Vertragsbeziehungen mit den Lieferanten auch beenden und ihren Anbieter wechseln. Diese Lieferantenwechsel werden von den Lieferanten entsprechend verwaltet.

Auswirkungen der Liberalisierung auf die Umsetzung der Geschäftsmodelle im Quartier

Neue Geschäftsmodelle im Quartiersbereich ermöglichen es den Quartiersbetreibern (Anbieter innovativer Energielieferverträge im Quartiersbereich) einen Mehrwert für die Mieter zu schaffen. So bieten Geschäftsmodelle wie Mieterstrom oder ggf. zukünftig Energy-Communities Möglichkeiten, den Verbrauchern (z.B.: Quartiersbewohner) durch Nutzung lokal bereitgestellter Energie aus Erneuerbaren Quellen

günstigere Energielieferverträge anbieten zu können. Zum Anbieten von Energielieferverträgen und Umsetzen solcher Geschäftsmodelle tritt der Quartiersbetreiber als Energielieferant in Erscheinung und ist somit verpflichtet, den sich aus der Liberalisierung des Energiemarktes ergebenden Anforderungen gerecht zu werden.

Entsprechend können Mieter sich für oder gegen eine Energieversorgung durch den Quartiersbetreiber entscheiden und diese Entscheidung auch regelmäßig ändern. So sind ein Wechsel des Energielieferanten momentan innerhalb von drei Wochen, perspektivisch sogar täglich möglich. So sieht die EnWG-Novelle 2021 vor, dass ab spätestens 2026 der technische Lieferantenwechsel werktags innerhalb von 24 Stunden zu vollziehen ist (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie 10.02.2021). Für den Quartiersbetreiber bedeutet dies, dass er in dem von ihm verwalteten Bilanzraum ein dynamisches Kundenportfolio verwaltet, da die Mieter je nach ihrer Entscheidung Teil des Bilanzraumes sind oder nicht. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 2 illustriert. Hier ändert sich das zu versorgende Kundenportfolio von einem Zeitpunkt zu einem anderen, wobei die im Bilanzraum des Quartiersmanagers vorhandenen Kunden grün dargestellt und die Kunden, welche sich durch andere Lieferanten versorgen lassen, somit also nicht zum betrachteten Bilanzraum gehören, grau dargestellt sind. Ein zum Einsatz kommendes EMS muss daher in der Lage sein, ein dynamisches Kundenportfolio abzubilden und entsprechend des Geschäftsmodells optimal zu versorgen.

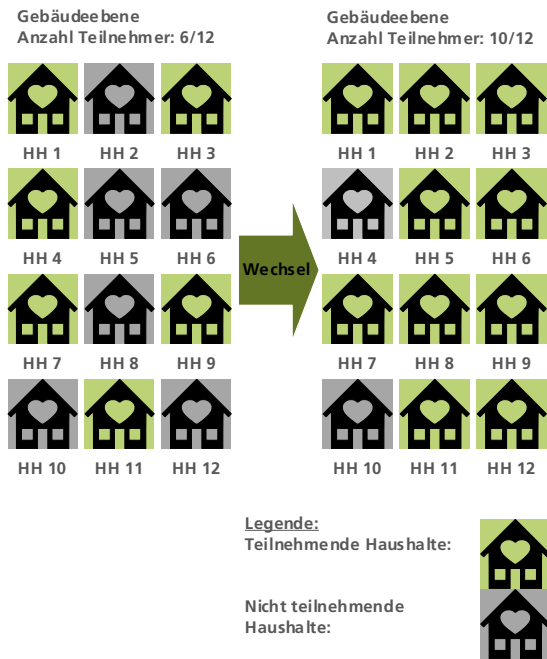


Abbildung 2: Monatlicher Wechsel teilnehmender Haushalte eines Quartiers (exemplarische Darstellung)

