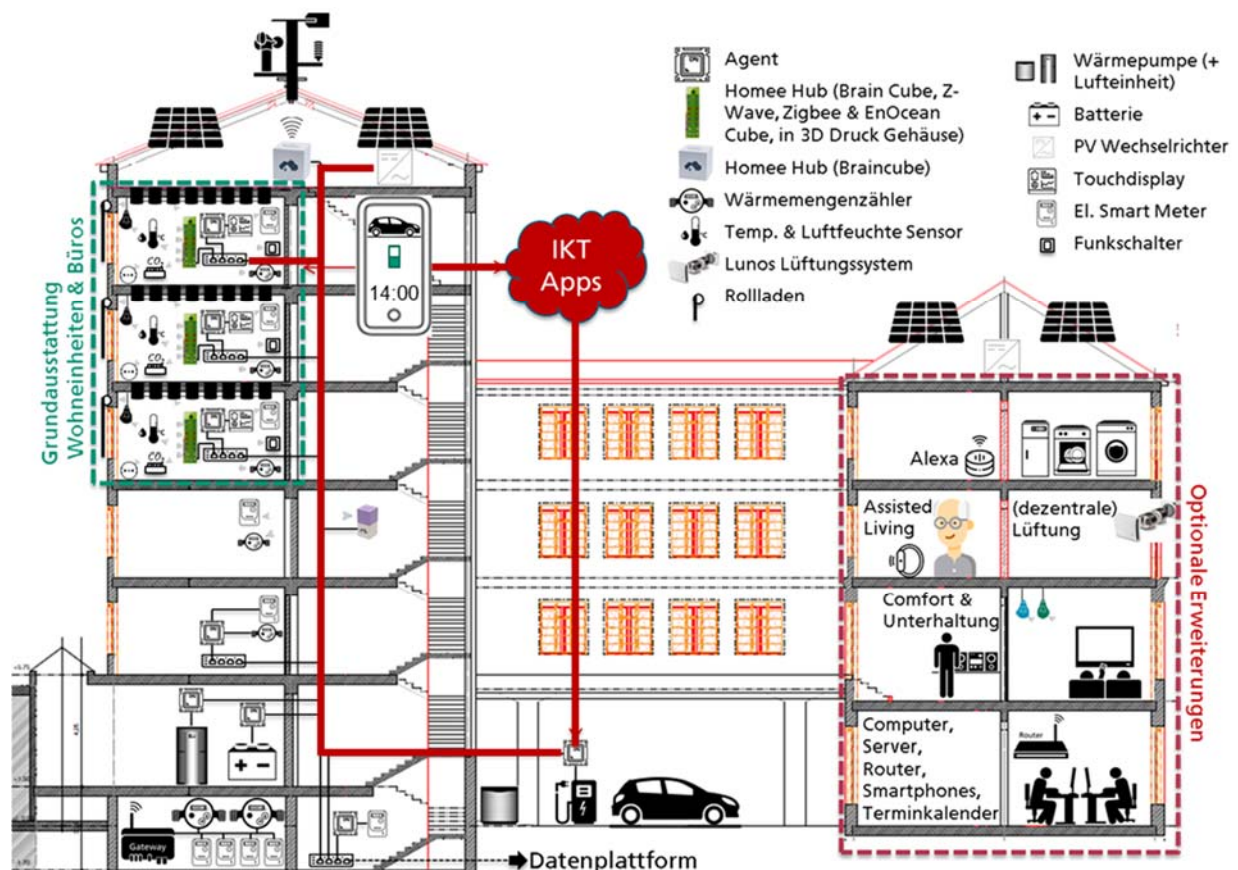


Smart Home Anwendungen

Themenbericht erstellt im Rahmen des Schlussberichts
zum Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff
„Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern“



Smart Home Anwendungen

Themenbericht erstellt im Rahmen des Schlussberichts zum
Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff:

„Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern - Integrierte
Konzepte, innovative Technologien und sozialwissenschaftliche Forschung
im Leuchtturm für klimaneutrale Quartiere“

Teilvorhaben EnStadt:Pfaff: „Fraunhofer EnergieIKT“

Förderndes Ministerium:	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Projektträger:	Forschungszentrum Jülich GmbH
Förderkennzeichen:	03SBE112D
Projektlaufzeit:	01.10.2017 – 31.12.2024
Autoren:	Arne Surmann (ISE) Frank Elberzhager (IESE)
Ausführende Stelle:	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Heidenhofstr. 2, 79100 Freiburg Fraunhofer-Institut für experimentelles Software Engineering IESE Fraunhofer-Platz 1, 67633 Kaiserslautern
Veröffentlicht:	Juli 2025
Die Verantwortung der Veröffentlichung liegt bei den Autoren.	

