

Mit dem Internet der Dinge vom Gebäude- zum Stadtteil-Energiemanagement

Dr. Peter Bretschneider, Fraunhofer IOSB, Ilmenau, Deutschland, peter.bretschneider@iosb-ast.fraunhofer.de

Dr. Thomas Bernard, Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Deutschland, thomas.bernard@iosb.fraunhofer.de

Reinhard Herzog, Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Deutschland, reinhard.herzog@iosb.fraunhofer.de

Dr. Volker Tippmann, Fraunhofer Zentrale, München, volker.tippmann@zv.fraunhofer.de

Oliver Warweg, Fraunhofer IOSB, Ilmenau, Deutschland, oliver.warweg@iosb-ast.fraunhofer.de

Steffi Naumann, Fraunhofer IOSB, Ilmenau, Deutschland, steffi.naumann@iosb-ast.fraunhofer.de

Kurzfassung

Kleine und mittlere Liegenschaften verfügen häufig nur über unabhängige Automatisierungssysteme für die jeweiligen Gewerke („Insel-Lösungen“), wobei die erfassten Daten in der Regel nicht systematisch ausgewertet und für eine energetisch optimierte Betriebsführung genutzt werden. Offene IoT (Internet of Things)-Plattformen können in Zukunft einen Beitrag leisten, um für eine Liegenschaft eine gewerkeübergreifende, energieoptimierte Gebäudebewirtschaftung zu ermöglichen. Erweitert man diesen Ansatz auf die Liegenschaften eines Quartiers in Form eines sektorübergreifenden Quartiersenergiemanagements (District Energy Management, DEMS), können zusätzliche Energieeinspar- und Flexibilitätspotentiale erschlossen und neue Geschäftsmodelle generiert werden. Im Rahmen des Deutsch-Französischen Projektes EBITA (Exploiting the Scientific and Business Potential when Integrating Smart Data Analytics into Internet of Things Applications) werden Lösungen erarbeitet, die das Potential des Internet der Dinge im Bereich Smart Building und Smart Grid erschließen, um durch die Zusammenführung von Informationen aus den existierenden heterogenen ICT-Infrastrukturen einen Beitrag für die optimale Systemintegration und Betriebsführung erneuerbarer Energien zu leisten. Dabei sollen u.a. Möglichkeiten für neue digitale Dienste erarbeitet werden. Durch eine neuartige Verknüpfung der Anwendungsgebiete Smart Building und Smart Grid wird ein sektorübergreifender Ansatz für ein Quartiersenergiemanagement (District Energy Management) erarbeitet. In Demonstratoren am Fraunhofer IOSB (Karlsruhe, Ilmenau) und der Sorbonne Universität (Paris) wird das Konzept prototypisch umgesetzt. Dabei wird auch ein systemischer Ansatz zur Integration der Zielstellungen aller Akteure unter Berücksichtigung der Randbedingungen des liberalisierten Energiemarktes verfolgt.

Abstract

Small and medium-sized buildings use only independent automation systems for different trades as isolated solutions. The data is collected but is not systematically evaluated or used for an optimized management. In future open IoT (Internet of Things)-platforms can contribute an energy optimized building management that covers all systems of a building. The concept of a cross-sectoral District Energy Management System (DEMS), that extends the Building Management System to the buildings of a district, can open up additional flexibility- and energy saving potential and can be used to create new business models. In the German-French project EBITA (Exploiting the Scientific and Business Potential when Integrating Smart Data Analytics into Internet of Things Applications) solutions are formulated, which use the potential of the Internet of Things in terms of Smart Building and Smart Grid to combine information from the existing heterogeneous ICT-Infrastructure. These solutions can be used to realize a optimal system integration and management of renewable energies. Thereby possibilities for new digital services will be investigated. The new link between the areas of Smart Building and Smart Grid is used to create an cross-sectoral approach for a District Energy Management. In demonstrators at Fraunhofer IOSB (Karlsruhe, Ilmenau) and at Sorbonne Universität (Paris) the concept will be prototypical realized. A systematical approach for the integration of all actors considering the constraints of the liberalized energy market is used.

1 Motivation: IoT als neuartige Lösung für den Energiebereich

Gebäudeleitsysteme sind für größere Liegenschaften seit vielen Jahren Stand der Technik. Basierend auf einem Gebäudeleitsystem wird zwar in der Regel die Basisautomatisierung der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik sichergestellt, ein gewerkeübergreifend optimierter Betrieb ist oftmals nicht realisiert. Kleine und mittlere Liegen-

schaften verfügen häufig, wenn überhaupt, nur über unabhängige Automatisierungssysteme für die einzelnen Gewerke in Form von „Insel-Lösungen“, wobei die erfassten Daten in der Regel nicht systematisch ausgewertet und für eine energetisch optimierte Betriebsführung genutzt werden.