In Abhängigkeit der Zusammensetzung des Kundenportfolios, was neben der reinen Anzahl der teilnehmenden Haushalte auch die innere Zusammensetzung (Familien mit Kindern, Singlehaushalte mit und ohne Arbeit, Rentner, Studenten, etc.) und/oder Gewerbe (Bäckerei, Supermarkt, Handwerk, etc.) umfasst, fällt die Charakteristik der zu versorgenden Gesamtlast unterschiedlich aus. Zur Verdeutlichung der Möglichkeiten zeigt Abbildung 3 am Beispiel einer Variation des Kundenportfolios mögliche qualitative und quantitative Auswirkungen auf den resultierenden Lastverlauf. Dargestellt ist eine

Lastsituation (linke Seite, schwarzer Verlauf), die aus der Aggregation eines spezifischen Kundenportfolios als Referenz resultiert. Aufgrund der Möglichkeit der Änderung des Kundenportfolios visualisiert die rechte Seite in Abbildung 3 mögliche Szenarien für den resultierenden Lastverlauf. Neben den Unterschieden in der Skalierung, treten auch die verschiedenen Charakteristika der Szenarien hervor.

Neben der Möglichkeit der Änderung der Zusammensetzung der zu versorgenden Last und der resultierenden dynamischen Lastcharakteristik können darüberhinaus auch Änderungen des Anlagenportfolios zur Versorgung des Kundenportfolios eintreten. Neben Modernisierungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen der lokalen Energieversorgungstechnik ist es denkbar, dass Anlagen Dritter für die Quartiersversorgung hinzugezogen werden oder wegfallen können, da diese ebenfalls einer Wahlfreiheit zur Teilnahme an den Geschäftsmodellen unterliegen. Eine weitere Möglichkeit stellt eine Veränderung des Bilanzraums dar, die aus einer Vergrößer- bzw. Verkleinerung des durch den Quartiersbetreiber versorgten Quartiers resultiert. Hierbei ist beispielsweise vorstellbar, dass weitere umliegende, lokale Gebäude mit in die Quartiersbetrachtung und -betrieb aufgenommen werden. Analog zu den Änderungen des Kundenportfolios hat eine Variation des Anlagenportfolios quantitative und qualitative Auswirkungen auf die Charakteristik der Residuallast.

Die aufgezeigten Möglichkeiten und Varianten zur dynamischen Entwicklung eines Quartiers zeigen die Anforderungen an das Energiemanagementsystem eines Quartiers auf. Da sowohl die Prognosemethoden als auch die Optimierungsmodelle immer an die Zusammensetzung des aktuellen Portfolios und die

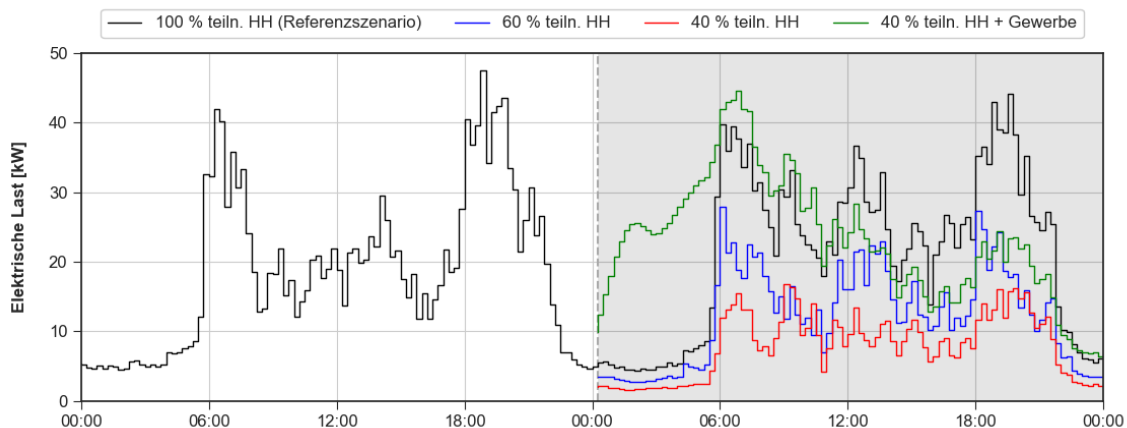


Abbildung 3: Wechselndes Lastverhalten durch eine Änderung des Kundenportfolios aufgrund sich ändernder Teilnahme am Geschäftsmodell (exemplarischer Ausschnitt für einen Tag)