Das Verbundprojekt EnStadt:Pfaff wurde von 8 Partnern
durchgeführt und als Leuchtturmprojekt gemeinsam gefördert
vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



Titelbild: Mögliches Smart Home Schema für das Alte Verwaltungsgebäude im Pfaff-Quartier,
Quelle: Fraunhofer ISE

Weitere Informationen zu EnStadt:Pfaff: <https://pfaffquartier-klimaneutral.de/>

Abkürzungen

EMS	Energiemanagementsystem
GPS	Global Positioning System
IFTT	„if this then that“ – Logik
IKT	Informations- und Kommunikations-Technologie
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport (offenes Nachrichtenprotokoll für die Kommunikation zwischen Geräten im Internet der Dinge (IoT))
PV	Photovoltaik

Abbildungen

Abbildung 1: Smart Home Installation, inklusive Smart Home Gerätesimulation (links) und Visualisierung (rechts).....9

Abbildung 2 Labordemonstrator, einschließlich eines Smart Home Hubs (Zentrum), Smart Home Aktoren und Sensoren auf einer Demonstratorwand (unten rechts), einer digitalen Darstellung der Demo-Plattform (oben rechts), der Fish 'n Tipps Energiespar-App (oben links) und der standardmäßigen Smart Home Weboberfläche (unten links).9

Abbildung 3: Beispiel für eine Smart Home-Sequenz und Interaktion mit der IKT-Umgebung..... 12

Tabellen

Tabelle 1: Ziele für das EnStadt:Pfaff Smart Home System8

Inhalt

Abkürzungen.....	3
Abbildungen.....	4
Tabellen	4
Disclaimer	5
1 Zusammenfassung.....	6
2 Smart Home Anwendungen	7
3 Basisanwendungen des eigenständigen Smart Homes	10
4 Mehrwert durch Interkonnektivität.....	11
5 Erkenntnisse aus dem Smart Home Untersuchungen.....	13
6 Literaturverzeichnis.....	14

Disclaimer

EnStadt:Pfaff wurde gemeinsam mit fünf weiteren klimaneutralen Quartiersprojekten als Leuchtturmprojekt im Rahmen der Ausschreibung "Solares Bauen / Energieeffiziente Stadt" gefördert. In Zusammenarbeit mit den anderen Leuchtturmprojekten ist ein Sammelband mit Ergebnissen der einzelnen Vorhaben entstanden und veröffentlicht worden. Ein Überblick der Ergebnisse zu Smart Home wurde im Sammelband der Leuchttürme auf english veröffentlicht. Der Beitrag ist als Kapitel 19.5 zu finden unter dem Titel „19 A Climate-Neutral Smart City DistrIKT Supported by Digital Solutions" [1]. Teile dieses Themenberichts wurden aus der Veröffentlichung mit Hilfe von GPT 4o Mini aus dem Englischen übersetzt. Die Originaltexte wurden ohne Hilfe von KI verfasst.

1 Zusammenfassung

Die Nutzung von Smart Home Systemen in Quartieren kann insbesondere im Bereich Energieeffizienz sehr vorteilhaft sein sowohl aus Sicht der Nutzer:innen als auch aus Sicht des Gesamtquartiers. Denn durch die Vernetzung und Automatisierung von Haushaltsgeräten und Sensoren innerhalb einzelner Smart Home Systeme als auch der Vernetzung verschiedener Smart Home Systeme im Quartier kann der Energieverbrauch signifikant reduziert und damit sowohl Kosten als auch Umweltbelastungen minimiert werden. Smart Home Systeme können damit zur Erreichung der Klimaneutralität in Quartieren beitragen, gleichzeitig sind sie auch Schnittstellen der Nutzer:innen zu den vernetzten Geräten. Im Rahmen von EnStadt:Pfaff wurden verschiedene Anwendungskonzepte für die Nutzung von Smarte Home Anwendungen entwickelt und untersucht, dieser Themenbericht stellt diese im Überblick vor.

Ein zentraler Aspekt von Smart Home Systemen ist die Fähigkeit, Energie effizienter zu nutzen. Intelligente Thermostate, die mit Sensoren und Algorithmen ausgestattet sind, können die Heizung und Kühlung eines Hauses optimieren, indem sie die Temperatur basierend auf der Anwesenheit der Bewohner und den Wetterbedingungen automatisch anpassen. Dies verhindert unnötigen Energieverbrauch und sorgt gleichzeitig für ein bedarfsgerechtes Raumklima. Während klassische Smart Home Systeme dies bereits effizient über Wenn-Dann Logiken abbilden, wurde im Projekt untersucht, wie beispielsweise durch zusätzliche Dienste Verhaltensweisen angelernt werden können und so die bedarfsgerechte Beheizung von Räumen oder des Warmwassers weiter verbessert werden kann.

