

EnStadt: Pfaff Bericht

Meilensteinbericht M1 im Arbeitspaket 2.2.4

„Smart Home Anwendungen“

Freiburg 13.12.2019

Erstellt im Rahmen des Projektes EnStadt: Pfaff, Förderkennzeichen 03SBE112
als Meilenstein 1

Autoren:

Arne Surmann, Fraunhofer ISE

Christian Bär, Fraunhofer ISE

Sebastian Heupts, Fraunhofer IESE

Frank Elberzhager, Fraunhofer IESE

Jörn Zitta, Hochschule Kaiserslautern

Marius Henkel, Stadt Kaiserslautern

GEFÖRDERT DURCH



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

AUFGRUND EINES BESCHLUSSES DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	6
2	Einleitung	7
2.1	Definition Smart Home	7
2.2	Zielsetzung	7
2.3	Stand der Wissenschaft	8
2.4	Mitarbeitende im Arbeitspaket.....	8
2.5	Schnittstellen zu AGs und anderen APs	9
2.5.1	AG Mobilität.....	9
2.5.2	AG IKT	9
2.5.3	AG Energie	9
2.5.4	AG Elektrische Systeme.....	9
2.5.5	Monitoring Gesamtprojekt und Auswertung Reallabor (AP 0.4)	9
2.5.6	Quartiersenergiekonzept 2029 (AP 1.1.2).....	9
2.5.7	IKT Konzept 2029 (AP 1.1.4).....	9
2.5.8	Agentenbasiertes Quartiersenergiemanagement (AP 2.1.2)	10
2.5.9	Smarte Wärme und Kälte Technik (AP 2.1.6).....	10
2.5.10	Reallabor-Zentrum (AP 2.1.8)	10
2.5.11	Datenerfassung und Sensorik an smarten Lichtmasten im Quartier (AP 2.1.7)	10
2.5.12	Sozioökonomische Begleitforschung Reallabor Pfaff (AP 2.4.1)	10
3	Am Markt verfügbare Smart Home Anwendungen	11
3.1	Kommunikationsstandards	11
3.2	Hubs und Komplettpakete	11
3.3	Sensoren	11
3.4	Aktoren	12
3.5	Sprachassistenten	12
4	Datenmodell	13
4.1	Austausch mit dem Agentensystem	14
4.1.1	Zweck des Austauschs.....	14
4.1.2	Ausgetauschte Daten	14
4.2	Austausch über die IKT Plattform	14
4.2.1	Zweck des Austauschs.....	14
4.2.2	Ausgetauschte Daten	15
4.3	Datenschutzrechtliche Aspekte	15
4.3.1	Personenbeziehbare Daten	15

4.3.2	Zweckbindungsgrundsatz und Erlaubnistatbestand	16
5	Anwendungsfälle Smart Home in Kombination mit der Quartiersplattform	17
5.1	Grundlage: Die digitale Quartiersplattform	17
5.2	Integrationsarten	18
5.2.1	User Interface zu Lösungen und Diensten der Quartiersplattform.....	19
5.2.2	Integration der Sensoren in Lösungen und Dienste der Quartiersplattform	19
5.2.3	Integration der Aktoren in Lösungen und Dienste der Quartiersplattform	19
5.3	Beispielhafte Anwendungsfälle.....	19
5.3.1	Präsenzabhängige Dienstleistungen	20
5.3.2	Automatische Car-Sharing-Buchung mit Rückversicherung.....	20
5.3.3	Ladeprozess Elektroauto.....	20
5.3.4	Schnittstelle ins Agentensystem	21
5.3.5	Heim-Klimatisierung unter Berücksichtigung der Wettervorhersage	21
5.3.6	Persönlicher Energiesparberater	21
6	Sozioökonomische Forschungsaspekte.....	22
6.1	Befragung der Nutzenden.....	22
6.1.1	Befragung am Tag der offenen Tür.....	22
6.1.2	Befragung von Gründerinnen und Gründern.....	24
6.2	Optimale Integration der Nutzenden ins System.....	27
6.2.1	Einführung der Nutzenden	27
6.2.2	Infobroschüre & Informationsseite.....	27
6.2.3	Regelmäßige Push Nachrichten mit Funktionsempfehlungen	27
6.2.4	Ausführliche Systembeschreibung.....	27
6.2.5	Einmalige Infoveranstaltung	28
6.2.6	Quartiersfachkraft.....	28
6.2.7	Austausch Forum in der IKT Plattform	28
6.3	Flexibilitätstypen.....	28
6.4	Auswertung des Smart Home Betriebs	30
7	Leitfaden für die Umsetzung von Smart Home im Pfaff Areal	31
7.1	Allgemeine Umsetzung für Wohneinheiten.....	31
7.1.1	Smart Home Hub	31
7.1.2	Sensoren	32
7.1.3	Aktoren	33
7.1.4	Sprachassistenten	35
7.1.5	Auflistung empfohlener Komponenten	35
7.1.6	IFTTTs und Modi	36
7.2	Allgemeine Umsetzung für Büroeinheiten.....	38