daraus resultierende Lastcharakteristik angepasst sein müssen, ist eine regelmäßige Analyse der Lastsituation und Anpassung der Methoden notwendig. Die durchzuführenden Prozesse wie die Aktualisierung der Vertragsstrukturen im Energiedatenmanagement, die Neukonfiguration der Prognosen, oder Überarbeitungen der Optimierungsmodelle sind in aktuellen Lösungen noch nicht ausreichend automatisiert und erfordern manuelle Eingriffe durch Experten.

großen verwalteten Energiemengen sehr geringe Managementkosten, während die Kosten immer weiter steigen, je kleiner die Einheit und die darin verwaltete Energie wird. Für ein Quartier sind die Kosten so hoch, dass ein klassisches, durch Experten gestütztes Energiemanagement nicht rentabel betrieben werden kann.

Um den zur Pflege und Parametrierung erforderlichen Expertenaufwand und die damit verbundenen Kosten zum Aufbau und Betrieb solcher Systeme zu minimieren, wird die Notwendigkeit der Entwicklung eines hochautomatisierten Energiemanagements deutlich.

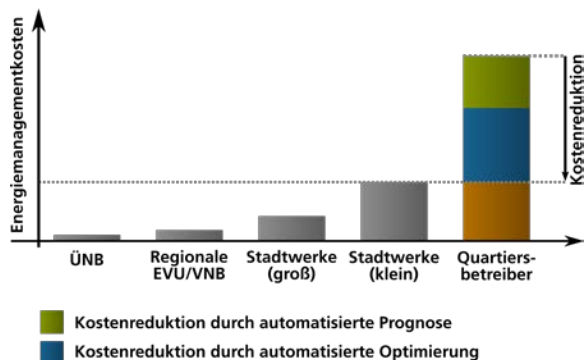


Abbildung 4: Darstellung der Kosten für Energiemanagement in unterschiedlichen Bereichen

Die durch den Experteneinsatz entstehenden Managementkosten müssen auf den Strompreis aufgeschlagen werden. Die sich ergebenden Kosten für das Energiemanagement sind stark von der verwalteten Energiemenge abhängig. Wie Abbildung 4 verdeutlicht, ergeben sich für einen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) aufgrund der

Anforderungen und Konzeption eines Quartiersenergiemanagementsystem

Architektur

Um das Energiemanagement im Quartierssektor zu automatisieren, bedarf es mehrerer Schlüsselfaktoren. So ist eine durchgängige IKT-Anbindung und Abstimmung aller benötigten Komponenten von den physikalischen Anlagen bis zum EMS notwendig. Im BMBF Projekt „smood“ (smart neighborhood) wurde eine Systemarchitektur konzipiert (siehe Abbildung 5), welche mit mehreren Teilsystemen eine durchgängige Kommunikation über alle Ebenen sicherstellt und somit die Voraussetzung für die Automatisierung der Prozessketten bildet.