Es besteht daher ein hoher Bedarf an Lösungen, die insbesondere in kleinen und mittleren Nutzgebäuden eine einfache und kostengünstige Realisierung eines Energiemonitorings sowie, darauf aufbauend, eine optimierte Betriebs-

führung ermöglichen. Neue Sensoren und Automatisierungslösungen müssen künftig sehr einfach zu installieren sein und eine gewerkeübergreifende Automatisierung unterstützen. Ein wesentliches Hemmnis besteht darin, dass die Daten aus verschiedenen Gewerken zunächst in einer Datenplattform zusammengeführt werden müssen. Das Einrichten einer solchen Plattform ist zurzeit für kleinere und mittlere Liegenschaften meist noch zu aufwändig und damit zu teuer. Offene IoT (Internet of Things)-Plattformen können in Zukunft einen Beitrag leisten, um eine gewerkeübergreifende, energieoptimierte Gebäudebewirtschaftung einer Liegenschaft zu realisieren.

Erweitert man diesen Ansatz vom gewerkeübergreifenden Gebäudemanagement einer Liegenschaft auf die Liegenschaften eines Quartiers in Form eines sektorübergreifenden Quartiersenergiemanagement (*District Energy Management*, DEMS), können zusätzliche Energieeinspar- und Flexibilitätspotentiale erschlossen und somit neue Geschäftsmodelle generiert werden. Hierzu sind umfassende Prognose- und Optimierungsfunktionen sowie die einfache Modellierung energiewirtschaftlicher Geschäftsprozesse zu unterstützen, da neben den Verbrauchern im Gebäude weitere Rollen in die Betrachtungsweise integriert werden müssen. Mit der Liberalisierung des Energiemarktes tritt neben der betreffenden Kommune auch der Netzbetreiber als Betreiber der Infrastruktur für Strom, Gas und ggf. Wärme/Kälte als auch der Energielieferant als Versorger für den Endverbraucher auf. Zielstellung des Netzbetreibers ist die Gewährleistung des sicheren Betriebs der Netzinfrastuktur zur Verteilung der Energie (Strom, Gas, Wärme/Kälte) vom Erzeuger zum Endverbraucher. Der Energielieferant hat die Aufgabe, durch Einkauf und Verkauf von Energie den Bedarf der Endkunden zu decken. Dabei erfolgt grundsätzlich keine Berücksichtigung lokaler infrastruktureller Randbedingungen. Für ein DEMS erschwerend ist zudem, dass im Zuge der Liberalisierung des Energiemarktes jeder Endverbraucher seinen Energielieferanten frei wählen kann und damit mehrere energiewirtschaftliche Bilanzräume zu berücksichtigen sind, während die kommunalen Zielstellungen hinsichtlich der CO₂-Bilanzierung des jeweiligen Quartiers als Gesamtes im Blick haben. Diese organisatorischen und informationstechnischen Randbedingungen erfordern getrennte Systeme für jeden Partner und eine diskriminierungsfreie Datenbereitstellung für alle beteiligten Marktpartner durch den Messstellenbetreiber und in Zukunft durch den Smart Meter Gateway Administrator. Die Daten werden dabei nach dem Grundsatz der Datenminimierung bereitgestellt und können aktuell, je nach Energieverbrauch der Endverbraucher zwischen viertelstündlicher Erfassung bei täglicher Bereitstellung und jährlicher Verbrauchserfassung und -bereitstellung variieren.

Unter dem Schlagwort „Internet der Dinge“ (engl. Internet of Things, IoT) werden heute sehr viele Aspekte diskutiert. Eine sehr wichtiger Punkt ist bspw. die Analogie mit dem Internet in Bezug auf die Datenheterogenität. Das Internet stellt heute eine Plattform dar, über die Informationen aus sehr unterschiedlichen Quellen verwendet werden können.

Das Internet der Dinge versucht nun die Erfolgsrezepte des Internets auf die Kommunikation zwischen Maschinen und Systemen zu übertragen. Es soll damit möglich werden, dass „Dinge“ wie etwa Klimaanlage, Solarzellen oder Sensoren einander „verstehen“ und über IT-Systeme miteinander gekoppelt werden können, um neue Dienste und Mehrwerte zu generieren. Es kann eine viel dynamischere Interaktion der „Dinge“ realisiert werden.