7.2.1	Präsenzsensorik	38
7.2.2	Beleuchtung.....	38
7.2.3	Heizung, Kühlung & Lüftung	39
7.2.4	Ruhemodus der Computer	39
7.2.5	Sprachassistenten im Gewerbe	40
7.2.6	Auflistung empfohlener Komponenten	40
7.2.7	IFTTTs und Modi	40
7.3	Spezifische Umsetzung in Paff14	42
7.3.1	Umsetzung in den Wohneinheiten	42
7.4	Umsetzung in den GHD Einheiten.....	43
7.5	Spezifische Umsetzung im Medizinischen Versorgungszentrum	43
7.5.1	Umsetzung in den Wohneinheiten	43
7.5.2	Umsetzung in den medizinischen Räumlichkeiten.....	43
7.6	Spezifische Umsetzung im Reallaborzentrum.....	43
8	Labortests	45
8.1	Gegenüberstellung der untersuchten Systeme	45
8.2	Funktionsumfang des Laboraufbaus.....	45
9	Ausblick.....	48

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ein typisches Haus mit Mischnutzung	13
Abb. 2: Datenaustausch des Smart Home Systems mit anderen Systemen im Pfaff Projekt	13
Abb. 3: Abgrenzung zwischen Drittanbieter-Diensten, Lösungen und Plattform-Diensten: Basis-Dienste sind domänenagnostisch und können durch domänenspezifische Dienste genutzt werden. Dienste können von anderen Diensten und Lösungen konsumiert werden, während sich Lösungen an Personen richten.....	17
Abb. 4: Beispielhafte Abhängigkeiten zwischen domänenspezifischen Lösungen und Basisdiensten der Plattform für die Beispiele Logistic und Social Network.	17
Abb. 5: Beispielhafte Abhängigkeiten zwischen domänenspezifischen Lösungen und Basisdiensten der Plattform mit Abhängigkeiten in den domänenspezifischen Services	18
Abb. 6: Zeigt bei Personen die ein Unternehmen gegründet haben bekannte Smart Home Anwendungen in der Übersicht.	25
Abb. 7: Motive von der Befragten zum Thema Smart Home nach Wichtigkeit (Kreisgröße) und Kategorie (Kreisfarbe).	25
Abb. 8: Schematisches Bild einer Topologie von agentenbasiertem Energiemanagementsystem (EMS) und Apartment-Agenten mit hinterlegten Typen an Nutzenden.....	30
Abb. 9: Pfaff Geländeplan mit Kennzeichnung der Smart Home Gebäude	31
Abb. 10: Smart Home Laborwand. Mit roter Schrift sind Komponenten gekennzeichnet, die bereits geliefert aber noch nicht verbaut sind. Die smarten Komponenten sind farbig den Kommunikationsstandards EnOcean (blau), ZigBee (orange) und Z-Wave (lila) zugeordnet.....	47

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Auflistung der im Zusammenhang mit Smart Home im Wohnbereich empfohlenen Komponenten	35
Tab. 2: Modi für die Umsetzung von Smart Home im Wohnbereich	36
Tab. 3: IFTTTs innerhalb des Smart Home für den Anwendungsfall Wohnen.....	37
Tab. 4: Apps aus IKT Plattform für den Anwendungsfall Wohnen	37
Tab. 5: Auflistung der im Zusammenhang mit Smart Home im Büro empfohlenen Komponenten	40
Tab. 6: Modi für die Umsetzung von Smart Home im Bürokomplex.....	41
Tab. 7: IFTTTs innerhalb des Smart Home für den Anwendungsfall Büroeinheiten.....	41
Tab. 8: Apps aus IKT Plattform für den Anwendungsfall Büroeinheiten	42
Tab. 9: Gegenüberstellung der Smart Home Systeme Homee und Home Assistant.....	45
Tab. 10: Komponentenliste des Testaufbaus am Fraunhofer ISE	46

1 Zusammenfassung

Dieser Meilensteinbericht stellt einen Leitfaden für die Umsetzung von Smart Home Anwendungen im Pfaff Quartier dar.