Die unterste Hierarchieebene bildet die Anlagentechnik, welche an ein

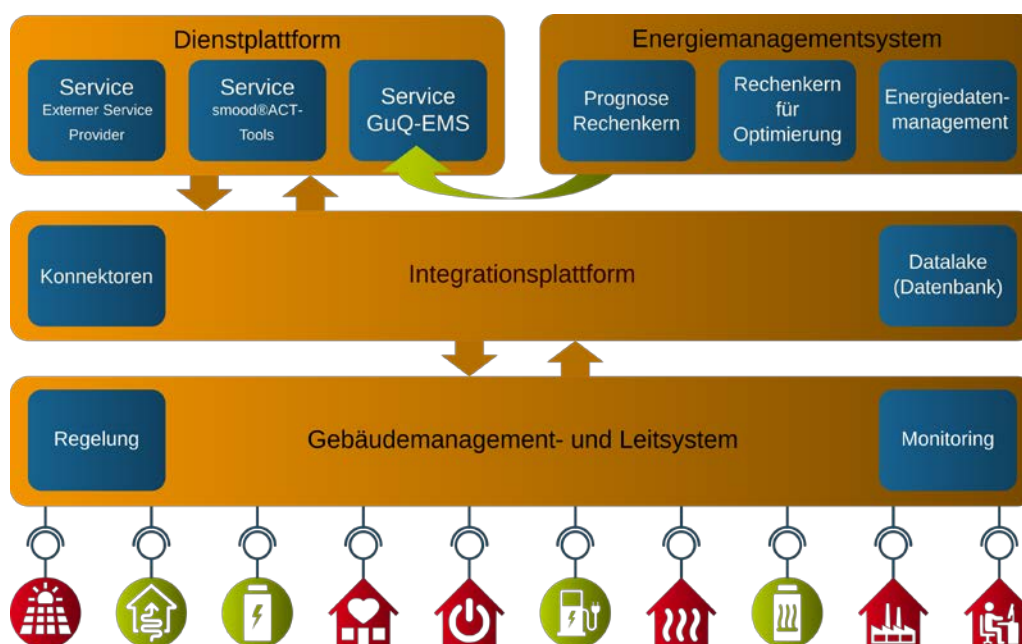


Abbildung 5: Systemarchitektur für eine vollständige Betriebsführung von der physikalischen Anlage bis zum Energiemanagementsystem

Gebäudemanagementsystem (building management system, BMS) angebunden ist. Durch die Fähigkeit über verschiedene Protokolle direkt mit den technischen Anlagen zu kommunizieren, ist das BMS in der Lage, Messwerte auszulesen, zu interpretieren und an die übergeordneten Systeme mithilfe einer Standardschnittstelle weiterzuleiten sowie aus den höheren Hierarchieebenen empfangene Fahrpläne und Steuerbefehle an die Anlagen zu übermitteln. Ein Leitsystem erweitert diese Ebene um ein direktes Monitoring der technischen Anlagen.

Als zentrale Datendrehscheibe der Architektur ist in der nächst höheren Hierarchieebene die Integrationsplattform angesiedelt. Mithilfe von auf die angeschlossenen Systemkomponenten zugeschnittenen Konnektoren wird die Kommunikation unter den Komponenten sichergestellt. In einem Datalake wird der komplette, für den Betrieb relevante Datenbestand des verwalteten Quartiers mittels eines generischen Domain-Modells abgespeichert und für die angebundenen Systeme bereitgestellt. Dies umfasst insbesondere die strukturelle Abbildung des Quartiers mit seiner Topologie aus Gebäuden, Kunden und Anlagen sowie den Anlagenstammdaten, also allgemeinen Beschreibungen und den technischen Parametern der Geräte.

Mit der Dienstplattform enthält das Architekturkonzept ein Framework zur zentralen Integration von Diensten unterschiedlicher Serviceprovider. Die Dienste stellen die eigentlich nutzbaren Funktionalitäten bereit. So ist das oben beschriebene EMS als Dienst eingebunden und stellt so seine Funktionen für Energiedatenmanagement, Prognose und Optimierung bereit. Durch das

Plattformkonzept und die Offenheit für externe Serviceprovider sind weitere Dienste wie beispielsweise Hausmeisterservices oder Informationstafeln für die Hausbewohner zur Steigerung des Mehrwerts für die Endanwender integrierbar.

Das oben beschriebene EMS ist über die Schnittstellen der Dienstplattform in das Gesamtsystem integriert und kann neben seinen zentralen Funktionalitäten der Prognose und Betriebsoptimierung auf dieser weitergehende Services zur Verfügung stellen.