Bei Vernetzung mit Energiemanagementsystemen (EMS) ermöglichen Informationen aus Smart Home Systemen die vorrangige Nutzung erneuerbarer Energien. So kann die Information darüber, ob jemand zu Hause ist oder bei der Arbeit, genutzt werden, um im eigenen EMS den Energiebedarf der nächsten Stunden zu prognostizieren. Der auf dieser Basis erwartete Überschuss an Solarenergie könnte dann Nachbarn angeboten werden, die keine eigene Solaranlage besitzen, deren Smart Home System aber weiß, dass am nächsten Tag die Fahrt in den Urlaub ansteht und das E-Auto vollgeladen werden sollte.

Ein weiterer Vorteil der Smart Home Vernetzung in Quartieren ist die Möglichkeit, Daten zu sammeln und auszuwerten. Diese Daten können genutzt werden, um den Energieverbrauch weiter zu optimieren und gezielte Maßnahmen zur Energieeinsparung zu ergreifen. Zum Beispiel könnten Bewohner über ihre individuellen Energiemuster informiert und zu Verhaltensänderungen motiviert werden. Dieser Anwendungsfall wurde durch die Entwicklung einer eigenen Energiesparapp im Projekt demonstriert. Dabei stehen die Nutzer im Zentrum und behalten immer den Überblick über ihre Daten.

Der in diesem Bericht präsentierte Smart Home-Anwendungsfall zeigt eine Auswahl möglicher Schnittstellen zwischen verschiedenen digitalen Anwendungen und Diensten. Je mehr Datenquellen verfügbar sind, desto mehr Möglichkeiten entstehen für eine intelligente Automatisierung. Maschinelles Lernen wurde von uns nur kurz im Hinblick auf die Analyse von Nutzerverhalten getestet. Bei der Verknüpfung verschiedener Anwendungen innerhalb des IKT-Universums, um den Energieverbrauch zu reduzieren und den Komfort zu erhöhen, rückt das Thema Datenschutz in den Fokus. Im Rahmen des EnStadt:Pfaff Vorhabens wurde nicht an der Netzwerksicherheit oder der Datenverschlüsselung gearbeitet, sondern stattdessen ein MQTT-Broker mit klaren Nachrichten verwendet, die von jedem Dienst genutzt werden können. Die Gewährleistung eines sicheren Umgangs

mit persönlichen Daten ist jedoch ein wichtiges Thema für eine reale Implementierung. Auf jeden Fall sollte dabei gewährleistet sein, dass der Nutzer immer selbst entscheiden kann, welche Apps auf welche Daten zugreifen können und ob Synergien überhaupt genutzt werden sollen.

Zusammengefasst bieten Smart Home Systeme in Quartieren ein großes Potenzial zur Energieeinsparung. Sinnvoll eingesetzt ermöglichen sie eine effizientere Nutzung von Ressourcen, fördern die Integration erneuerbarer Energien und tragen zur Reduzierung von Kosten und Umweltbelastungen bei. Durch die Vernetzung und Automatisierung können sie nicht nur den individuellen Energieverbrauch optimieren, sondern auch auf Gemeinschaftsebene nachhaltige Lösungen schaffen. Voraussetzung dafür sind Systeme mit kompatiblen Schnittstellen, die sowohl eine Vielzahl an Komponenten ins eigene System integrieren können als auch mit anderen Systemen, z.B. über eine Quartiersplattform, Informationen austauschen können.

Aufgrund der starken Bauverzögerungen im Pfaff-Quartier gab es im Vorhabenzeitraum keine nennenswerte Nutzung des Quartiers mit bewohnten Gebäuden. Deshalb beschränkten sich die Untersuchungen im Bereich Smart Home Anwendungen auf Konzepte, die in einem Simulationsumfeld, bestehend aus IKT-Plattform Mockup, Laborhardware und zwei Smart Home Systemen, ausgeführt wurden.

2 Smart Home Anwendungen

In diesem Bericht zeigen wir, wie die Verbindung mehrerer individueller Anwendungen innerhalb einer Quartiersplattform Synergien schaffen kann, die zusätzlichen Wert über die individuellen Vorteile hinaus bieten. Als Beispiel haben wir das Pfaff-Smart-Home-System gewählt, da es einen prominenten Einstieg in das digitale Pfaff-Universum bietet. Ein klassisches Smart-Home-System besteht aus einem Smart-Home-Hub, der eine Recheneinheit beherbergt, die eine Logik zur Verbindung verschiedener Sensoren und Aktoren innerhalb eines definierten Bereichs hostet.

Der prominenteste Anwendungsfall von Smart-Home-Systemen ist ihre Funktion als Multimedia-Schnittstelle mit starkem Fokus auf Beleuchtungsinstallationen in Wohnhäusern oder Wohnungen. Weitere beliebte Anwendungen sind Sicherheitssysteme, einschließlich Kamerainstallationen und Einbruchmelder, oder Anwendungen im Bereich Assisted-Living, bei denen Sensoren Stürze erkennen oder Notrufknöpfe zur Anforderung von Hilfe bereitstellen. Eine weniger verbreitete Anwendung in der Vergangenheit, die jedoch mit dem Anstieg von PV-Installationen und Wallboxen zum Laden von Elektrofahrzeugen schnell an Bedeutung gewinnt, ist das Thema Energiemanagement und Energieeinsparung.