Im Kapitel 2 wird einleitend die Zielsetzung des Smart Home Systems dargestellt und Schnittstellen mit anderen AGs und APs werden genannt. Das wichtigste Ziel ist es einen Beitrag zur CO₂ Reduktion zu leisten indem Nutzer vom Smart Home System in ihrem Verhalten positiv beeinflusst werden und elektrische sowie thermische Lasten intelligent und automatisiert reduziert und verschoben werden. Darauf folgend wird in Abschnitt 3 eine Übersicht zu am Markt verfügbaren Smart Home Anwendungen mit Fokus auf die Implementierung im Pfaff Areal gegeben. Eine ausführliche Erörterung zur Verwendung von Kommunikationsstandards, Hubs, Sensoren, Aktoren und Sprachassistenten ist diesem Bericht beigelegt, die wichtigsten Empfehlungen für das Projekt sind in diesem Bericht aufgelistet.

Abschnitt 4 zum Austausch mit einem agentenbasierten Energiemanagementsystems im Quartier, Applikationen auf der IKT Plattform und dem Fraunhofer ISE zeigt den Zweck des Austauschs und den Umfang der ausgetauschten Daten auf. Das Energiemanagementsystem benötigt zur Planung von Lastverschiebung genaue Prognosen zum Energieverbrauch, welche vom Smart Home System optimiert werden können. Im Gegenzug werden aus dem EMS Informationen zum aktuellen Strommix in Haus und Quartier an das Smart Home zur weiteren Verarbeitung gegeben. Apps der IKT Plattform können Steuerbefehle an das Smart Home System senden zum Beispiel um bezogen auf den Standort der Nutzenden die Raumtemperatur anzupassen. Im Zuge dieses Abschnitts wird außerdem auf die datenschutzrechtlichen Aspekte im Forschungskontext eingegangen.

Abschnitt 5 zu Anwendungsfällen von Smart Home in Kombination mit der IKT Plattform zeigt auf wie Apps das Smart Home System sinnvoll ergänzen können und wie das Smart Home System als Interface zu Personen im Quartier fungieren kann.

Die zentrale Rolle im Smart Home System nimmt der Mensch ein. Um dessen Bedürfnisse besser zu verstehen sind in Abschnitt 6 Ergebnisse von Nutzerbefragungen aufgelistet aus denen sich Empfehlungen für die Erstellung eines Leitfadens zur Umsetzung des Smart Home Systems ergeben. Dieser Leitfaden ist in Abschnitt 7 zu finden und beschäftigt sich mit der Allgemeinen Umsetzung von Smart Home in Wohn- und Büroeinheiten sowie mit der spezifischen Umsetzung in drei Demonstrationsobjekten im Pfaff Areal. Dabei wird Bezug genommen auf die in den zu vorigen Kapiteln erarbeiteten Empfehlungen.

In Kapitel 8 wird schließlich ein erstes Testsystem am Fraunhofer ISE vorgestellt, welches im Jahr 2020 mangels realer Feldsysteme zur Umsetzung von Automatismen und Implementierung von Schnittstellen zum Agentensystem und zur IKT Plattform verwendet werden wird.

Abschließend werden im Ausblick die nächsten Schritte im Arbeitspaket dargelegt und der weitere Zeitplan skizziert.

Einige wenige Stellen mit vertraulichen oder Preisinformationen sind im vorliegenden Dokument geschwärzt und stehen nur den Projektteilnehmenden zur Verfügung.

2 Einleitung

Das Vorhaben »Reallabor Pfaff-Quartier« erforscht, entwickelt und demonstriert Lösungen, wie die Energiewende und die klimapolitischen Beschlüsse von Paris vor Ort in den Kommunen praktisch umgesetzt, d.h. der Primärenergieverbrauch mindestens halbiert und der CO₂-Ausstoß um 80% bis 95% reduziert werden können.