Modellierung eines Quartiers

Neben der Systemarchitektur ist die Datengrundlage und deren Strukturierung eine weitere Voraussetzung für die Prozessautomatisierung. So muss für den korrekten, strukturellen Aufbau des Optimierungsmodells die Topologie des Quartiers datentechnisch erfasst und modelliert sein. Die hier vorgeschlagenen Hierarchieebenen der Quartiersbeschreibung sind in Abbildung 6 dargestellt. Demnach kann ein Quartier in mehrere Teilquartiere untergliedert werden, in welchen die eigentlichen Gebäude als Hierarchieebene angesiedelt sind. Kunden und Anlagen wiederum sind den Gebäuden unterstellt. Mit dieser Einteilung ist es möglich die Bilanzierung für verschiedene Geschäftsmodelle abzubilden. Neben der Topologie werden die spezifischen Parameter einzelner Anlagen und Kunden benötigt. Dies umfasst neben den technischen Parametern insbesondere die vertragliche Zugehörigkeit sowie Laufzeit zum Geschäftsmodell.

Bei der Modellierung müssen die Restriktionen der Infrastrukturbetreiber berücksichtigt werden, welche

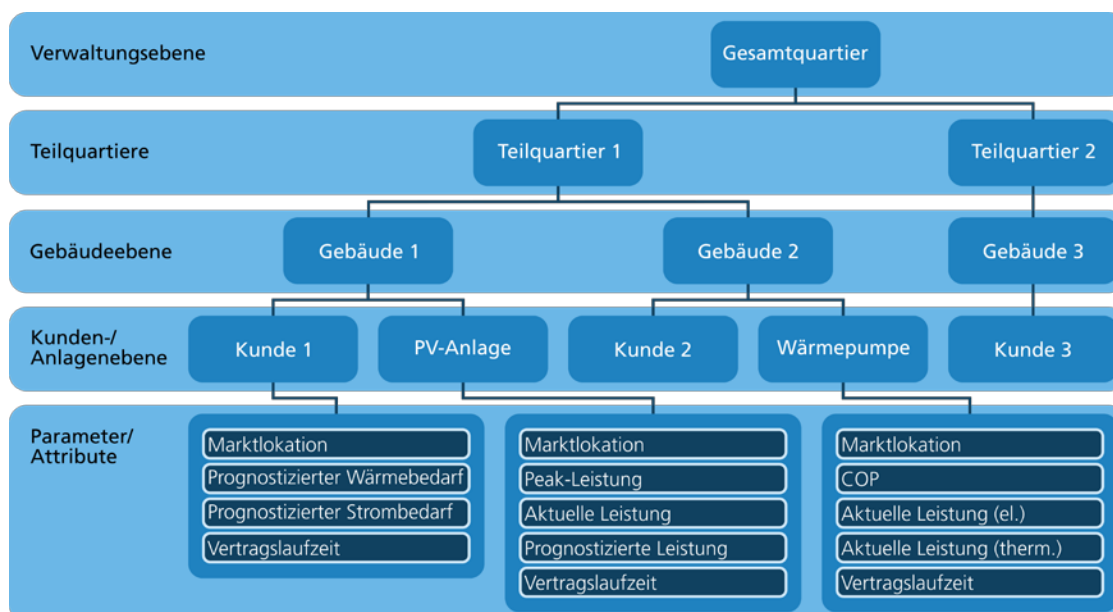


Abbildung 6: Topologie eines Quartiers mit exemplarischen Parametern einzelner Kunden und Anlagen

für die einzelnen Sektoren unterschiedlich definiert sein können. Abbildung 7 illustriert exemplarisch unterschiedliche Verbraucher und technische Anlagen in einem physikalischen Quartier sowie deren unterschiedliche Zugehörigkeit zu einer durch die Infrastrukturbetreiber definierten Betrachtung des Quartiers. So stellt die grüne Färbung die Teilnahme von Kunden und technischen Anlagen am Geschäftsmodell des Quartiersmanagers dar, während rot und gelb die Betrachtung der Wärme- respektive Stromnetzbetreiber illustriert. Diese können für die von ihnen vorgegebenen, fiktiven Quartiersanschlusspunkte (QAP) Restriktionen (beispielsweise maximale Lastspitzen, oder Anschlussleistungen für Erneuerbare Energieerzeuger) gemäß der Infrastruktur vorgeben, welche im Betrieb durch das EMS zu berücksichtigen sind.