Im Rahmen des Pfaff-Projekts konzentrierten wir uns auf den Aspekt der Energieeinsparung und fragten uns, wie ein Smart-Home-System helfen kann, den Energieverbrauch zu senken, ohne den Nutzerkomfort zu verringern. Tatsächlich ist innerhalb des entwickelten Systems eine Steigerung des Komforts möglich, indem ehemals manuelle Prozesse automatisiert werden. Weitere Anforderungen wurden aus dem Leitbild von EnStadt: Pfaff abgeleitet, ergänzt durch eine Liste von Punkten, die wir für ein vernetztes, energieeinsparendes Smart Home als wichtig erachten. Die Ziele sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Primäre energetische Ziele von Smart Home Systemen

1. Energie sparen
2. Wenn Energieeinsparung nicht möglich ist, die Nutzung auf die effizienteste Weise optimieren
3. Lokale und erneuerbare Energie nutzen
4. Wenn keine lokale Energie verfügbar ist, externe erneuerbare Energie nutzen

Zusätzliche funktionale Ziele von Smart Home Systemen

5. Mehrwerte für alle Menschen unterschiedlichen Alters und mit unterschiedlichen Lebensstilen schaffen
6. Komfort garantieren oder erhöhen
7. Ein hochwertiges Raumklima bereitstellen
8. Datenschutz garantieren
9. Energieverbrauch messen und visualisieren
10. Energieverbrauch zur Leistungsbewertung bereitstellen
11. Eine Benutzeroberfläche zur IKT-Umgebung schaffen und ein benutzerzentriertes Design verfolgen
12. Empfehlungen für Verhaltensänderungen in Richtung eines nachhaltigen Lebensstils bereitstellen
13. Eine resiliente Infrastruktur bereitstellen
14. Sensordaten für andere IKT-Apps bereitstellen
15. Offene Systeme verwenden, die anpassbar sind und verschiedene Geräte einbeziehen können
16. Skalierbarkeit für das gesamte Quartier gewährleisten

Um das Pfaff-Smart-Home-System zu demonstrieren, hatten wir eine Demonstratorinstallation im Pfaff-Viertel geplant, aber aufgrund von Verzögerungen im Bau- und Renovierungsprozess ersetzten wir die gewählte Wohnung durch einen digitalen Zwilling, einschließlich einer Simulation elektrischer Geräte, unter Verwendung des Fraunhofer-Tools synPRO und einer Smart-Home-Visualisierung (siehe Abbildung 1).

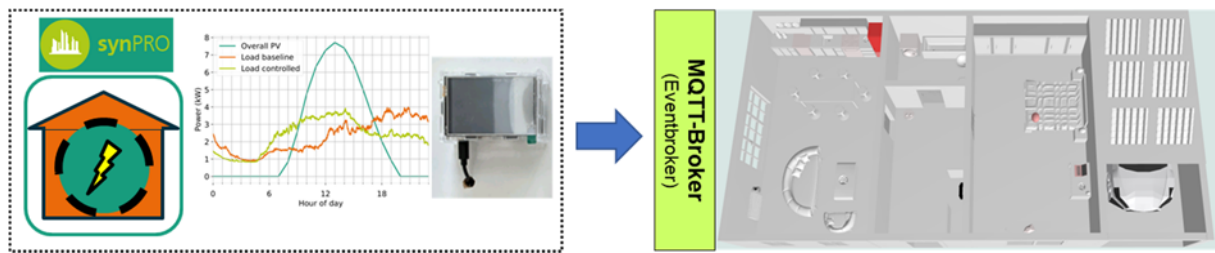


Abbildung 1: Smart Home Installation, inklusive Smart Home Gerätesimulation (links) und Visualisierung (rechts)

Darüber hinaus installierten wir einige bekannte Smart-Home-Aktoren und -Sensoren an einer Demonstrationswand und testeten zwei Smart-Home-Hubs, ein Open-Source-Produkt und ein kommerzielles Produkt, die beide mit verschiedenen Geräten von verschiedenen Herstellern unter Verwendung der gängigsten drahtlosen Smart-Home-Kommunikationsprotokolle (Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave und EnOcean) kombiniert werden konnten. Die verschiedenen Komponenten des Labordemonstrators und ihre Interkonnektivität sind in Abbildung 2 visualisiert.