Dieser Bericht untersucht in wieweit Smart Home Anwendungen in diesem Kontext behilflich sein können.

2.1 Definition Smart Home

Unter Smart Home verstehen wir ein System welches Sensoren und Aktoren mit einer intelligenten Logik verknüpft. Dabei ist der Aktionsradius einer Smart Home Einheit auf eine Wohneinheit oder eine Gewerbeinheit beschränkt. Sensordaten hingegen können auch von außerhalb der Wohneinheit mit einbezogen werden und werden im Smart Home System neben der Ansteuerung von Aktoren in einem Monitoring Konzept verwendet.

2.2 Zielsetzung

Der Fokus dieses Projekts liegt auf Energieanwendungen. Die Bereiche Komfort, Sicherheit und Unterhaltung sind von sekundärer Bedeutung, werden aber nicht kategorisch ausgeschlossen. Die nachfolgenden Ziele leiten sich aus Leitbild (LB) und Vorhabensbeschreibung (VB) ab und sind dem angehängten Anforderungskatalog (AK) entnommen. Im Anforderungskatalog sind zusätzlich die hier gelisteten Verweise übersichtlich dargestellt, welche aus Platzgründen in diesem Meilensteinbericht nicht aufgeführt werden.

Das Smart Home System soll folgende energetische Ziele erreichen:

1. Energie sparen (Energieverbrauch reduzieren) (LB 74-78, 125f)
2. Wenn Energie nicht gespart werden kann, diese effizient nutzen. (LB 74-78, LB 125f)
3. Lokale erneuerbare Energien nutzen (LB 116ff)
4. Wenn keine lokale Energie genutzt werden kann, andere erneuerbare Energien nutzen (LB 116ff)

Sonstige Anforderungen an das Smart Home System:

5. Einen Vorteil bieten für Menschen jeden Alters und unterschiedlicher Lebensstile (LB 48ff)
6. Keine Komforteinbußen verursachen (sofern diese nicht ausdrücklich vom Nutzenden akzeptiert werden) (LB 125f)
7. Eine hohe Raumluftqualität erreichen (LB 87)
8. Datenschutz gewährleisten (LB 79-82, 93)
9. Hochaufgelöste Messung und Analyse der Energieverbräuche (VB 6)
10. Bereitstellung der Energieverbräuche an Quartiersplattform (LB 79-82)
11. Nutzerinformation über Displays (VB 3f, VB 12f)
12. Handlungsempfehlungen an Nutzende ausgeben (VB 7f)
13. Widerstandsfähige Infrastruktur, Resilienz (LB 38-41)
14. Sensordaten für verschiedene Dienste erfassen (VB 10-11)

Außerdem bestehen folgende Anforderungen die nicht direkt aus dem Projektleitbild oder der Vorhabensbeschreibung abgeleitet werden können:

15. Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
16. Bedürfnisorientierte Gestaltung des Smart Home User Interface (*User Centered Design*)
 - Nur die Inhalte, Funktionen etc. darstellen, welche in den Nutzungskontext passen (anschließend an Personas des IESE)
 - Leichte und einfache Bedienbarkeit (insb. dem Vorwissen der Nutzenden angemessen)
 - Intuitive und ansprechende (da u. a. gestaltpsychologisch informierte) Gestaltung
 - Erreichung und Aufrechterhaltung einer hohen Aufmerksamkeit durch
 - Zusätzliche Bereitstellung relevanter Informationen und Services (weitere Inhalte/Dienste der Quartiers-App, lokale Wettervorhersage etc.)
 - Gamification
 - An die individuellen Bedürfnisse anpassbar (individuell konfigurierbar, erweiterbar)
17. Möglichst Kompatibilität mit anderen Smart Home Systemen
18. Erweiterbarkeit und Konfigurierbarkeit
19. Schnittstellen zum Agentensystem, zur IKT Plattform und zum Smart Phone der Nutzenden (vor Allem über das Smart Home User Interface)
20. Leicht übertragbar für andere Nutzende im Quartier
21. Wartungsarm, vor Allem über die Projektlaufzeit hinaus
22. Monitoring des Gesamtsystems über Projektlaufzeit hinaus

2.3 Stand der Wissenschaft

Gemäß Vorhabensbeschreibung wurde folgendes festgehalten:

„BSI-konforme Smart Metering Systeme (iMSys) sind gesetzlich beschlossen und werden in den nächsten Jahren ausgerollt. Smart Meter Daten werden den Nutzenden zu Abrechnungszwecken zur Verfügung gestellt, hochaufgelöste Datenbereitstellung ist nicht vorgesehen.