Bei der enormen Dynamik des Internet der Dinge kommen praktisch täglich Beispiele hinzu, wie neue Dinge an das Internet angebunden werden und damit Informationen für neue Anwendungen liefern. Für das Gebäudeenergiemanagement sind dies in erste Linie Dinge aus der klassischen Gebäudebewirtschaftung. Für ein übergeordnetes Quartiersenergiemanagement ergibt sich insbesondere ein IoT-basierter Ansatz für

- den kostengünstigen Zugriff auf Daten und Steuerpotentiale lokaler kleiner und Kleinstverbraucher und -erzeuger (Prosumer),
- die Einbindung der Prosumer in virtuelle Kraftwerke zur Bereitstellung elektrischer Energie sowie elektrischer Flexibilitäten,
- die sektorübergreifende Kopplung und Betriebsführung von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch innerhalb eines Quartiers,
- Dienstleistungen zum Monitoring und Wartung der Betriebsmittel der Prosumer sowie
- eine Plattform zur Ermöglichung des Direkthandels zwischen Prosumern.

Diese erweiterte Verfügbarkeit von Daten über den Zustand eines Systems und auch seiner Umgebung erlaubt robustere und auch zunehmend autonomer werdende Steuerungssysteme. Durch die Verwendung von abgestimmten Informationsmodellen wird auch das Zusammenspiel der Systemteile verbessert und die Orchestrierung von Komponenten wie Sensoren und Aktoren mit den Steuerungsfunktionen bis hin zu den Geschäftsprozessen erleichtert.

2 Anforderungen und bestehende Lösungen

2.1 Bestehende Lösungen und Anforderungen Gebäude-Energiemanagement

Es gibt zahlreiche Produkte (Sensoren, Aktoren, Regler, Module zur Datenerfassung), die über ein Feldbussystem vernetzt werden können. Auch größere Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage verfügen häufig über entsprechende Interfaces und speichern Sensor- und Messdaten bereits intern oder auf externen Rechnern ab. Ein gewerke- und gebäudeübergreifend optimierter Betrieb wird vor allem dadurch erschwert, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Feldbusse existiert (z.B. Modbus, KNX, BacNet, EnOcean). Es gibt zwar Gateways zwischen verschiedenen Feldbussen, doch bisher ist eine Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen Gewerken und Gebäuden in der Regel noch recht aufwändig und daher unrentabel. Es

wird aktuell an übergreifenden Standardisierungen gearbeitet (z.B. EEBUS-Initiative [1]). Offene IoT-Plattformen mit Schnittstellen zu den gängigen Feldbus-Systemen können für einen gewerke- und gebäudeübergreifend optimierten Betrieb ebenfalls einen wertvollen Beitrag leisten.

2.2 Bestehende Lösungen und Anforderungen aus der Energiewirtschaft

Auf Grund der Liberalisierung des Energiemarktes besteht eine Vielzahl heterogener und spezifischer Systeme zur Erfüllung der spezifischen Aufgaben der unterschiedlichen Akteure. Von Leitsystemen über Messwertmanagement- und Energiedatenmanagementsystemen bis hin zum Portfoliomanagement und Beschaffungsoptimierung sind eine Vielzahl von Systemen bei den Netzbetreibern und Energielieferanten im Einsatz. Daneben sind die Kommunikations- und Austauschprozesse zwischen den Akteuren durch gesetzliche Regelungen und Verordnungen sehr detailliert vorgegeben und die zu verwendenden Datenformate definiert. Die bestehenden Regularien sind bei der Integration neuer Akteure und Betrachtungsweisen in das Energiesystem zu berücksichtigen. Zudem stellen die teilweise ambivalenten technischen, ökonomischen und ökologischen Zielstellungen der beteiligten Akteure eine große Herausforderung für ein Quartiersenergiemanagement dar. Vor dem Hintergrund der in den Kommunen bestehenden Ziele hinsichtlich der Reduzierung der CO₂-Emissionen und der Einhaltung der Klimaschutzziele hat die weitere Erhöhung des Anteils der Erneuerbaren Energien eine hohe Priorität. Zur Lösung dieser Herausforderung müssen hierzu u.a. auch neue Informations- und Kommunikationstechnische Ansätze konzipiert, umgesetzt und technisch erprobt werden. Können bspw. über einen IoT-Ansatz energetische Verschiebepotentiale innerhalb eines Gebäudes als Flexibilität generiert werden, so stehen für den Endverbraucher die Reduktion der Energiebezugskosten durch Reduktion des Energieverbrauchs bzw. Erhöhung der Eigenerzeugung im Vordergrund. Der Netzbetreiber verbindet mit dem Einsatz der Flexibilität eine Reduktion der Netzbetriebskosten und Netzausbaukosten. Der Energielieferant zielt u.a. auf die Reduzierung des Preisrisikos fluktuierender Einspeisungen Erneuerbarer Energien am Energiemarkt, was bspw. durch Arbitragegeschäfte mit Lastverschiebung und Reduktion der Ausgleichsenergie realisierbar ist. Diese z.T. sehr umfassenden Aufgaben müssen in ihrer Komplexität so reduziert werden, dass wirtschaftlich und ökologisch vertretbare und durch den Endverbraucher akzeptierte Lösungen entstehen. IoT-Ansätze können hierzu ebenfalls einen Beitrag leisten.