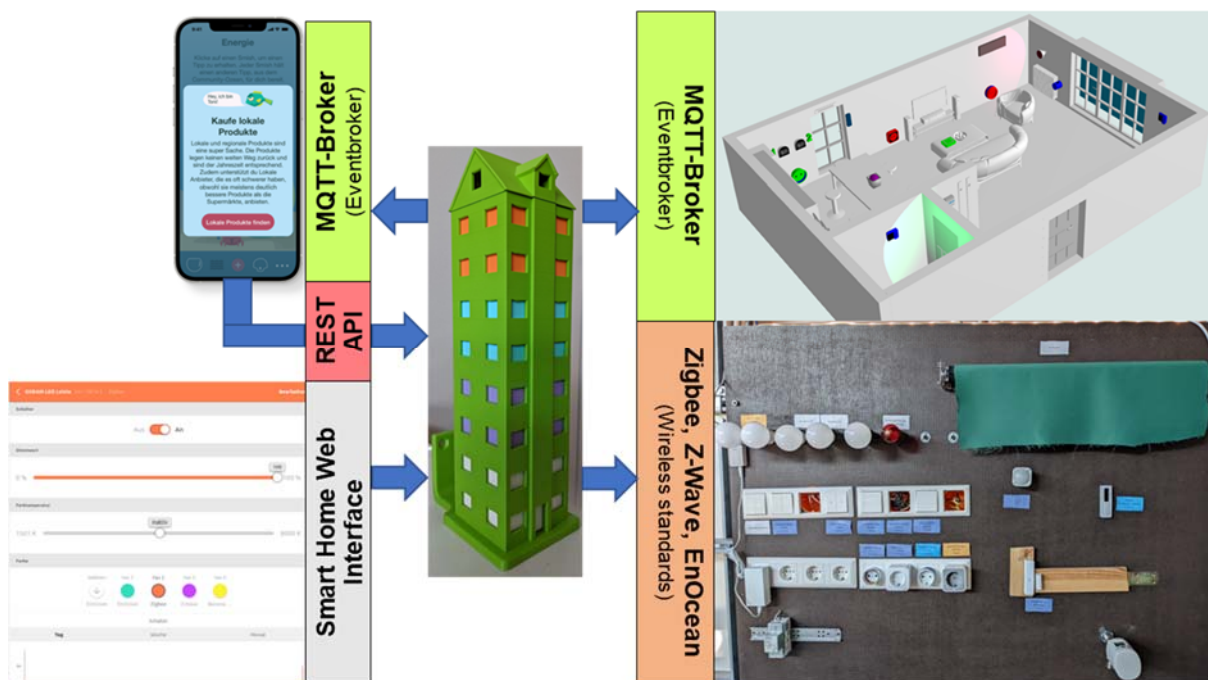


Abbildung 2 Labordemonstrator, einschließlich eines Smart Home Hubs (Zentrum), Smart Home Aktoren und Sensoren auf einer Demonstratorwand (unten rechts), einer digitalen Darstellung der Demo-Plattform (oben rechts), der Fish 'n Tipps Energiespar-App (oben links) und der standardmäßigen Smart Home Weboberfläche (unten links).

3 Basisanwendungen des eigenständigen Smart Homes

Der eigenständige Smart-Home-Hub kann mit mehreren Sensoren und Aktoren verbunden werden. Bei der Auswahl dieser Komponenten haben wir, wo immer möglich, energieeffiziente Geräte gewählt, vorzugsweise Geräte mit Energiegewinnungsmöglichkeiten. Solche Geräte nutzen die verfügbaren Ressourcen aus der Umgebung. Beispielsweise kann ein Peltier-Element, das die Temperaturdifferenz zwischen dem Heizkörper und der umgebenden Luft nutzt, ein intelligentes Heizthermostat mit Energie versorgen; die kinetische Energie beim Drücken eines Schalters kann den internen drahtlosen Sender mit Energie versorgen und kleine photovoltaische Zellen können Energie für mehrere Sensoren bereitstellen, die Daten zum Innenklima sammeln und übertragen.

Alle Sensordaten werden im Smart-Home-Hub gesammelt, und eine interne „if this then that“ (IFTT)-Logik führt zu Aktionen, die an andere Smart-Home-Geräte oder den Benutzer gesendet werden. Abhängig von der Anzahl der installierten Komponenten sind verschiedene energiebezogene Routinen enthalten. Wir haben diese einzelnen Routinen gruppiert, was zu vier verschiedenen Zuständen führte („zu Hause“, „schlafend“, „weg“, „im Urlaub“), die entweder durch automatisierte Ereignisse oder durch eine manuelle Aktion (z.B. durch Drücken eines Schalters beim Verlassen des Hauses) ausgelöst werden können. Ein Zustandswechsel überprüft die aktuellen Sensordaten und vordefinierten Benutzereinstellungen, um eine Vielzahl von Aktionen auszuführen. Da es zu ambitioniert wäre, alle Routinen in diesem Artikel zu erklären, werden wir nur einen Zustandswechsel erläutern, um die allgemeine Logik zu zeigen und einen Überblick über einige praktische IFTTS zu geben.