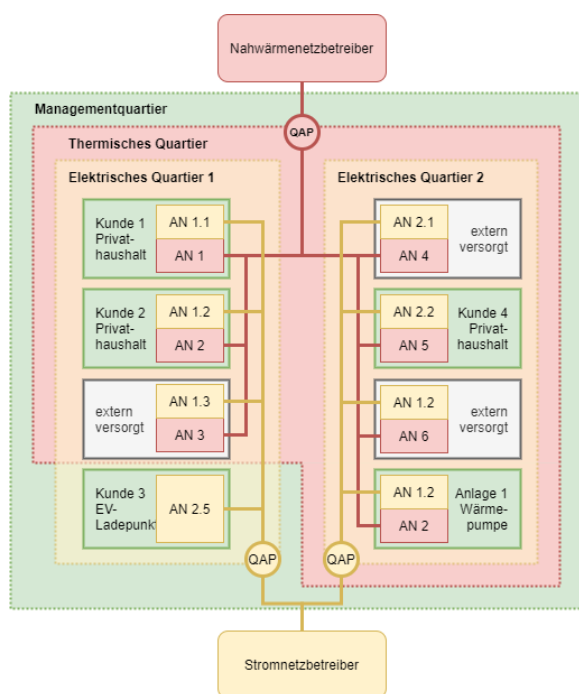


Abbildung 7: Quartiersdefinitionen der verschiedenen Infrastrukturbetreiber und des Quartiersenergiemanagers

Zusammenfassung und Ausblick

Neben den Erläuterungen zur grundlegenden Funktionsweise von Energie- und Energiedatenmanagementsystem wurden die besonderen Herausforderungen des liberalisierten Energiemarkts in Deutschland und dessen Auswirkungen auf diese Systeme herausgearbeitet. Es wurde gezeigt, dass die Liberalisierung des Energiemarktes in einem dynamischen Kunden- und

Anlagenportfolio für das durch den Quartiersmanager verwaltete Quartier mündet und Änderungen innerhalb des betrachteten Energiesystems zur Folge hat. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit regelmäßige Prüfungen und Aktualisierungen im Energiedatenmanagement sowie der Prognose- und Optimierungsmethoden im Energiemanagement vorzunehmen. Die dafür notwendigen Prozesse zu automatisieren unterstützt einen wirtschaftlichen Quartiersbetrieb. Mit einem spezifischen Lösungsvorschlag für eine hierarchische Systemarchitektur wurde die Voraussetzung zur Automatisierung des Energiedaten- und Energiemanagements geschaffen, um auf dieser Grundlage weitere Prozesse automatisieren und selbstlernend gestalten zu können.

Im Weiteren müssen konkrete Methoden für automatisierte, selbstlernende Prognosen und Optimierung erarbeitet werden, welche auf den Prozessen des automatisierten Energiemanagementsystems aufbauen. Eine detaillierte und gleichzeitig abstrakte Modellierung der im Quartier anzutreffenden Anlagen in Form einer Modellbibliothek bildet die Grundlage für den ersten Automatisierungsschritt bei der Erstellung der Optimierungsmodelle. Darüberhinaus sind Lösungen zu erarbeiten, die notwendigen Absprachen zum Einhalten lokaler Restriktionen durch die Infrastrukturbetreiber automatisiert zu verwalten und im Energiemanagement zu berücksichtigen. Hierfür müssen alle beteiligten Stakeholder identifiziert und die zwischen den Stakeholdern durchzuführenden Prozesse detailliert aufgeschlüsselt werden, um diese im Anschluss durch eine schrittweise Einführung von Automatisierungsmethoden erleichtern zu können.

Literaturverzeichnis

- Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (10.02.2021): Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung unionsrechtlicher Vorgaben und zur Regelung reiner Wasserstoffnetze im Energiewirtschaftsrecht. EnWG-Novelle.
- Deutsche Energie Agentur (Hg.) (2022): Keine Energiewende ohne Wärmewende. Online verfügbar unter <https://www.dena.de/themenprojekte/energieeffizienz/gebaeude/>, zuletzt aktualisiert am 18.03.2022, zuletzt geprüft am 18.03.2022.