2.3 Vorgeschlagene IoT-Architektur

Das IoT-Thema ist noch relativ jung, hat aber bereits eine enorme Dynamik bei den verfügbaren Systemen und damit verbundenen Architekturen entwickelt. Verbindliche Standards und etablierte Referenzarchitekturen sind derzeit noch nicht verfügbar. Aus Sicht der Autoren bildet die *Industrial Internet of Things* Referenzarchitektur [5] des Industrial Internet Consortium eine sehr gute Grundlage für

die Beschreibung von industriellen Architekturen auf Grundlage der IoT-Ansätze. Dabei werden unterschiedliche Sichten verwendet, um auf bestimmte Systemaspekte einzugehen.

Zentral für eine IoT-Architektur ist dabei die „Information Domain“, in der ein umfassendes und für alle anderen Domänen verfügbares Informationsmodell realisiert ist. Für die Realisierung des zentralen Informationsmodells bieten sich heute zahlreiche sogenannte IoT-Middleware-Lösungen an. Das Problem ist meist jedoch die fehlende Offenheit der Datenbeschreibung. Die „IoT-Gemeinde“ konnte sich bisher noch nicht auf einen gemeinsamen Standard einigen. Der vermutlich aktuellste, internationale Standard für diesen Bereich ist die *OGC SensorThings* [6], die am 26. Juli 2016 veröffentlicht wurde. Diese zeichnet sich vor allem durch ein ausgereiftes Datenmodell sowie IoT-Anforderungen wie Einfachheit, Erweiterbarkeit und Flexibilität aus. Die Grundstruktur dieses Modells besteht aus einer Verbindung der „Dinge“ des IoT („Things“) mit dem sehr allgemeinen Konzept einer Beobachtung („Observation“). Dabei kann eine Beobachtung im Grunde alles sein, was sich über reale oder auch virtuelle Sensoren an Eigenschaften beobachten lässt.

Obwohl der OGC SensorThings Standard noch sehr jung ist, stehen bereits verschiedene Implementierungen als kommerzielle und auch freie Software zur Verfügung. Dies lässt hoffen, dass damit einer der wesentlichen IoT-Standards gefunden wurde.

2.4 Verknüpfung zu einem District Energy Management

Im Rahmen des Deutsch-Französischen Projektes EBITA (Exploiting the Scientific and Business Potential when Integrating Smart Data Analytics into Internet of Things Applications) werden Lösungen erarbeitet, die das Potential des Internet der Dinge im Bereich Smart Building und Smart Grid nutzen, um durch die Zusammenführung von Informationen aus den existierenden heterogenen ICT-Infrastrukturen einen Beitrag zur optimalen Systemintegration und Betriebsführung Erneuerbarer Energien zu leisten. Durch die neuartige Verknüpfung der Anwendungsgebiete Smart Building und Smart Grid wird ein sektorübergreifender Ansatz für ein Quartiersenergiemanagement (District Energy Management) erarbeitet.

In Demonstratoren am Fraunhofer IOSB (Karlsruhe, Ilmenau) und der Sorbonne Universität (Paris) wird das Konzept prototypisch umgesetzt. Es wird bspw. ein energieoptimales Heizen und Lüften auf Raumebene unter Einbeziehung marktüblicher Automatisierungslösungen realisiert. Ferner werden Ansätze für ein einfach in Betrieb zu nehmendes Energiemonitoringsystem auf Gebäudeebene auch für heterogen „gewachsene“ technische Infrastrukturen unter Nutzung des Internet der Dinge erarbeitet. Das Fraunhofer IOSB (Ilmenau) erarbeitet Konzepte und prototypische Lösungen sowohl für die optimale Smart Grid-Betriebsführung als auch für das sektorübergreifende

Quartiersenergiemanagement. Betrachtet werden u.a. verschiedene Betriebsmittel der Niederspannungsebene wie elektrische Speicher, steuerbare elektrische Verbraucher (z.B. Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge, thermische Speicher), steuerbare und fluktuierende dezentrale Einspeiser (z.B. PV) sowie die elektrischen Lasten.