Der Ausgangszustand ist „zu Hause“; die Raumtemperaturen sind basierend auf vordefinierten Benutzereinstellungen eingestellt; die Rollläden sind geöffnet; die Luftzirkulationsrate in den belegten Räumen funktioniert normal. Raumklimasensoren überwachen den Zustand und passen die Aktoren bei Bedarf an. Nun verlässt ein Benutzer die Wohnung, was entweder durch den Türsensor in Kombination mit 10 Minuten ohne Bewegung oder durch den Benutzer, der aktiv einen Schalter beim Verlassen drückt, erkannt wird. Der Zustand wechselt zu „weg“ und folgende Aktionen werden durchgeführt:

- **Elektrizität:** Alle vordefinierten Steckdosen werden abgeschaltet, wodurch der elektrische Bedarf auf ein Minimum reduziert wird, und nur Gefriergerät, Kühlschrank und vom Benutzer in eine Ausnahmeliste aufgenommene Geräte werden mit Strom versorgt. Zusätzlich wird die Beleuchtung ausgeschaltet.
- **Heizung/Kühlung:** Die Zieltemperaturen der Räume werden angepasst, um den Bedarf an Heizung und Kühlung zu reduzieren. Darüber hinaus erkennen Sensoren die Sonneneinstrahlung, und der Smart-Home-Hub prognostiziert die aktuellen thermischen Gewinne durch Sonneneinstrahlung. Wenn die Zieltemperatur unter der aktuellen Temperatur liegt (Kühlbedarf), werden die Rollläden geschlossen. Wenn die Zieltemperatur über der aktuellen Temperatur liegt (Heizbedarf) und die Sonneneinstrahlung hoch ist, werden die Rollläden geöffnet; andernfalls bleiben sie geschlossen.
- **Belüftung:** Die Luftzirkulation wird auf ein Minimum reduziert.

- **Nicht energiebezogene Erweiterungen:** Sicherheitsgeräte werden aktiviert (z.B. Kameras oder Fenster-/Türsensoren). Abhängig vom Reinigungsplan wird ein automatischer Staubsauger aktiviert.

4 Mehrwert durch Interkonnektivität

Während das eigenständige Smart-Home-System bereits einen gewissen Wert bietet, kann sein Potenzial erheblich gesteigert werden, wenn es mit anderen Datenressourcen und Apps in der Pfaff-IKT-Plattform verbunden wird. Der zuvor präsentierte Zustandswechsel von „zu Hause“ zu „weg“ kann weiter ausgebaut werden. Der Prozess, einschließlich Interaktionen mit anderen Apps und Diensten, wird in Abbildung 3 visualisiert und in den folgenden Zeilen erklärt. Direkt nach der Einleitung des Zustandswechsels wird der Kalender des Benutzers auf spezifische Ereignisse überprüft. Zusätzlich wird die aktuelle GPS-Position des Smartphones des Benutzers erfasst. Mit diesen beiden Quellen kann zusammen mit einer optionalen Lern-Datenbank die Rückkehrzeit geschätzt werden. Diese Schätzung könnte durch das Senden einer Push-Benachrichtigung an den Benutzer zur Bestätigung verifiziert werden, während gleichzeitig Vorschläge für mögliche Routinen bereitgestellt oder nach weiteren Befehlen gefragt wird. Alternativ könnte der Benutzer passiv bleiben und die Automatisierung die Entscheidungen selbst fällen. Wenn beispielsweise an einem Arbeitstag keine Ereignisse für diesen Tag geplant sind, aber das GPS-Signal des Benutzers sich in einer anderen Stadt befindet, könnte die Anwendung den Benutzer fragen, ob er eine Geschäftsreise plant und wie viele Tage diese dauern wird. Für den Fall, dass sich die GPS-Koordinaten innerhalb eines bestimmten Bereichs befinden, würde keine Benachrichtigung gesendet werden.

Die Informationen über eine aktuelle Abwesenheit können weiter an ein vernetztes Energiemanagementsystem (EMS) weitergeleitet werden, mit dem Ziel, flexible Lasten auf Zeiten mit hoher Photovoltaik (PV)-Energieversorgung zu verschieben. Eine detaillierte Beschreibung des agentenbasierten EMS wird im Themenbericht: „Agentenbasiertes Energiemanagement und blockchainbasierte Organisation für Energiegemeinschaften“ bereitgestellt [2]. Diese Informationen werden verwendet, um den Energieverbrauch innerhalb des persönlichen Energiesystems und des umgebenden Energiesystems des Quartiers zu optimieren.