Es wird dabei ein systemischer Ansatz zur Integration der Zielstellungen aller Akteure unter Berücksichtigung der Randbedingungen des liberalisierten Energiemarktes verfolgt. Erarbeitet werden Methoden zur Aggregation der von den Prosumern bereitgestellten Betriebsmittel mit dem Ziel der Integration in die Betriebsführung der beteiligten Energielieferanten. Ferner werden Methoden zur Vorhersage der energetischen Bedarfe und fluktuierender Einspeisungen und zur Ermittlung der ökologisch und ökonomisch optimalen Fahrweise der steuerbaren Betriebsmittel für das Quartiersenergiemanagement entwickelt.

Durch die Verknüpfung mit den Konzepten des Gebäudemanagements werden die Bedürfnisse der Verbraucher in die Betrachtungen einbezogen. Darüber hinaus werden Methoden zur Ermittlung der Randbedingungen eines sicheren Netzbetriebes sowie die Konzepte zur Einbindung dieser in die marktgetriebene Betriebsführung der Energielieferanten entwickelt und untersucht.

Weitere Aspekte sind die Schaffung der Zugriffsmöglichkeiten für die unterschiedlichen Akteure unter Berücksichtigung der geltenden Regularien und Datenschutzbestimmungen.

Im Rahmen der Arbeiten wird die Notwendigkeit und der Bedarf neuer technischer Lösungen und Methoden ermittelt und erprobt. Es wird untersucht, inwieweit die technischen, ökonomischen und ökologischen Ziele der Akteure unterstützt werden können.

3 Konzepte zur Betriebsführung in einem Stadtteilenergiemanagement

Zur Betriebsführung von Energiesystemen existieren verschiedene Konzepte. Dezentrale Betriebsführungsansätze erweisen sich für dezentrale Strukturen als geeignet. Vorteil dieser Konzepte sind schlanke, spezialisierte Betriebsführungslösungen mit geringem Modellierungsaufwand, welche schnell auf lokale Gegebenheiten reagieren können. Dem gegenüber steht der Nachteil einer fehlenden globalen Koordinierungsmöglichkeit zwischen verschiedenen Betriebsführungslösungen. Konzepte, die eine dezentrale Betriebsführung verfolgen, sind beispielsweise die subsidiäre Betriebsführung. Hierbei wird eine Rangfolge von Maßnahmen zur Wahrung der Systemstabilität festgelegt, welche die Nachrangigkeit der überlagerten Ebene beinhaltet. Die überlagerte Ebene soll nur aktiv werden, wenn die unterlagerte Ebene nicht mehr dazu in der Lage ist. Als Beispiele können hier der zelluläre Ansatz oder auch der Micro-Grid-Ansatz angeführt werden [7]. Soll das globale Optimum einer Optimierungsaufgabe gefunden werden, so wird der Ansatz einer zentralen Betriebsführung gewählt.

Die beeinflussbaren Betriebsmittel werden direkt durch ein unterlagertes Fernwirsksystem gesteuert, sodass die Kommunikation mit vergleichsweise wenig Aufwand und ohne zusätzlichen Zeitverlust durchgeführt werden kann. Nachteilig sind der hohe Modellierungsaufwand für komplexe Optimierungsmodelle und die sich daraus ergebenden langen Rechenzeiten.

Verknüpft man zentrale und dezentrale Betriebsführung über einen hierarchischen Ansatz, so erhält man hierarchische Betriebsführungsstrategien. Die Flexibilitätspotentiale der verschiedenen Akteure werden aggregiert und können in dieser Form von übergeordneten Akteuren genutzt werden. Die hierarchische Zerlegung der Gesamtoptimierungsaufgabe bewirkt überschaubare Modelle mit kurzen Rechenzeiten. Eine optimale Betriebsführung der Akteure kann unter Berücksichtigung der Restriktionen unter- und übergeordneter Akteure realisiert werden und zu einer globalen Optimierungsaufgabe führen. Die Datenaggregation verbessert den Schutz kundenbezogener Informationen und dient somit der Wahrung des Datenschutzes. Ein Nachteil hierarchischer Betriebsführungsstrategien ist die mögliche Ungenauigkeit bei der abstrakten/aggregierten Modellierung. Die beschriebenen Betriebsführungsstrategien sind in **Abbildung 1** dargestellt.