1. Wenn der Benutzer plant, am Abend zurückzukehren und ein Heizbedarf für die Nacht erwartet wird, oder wenn der Benutzer normalerweise bevorzugt, bei seiner Ankunft zu duschen, könnte das EMS entscheiden, das Warmwasser und die Fußbodenheizung mit Solarstrom zu erwärmen, wenn ein elektrisches Heizsystem (Wärmepumpe oder Heizstab) betrieben wird. Durch die direkte Nutzung des Solarstroms werden der Eigenverbrauch des Solarstroms des Benutzers und seine Energiekosten optimiert. Mit den Informationen über die geschätzte Reisezeit für die Rückfahrt kann die Wohnung beheizt werden, um die gewünschte Raumtemperatur bei der Ankunft bereitzustellen.
2. Wenn der Benutzer stattdessen länger wegbleibt oder der erwartete Wärmebedarf niedrig ist, könnte das EMS die Informationen über den niedrigeren Stromverbrauch eines Benutzers zusammen mit dem hohen Verbrauch, der für benachbarte Gebäude vorhergesagt wird,

nutzen, um überschüssige PV-Energie ins öffentliche Netz einzuspeisen und sie innerhalb der Pfaff-Gemeinschaft zu teilen (siehe rote Sequenz in Abbildung 3).

3. Schließlich könnte, wenn auch die vorhergesagte Nachfragesituation im Quartier niedrig ist, das EMS die momentan nicht selbst nutzbare Solarstromproduktion einsetzen, um Elektrofahrzeuge aufzuladen oder in einem stationären Haus- oder Quartiersspeichersystem zu speichern, wenn kein anderes Verbrauchsgerät versorgt werden kann.

Insbesondere das intelligente Laden von Elektrofahrzeugen hat ein großes Flexibilitätspotenzial innerhalb des Pfaff-Quartiers. Es kann weiter verbessert werden, indem auch die Zeitplanung der Benutzer, insbesondere die geplante Abfahrtszeit, und andere Parameter einbezogen werden, wie z.B. der Ziel-Ladezustand der Fahrzeugbatterie bei der Abfahrt. Dies ermöglicht es, eine bestimmte Batteriekapazität ausschließlich für zusätzliche Speicherung von Solarstrom zu reservieren. Darüber hinaus könnte bidirektionales Laden einbezogen werden, um die E-Fahrzeugbatterie in Zeiten hoher Nachfrage zu entladen und sie später in Zeiten mit PV-Überproduktion wieder aufzuladen. Informationen darüber, ob der Benutzer ein Elektrofahrzeug überhaupt nutzen möchte oder lieber auf andere Verkehrsmittel umsteigen würde, können von anderen Apps bereitgestellt werden, wie z.B. einer Mobilitätshilfe-App innerhalb des digitalen Ökosystems Pfaff.

Während Wetterdaten für eine gute PV-Energieprognose benötigt werden, bietet dieselbe Information eine weitere nützliche Ergänzung für ein Smart-Home-System. Durch die Nutzung von Wettervorhersagen kann der Heiz- und Kühlprozess optimiert werden, nicht nur in Bezug auf die Reaktion auf die aktuellen Wetterbedingungen durch die Steuerung der Rollläden, sondern auch in Bezug auf die Berücksichtigung von Temperatur- und Sonneneinstrahlungsprognosen. Auf diese Weise kann die Heiztemperatur gesenkt werden, bevor die solaren Gewinne den Raum über die gewünschte Temperatur hinaus aufheizen. Besonders bei langsam reagierenden Heizsystemen kann im Frühling oder Herbst ein vorausschauendes System den zusätzlichen Heiz- oder Kühlbedarf reduzieren. Ein Beispiel für eine Smart Home-Sequenz und Interaktion mit der IKT-Umgebung ist in Abbildung 3 dargestellt.

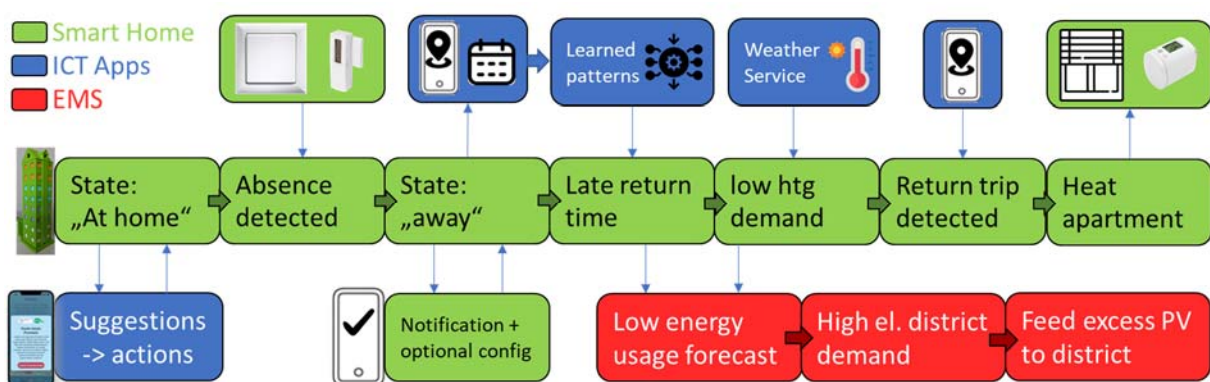


Abbildung 3: Beispiel für eine Smart Home-Sequenz und Interaktion mit der IKT-Umgebung