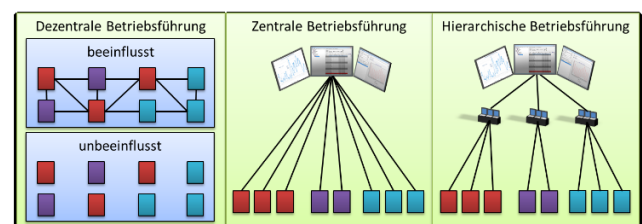


Abbildung 1 Darstellung dezentraler, zentraler und hierarchischer Betriebsführungsstrategien

3.1 Übersicht zum Demonstrator-Szenario

Der Demonstrator zum integrierten Gebäude- und Quartiersenergiemanagement soll die Verbindung der Smart-Building-Management-Systeme (SBMS) am Fraunhofer IOSB in Karlsruhe und an der Sorbonne Universität in Paris sowie des sektorübergreifenden Energiemanagements am Fraunhofer IOSB (Ilmenau) für ein virtuelles Quartier über eine IOT-Plattform demonstrieren.

Die an den Standorten gewonnenen Daten laufen auf der IOT-Plattform zusammen. Darauf basierend ermittelt das sektorübergreifende Quartiersenergiemanagement am Fraunhofer IOSB (Ilmenau) die verfügbaren Flexibilitäten und berücksichtigt diese bspw. bei der Erfüllung der übergeordneten Optimierungsziele. Zu den Daten aus den SBMS zählen neben den gemessenen Werten auch Dayahead-Prognosen für Stromerzeugung und -verbrauch, sowie Dayahead-Prognosen für die Speicherbewirtschaftung und die Randbedingungen der flexiblen Lasten. Diese Daten werden dem DEMS über eine IOT-API zur Verfügung gestellt. Zur Betriebsführung des virtuellen Quartiers wird ein hierarchischer Ansatz gewählt. Die Daten zu Stromverbrauch und -erzeugung innerhalb des virtuellen Quartiers werden aggregiert. Die flexiblen Verbraucher und Speicher werden nach ihren Rahmenbedingungen

gruppiert und innerhalb ihrer Klassen ebenfalls aggregiert abgebildet. Als übergeordnetes Optimierungsziel für den Demonstrator wurde die Maximierung des Ertrages des virtuellen Quartiers durch Vermarktung der Systemflexibilität an der EEX (European Energy Exchange) gewählt. Als Validierungsszenario wird eine um zwei Tage versetzte Optimierung durchgeführt, welche die realen Daten als (perfekte) Prognosen annimmt. Die im DEMS generierten Fahrpläne für die Bewirtschaftung der flexiblen Verbraucher und Speicher werden nach erfolgreicher Optimierung auf die verschiedenen Akteure aufgeteilt und über die IOT-Plattform an die SBMS weitergeleitet. Die SBMS realisieren die Fahrpläne in den Gebäuden.

3.2 Bestehende und erweiterte Funktionalitäten des Gebäudemanagements

Im Smart-Building-Demonstrator des Fraunhofer IOSB wurden einige innovative Monitoring-Applikationen und Optimierungsmodule auf Gebäude- und Raumebene entwickelt und getestet. So wurden Vorarbeiten aus dem BMWi-Projekt E-MonAut [2] aufgegriffen und ein anwenderfreundliches Modul zum integrierten Heizungs- und Lüftungsbetrieb implementiert. Das Konzept, basierend auf einer IoT-Plattform, zeichnet sich dadurch aus, dass bestimmte Nutzerpräferenzen (z.B. gewünschtes Temperatur-Komfortniveau; Anwesenheitszeiten) im laufenden Betrieb angelernt werden können und keine Parametrierung durch den Nutzer erfordern. Die wesentliche Vorgabe des Nutzers ist seine Präferenz hinsichtlich Komfort und Ökonomie über einen „Kosten-Komfort-Schieber“ (zu Details des Konzeptes siehe [2 - 4]).

Eine weitere innovative Applikation, basierend auf der IoT-Plattform, besteht in einer Ankopplung der Raumtemperaturregelung an die Raumbelastungspläne von Besprechungsräumen im Institutsgebäude. Ist ein Besprechungsraum reserviert, wird rechtzeitig der Raumtemperatur-Sollwert auf einen Komfort-Wert (z.B. 20°C) erhöht. Dabei wird auch die tatsächliche Anwesenheit im Raum berücksichtigt. Mit dieser Applikation konnte gezeigt werden, dass über offene Schnittstellen und unter Verwendung einer IoT-Plattform mit bereits bestehenden Automatisierungslösungen ein Mehrwert erzielt werden kann.