Schließlich ist die zuvor erwähnte Fish'n Tipps-App mit dem Smart-Home-System verknüpft. Sie analysiert die Nutzung des Smart Homes und bietet nützliche Informationen, nicht nur zur automatischen Optimierung des Energieverbrauchs, sondern auch zur Steigerung des Bewusstseins des Benutzers hinsichtlich seines energiebezogenen CO₂-Fußabdrucks und zur Ermutigung, sein Verhalten

zu ändern und nachhaltiger zu gestalten. Für Heizsysteme könnte die App die Zieltemperaturen verschiedener Räume überprüfen und einen Hinweis geben, die Raumtemperatur während Abwesenheiten weiter zu senken.

5 Erkenntnisse aus dem Smart Home Untersuchungen

Als Ergebnis der Smart Home Untersuchungen wurde simulativ gezeigt, dass eine Vernetzung von klassischem Smart Home mit externen digitalen Services sowohl die Lebensqualität erhöhen als auch den Energieverbrauch der einzelnen Nutzungseinheiten (Wohnen und Gewerbe) im Quartier reduzieren kann. Insbesondere bietet die intelligente Steuerung der Raumheizung und Warmwasserbereitung ein hohes Einsparpotential. Weiter können die Nutzenden durch eine Energiespar-App motiviert werden ihr Verhalten anzupassen, um beispielsweise wetterabhängig das Leihfahrrad anstelle des eigenen E-Autos zu verwenden. Die Hardwaresysteme wurden als Konzeptleitfäden für einzelne Gebäude definiert jedoch aufgrund des verzögerten Baufortschritts nicht in genutzte Wohnungen oder Gewerbeeinheiten eingebaut. Ein Einbau eines kommerziellen Smart Home Systems im Reallabor-Zentrum wurde in Bezug auf die intelligente Steuerung der Beleuchtung, der Raumheizung und der Raumkühlung umgesetzt, eine weitere Verknüpfung mit smarterer Raumlüftung scheiterte aufgrund von Inkompatibilität der Steuerungssysteme.

Folgende **Erkenntnisse** konnten aus den Arbeiten gewonnen werden:

1. **Die Vernetzung von Smart Home Systeme im Quartier kann deren Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität des Quartiers erhöhen.**

Durch die Vernetzung mehrerer einzelner Smart Home Systeme unterschiedlicher Nutzer:innen untereinander und in Verbindung mit Webdiensten aus der IKT-Umgebung im Quartier kann sowohl das einzelne Smart Home System als auch das Gesamtquartier lebenswerter und energetisch optimierter gestaltet werden.

2. **Es empfiehlt sich der Einsatz von offene Smart Home Systemen, um Inkompatibilitäten zu vermeiden.**

Es werden offene Smart Home Systeme benötigt, die untereinander kompatibel sind. So können verschiedene Akteure, Sensoren und Services von unterschiedlichen Anbietern, die in unterschiedlichen Gebäuden eingesetzt werden oder bei künftigen Ausbau zum Zuge kommen untereinander verbunden werden. Der Einsatz proprietärer Lösungen von Smart Home Hubs limitiert die Möglichkeiten der Vernetzung.

3. **Der Nutzen von Smart Home Systemen sollte mit dem Zusatzaufwand bei Installation und im Betrieb abgewogen werden.**

Nicht jede Wohnung benötigt ein Smart Home System. Im Extremfall kann der Mehrenergieverbrauch durch das Smart Home System die energetische Einsparung übersteigen, was unter energetischen Aspekten ein Kriterium ist. Für andere Smart Home Anwendungen wie z.B. Assisted Living oder Sicherheitserhöhung sind andere Kriterien zu prüfen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] ELBERZHAGER, Frank ; HUPP, Steffen ; POLST, Svenja ; STÜPFERT, Phil ; SURMANN, Arne: 19 A Climate-Neutral Smart City District Supported by Digital Solutions. In: LEONHARDT, Sven; NUSSE, Tobias; GÖRRES, Jürgen; ROSINGER, Sven; STRYI-HIPP, Gerhard; ECKHARD, Martin (Hrsg.): *Innovations and challenges of the energy transition in smart city districts* : De Gruyter, 2023, S. 279–294

- [2] SURMANN, Arne: *Agentenbasiertes Energiemanagement und Blockchain basierte Organisation für Energiegemeinschaften : Themenbericht erstellt im Rahmen des Schlussberichts zum Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff „Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern“*. 2025