Eine dritte Applikation ist dem optimierten Betrieb der Klimatisierung von Rechenzentren bzw. Server-Räumen gewidmet. Aus energetischer Sicht erfolgt die Klimatisierung von Rechenzentren meist nicht optimal, da in der Regel konstante, konservative Sollwerte eingestellt sind (z.B. Raumtemperatur 20°C). Da die Temperatur der Server meist individuell gemessen werden, kann jedoch bei mittlerer oder leichter Auslastung der Server zumindest temporär eine höhere Lufttemperatur zugelassen werden. Am Fraunhofer IOSB gibt es mehrere Rechenzentren mit Klimatisierung, deren Klimamessdaten bereits in einer speziellen Datenablage gespeichert werden. Diese Messdaten werden nun in der IoT-Plattform zusammengeführt. Auch Sollwerte (wie z.B. der Raumtemperatur-Sollwert) können künftig über die IoT-Plattform vorgegeben werden.

Über die temporäre Anhebung bzw. Absenkung des Raumtemperatur-Sollwertes besteht die Möglichkeit, kurzzeitig mehr Energie zu verbrauchen. So wird im Sommerfall durch stärkere Kühlung, d.h. Absenkung des Temperatur-Sollwertes, mehr Energie verbraucht. Umgekehrt kann im Sommerfall durch Anhebung des Temperatur-Sollwertes und damit verbunden geringerer Kühlleistung temporär Energie eingespart werden.

3.3 Implementierung des integrierten Gebäude- und Quartiersenergiemanagements basierend auf IoT

Um das Konzept des Demonstrators zu erläutern, sind in **Abbildung 2** die funktionalen Bereiche mit ihren zentralen Komponenten dargestellt.

- In der Business Domain (blau) befinden sich die für das Geschäftsmodell wichtigen Komponenten. Dies sind das „Building Energy Management“ und „District Energy Management“ für die Verwaltung der Energieverbräuche auf Gebäude- und Quartiersebene. Die „Energy Provider“ Komponente übernimmt die Abstimmung mit dem Energieerzeuger und die „Energy Stock Exchange Adapter“ Komponente liefert aktuelle Energiekosten.
- In der Operations Domain (braun) ist die „Energy Provisioning“ Komponente für die operationellen Vorgaben zur Energieplanung auf Gebäudeebene vorgesehen.
- Die „Application Domain“ (hellblau) enthält das „Asset Energy Consumption Management“ zur Umsetzung der operationellen Verbrauchsvorgaben auf die zur Verfügung stehenden Betriebsmittel.
- Die „Information Domain“ (grün) wird durch die „Sensor Things Server“ Komponente abgedeckt, welche das gesamte Informationsmodell des Demonstrators enthält.
- In der „Control Domain“ (gelb) sind alle Gebäudefunktionen zusammengefasst, die zum Strom- bzw. Energieverbrauch und Erzeugung beitragen.

Als Implementierung für den SensorThings Server wird die Open Source Software des Fraunhofer IOSB verwendet [8].

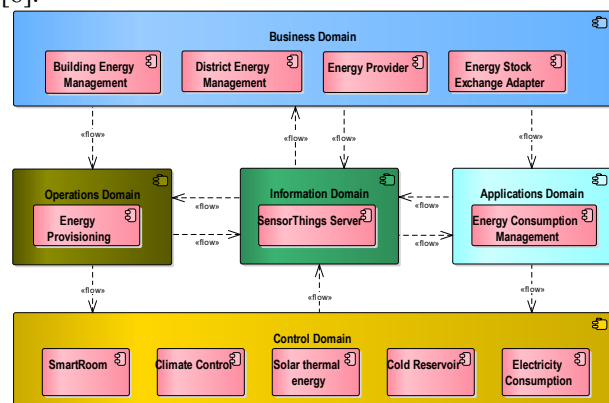


Abbildung 2 Exemplarische Ausprägung des Gebäude- und Stadtteil-Energiemanagements

Aus Implementierungssicht werden die beschriebenen funktionalen Komponenten auf Gebäude- und Quartiers-ebene ausgeprägt. Dies ist in **Abbildung 3** exemplarisch für 2 Gebäude dargestellt. Dabei werden die Quartiers-bezogenen Funktionen in einer übergeordneten Umgebung am Standort Ilmenau realisiert und die Gebäude-bezogenen Funktionen in den jeweiligen konkreten Ausprägungen auf Gebäudeebene.

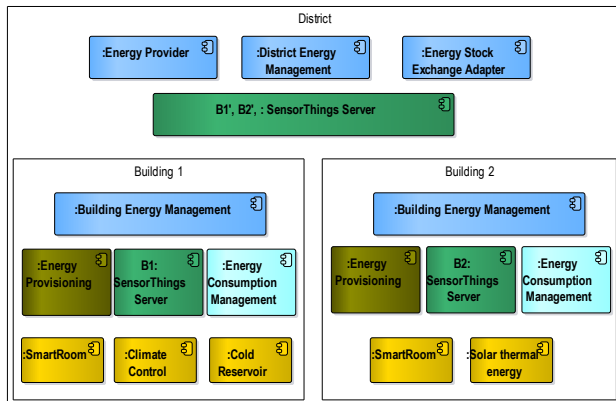


Abbildung 3 Implementierungssicht des Demonstrators

Für das Informationsmodell werden jeweils detaillierte Modelle für die einzelnen Gebäude erstellt, in denen alle gebäuderelevanten und gebäudeprivaten Daten enthalten sind. In der Abbildung sind diese Modelle mit B1 und B2 bezeichnet. Für den Übergang zu den Stadtteil-bezogenen Informationen, werden lediglich Auszüge aus diesen Modellen benötigt. Diese sind mit B1' und B2' bezeichnet. Darin enthalten sind aggregierte Energieprognosen und Verbrauchspläne enthalten.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurden die Arbeiten an einem Demonstrator zum systemübergreifenden Gebäude- und Quartiersenergiemanagement vorgestellt. Der Demonstrator verbindet die Smart-Building-Management-Systeme (SBMS) am Fraunhofer IOSB in Karlsruhe und an der Sorbonne Universität in Paris mit dem sektorübergreifenden Smart Grid Management am Fraunhofer IOSB (Ilmenau) über eine IOT-Plattform zu einem virtuellen Quartier. Die an den Standorten gewonnenen Daten laufen auf der IOT-Plattform zusammen, um vorhandene Flexibilität in einem District-Energy-Management-System zu errechnen und damit übergeordnete Optimierungsziele umzusetzen. Erste Möglichkeiten, das vorhandene System durch diesen Ansatz energieeffizienter einzusetzen, konnten aufgezeigt werden. In Zukunft soll das Einsparpotential einer solchen integrierten Plattform weiter untersucht werden, um Verbesserungen sowohl an den einzelnen Gebäudemanagementsystemen als auch am Gesamtsystem vorzunehmen. Dabei müssen die heterogenen technischen, ökonomischen und ökologischen Zielstellungen der beteiligten Akteure – auch im europäischen oder internationalen Kontext – be-

rücksichtigt werden. Die deutsch-französische Ausrichtung des Projekts EBITA bietet hierfür eine vielversprechende Grundlage.

Das Projekt EBITA wird auf deutscher Seite durch das BMBF (Förderkennzeichen 1SF0804) gefördert. In Frankreich wird es durch Sorbonne Universites mit Mitteln der Agence National de la Recherche aus den "Investissements d'Avenir" gefördert.

5 Literatur

- [1] Webseite der EEBus Initiative e.V.: <https://www.ee-bus.org> (Zugriff 5.8.2016)
- [2] Webseite des BMWi-Projektes E-MonAut: Energieeinsparung im Gebäudebestand durch übergreifende Monitoring- und Automatisierungskonzepte« Laufzeit: 1.6.2011 - 31.5.2014: <http://www.emonaut.de> (Zugriff 5.8.2016)
- [3] Bernard, T.; Jacubasch, A.; Plagge, K.; Wolfrum, K.; Menzel, M.; Garrecht, H.; Blatt, C.: Monitoring und Automatisierung im Gebäudebestand - Forschungsprojekt "E-MonAut": Hohe Effizienzsteigerung mit geringem Investitionsvolumen. In: IKZ-Fachplaner, August 2014, S. 10-14
- [4] Bernard, T.; Jacubasch, A.; Plagge, K.; Wolfrum, K.; Menzel, M.; Garrecht, H.; Blatt, C.: Monitoring und Automatisierung im Gebäudebestand. In: Kratz, M.: Energieinnovationen in Neubau und Sanierung. Zusammenfassungen der Vorträge: Impulse aus der Forschung: Neues aus der Forschung für mehr Energieeffizienz, Raumkomfort, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit; 20.- 21. März 2014; Essen, Zeche Zollverein. Essen: EnOB, 2014, S.87-90
- [5] Industrial Internet Consortium: The Industrial Internet of Things: Volume G1 – Reference Architecture; IIC:PUB:G1:V1.701:ID:20151015; www.iiconsortium.org; 2015
- [6] Open Geospatial Consortium: "OGC SensorThings API Part 1: Sensing"; <http://docs.opengeospatial.org/is/15-078r6/15-078r6.html> (Zugriff 17.8.2016)
- [7] Bundesnetzagentur, „Smart Grid" und "Smart Market" - Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems,“ Bonn, Dezember 2011.
- [8] Open Source Software des Fraunhofer IOSB: <https://github.com/FraunhoferIOSB/SensorThings-Server> (Zugriff 17.8.2016)