Es gibt sehr wenige marktverfügbare Smart Home Geräte (wie Kühlschränke oder Waschmaschinen), die eine Lastverschiebung erlauben. Thermische Systeme wie Wärmepumpen bieten ein großes Lastverschiebepotential, smarte Systeme sind aber auch hier ebenfalls nicht weit verbreitet.

Aktuelle Produkte im Bereich Smart Home (Displays und Steuerungen) sind vor allem auf Komfort und Sicherheit (Alarmanlagen) ausgerichtet, das Thema Energie, Eigenverbrauch und Lastverschiebung wird bisher nicht adressiert. Im professionellen Gebäudetechnik-Bereich sind Systeme verfügbar, aber sehr komplex und teuer. In Forschungsprojekten ist das Thema Smart Metering und Smart Home bereits seit einigen Jahren ein Thema. In Abgrenzung zum Stand der Wissenschaft soll hier insbesondere das Energiesystem des Quartiers zugrunde-gelegt werden, die Anbindung und Interaktion mit einer regional ausgerichteten Quartiersplattform, den Agenten sowie den Möglichkeiten der Blockchain-Technologie.“

2.4 Mitarbeitende im Arbeitspaket

Die nachfolgenden Personen sind aktiv im Arbeitspaket Smart Home beteiligt:

ISE: Robert Kohrs, Arne Surmann, Stefan Chantrel, Christian Bär, Sebastian Gölz

IESE: Frank Elberzhager, Sebastian Heupts (bis September 2019)

Palatina: Christian Persohn

HS KL: Joern Zitta

Stadt KL: Diana Berg, Marius Henke

PEG: Jacqueline Finn

2.5 Schnittstellen zu AGs und anderen APs

Es bestehen einige Überschneidungen zu anderen Arbeitspaketen im Pfaff Projekt. Ein wichtiger Schritt besteht daher darin die Aufgabenfelder sinnvoll abzustecken, so dass keine zwei Konzepte gegeneinander arbeiten.

Die erkannten Schnittstellen sind die folgenden:

2.5.1 AG Mobilität

In der AG Mobilität wurden bereits Protopersonas für das Mobilitätskonzept erstellt. Es ist zu prüfen ob diese Personas weiter genutzt werden sollen oder neue Personas erstellt werden.

Ansprechpartnerin ist hier Svenja Polst (IESE).

2.5.2 AG IKT

In der AG IKT ist zu klären wie die Daten, die im Smart Home System anfallen, in die IKT Plattform eingebracht werden sollen. Außerdem sollen Apps entwickelt werden die auch den Bereich Smart Home mit einschließen. Als Ansprechpartner der ebenfalls im Arbeitspaket Smart Home mitarbeitet fungiert Frank Elberzhager (IESE).

2.5.3 AG Energie

Das primäre Ziel des Smart Home ist es Energie einzusparen und zu verschieben. Hier sollten regelmäßige Absprachen im Umfeld der AG Energie stattfinden.

2.5.4 AG Elektrische Systeme

Die Integration des Smart Home Systems in das elektrische Energiesystem kann im Rahmen der AG elektrische Systeme vorangetrieben werden.

2.5.5 Monitoring Gesamtprojekt und Auswertung Reallabor (AP 0.4)

Das Monitoringkonzept klärt die rechtliche Grundlage der Datenerfassung und Datennutzung, um den gesetzlichen Anforderung an Datenschutz und Datensicherheit gerecht zu werden. Es wird im AP zwischen Daten unterschieden die zwingend bereitgestellt werden müssen und Daten die freiwillig bereitgestellt werden. Laut Vorhabensbeschreibung werden Energieerzeugung und Verbrauch auf Gebäudeebene zwingend bereitgestellt, Daten über Smart Home Systeme werden freiwillig bereitgestellt.

2.5.6 Quartiersenergiekonzept 2029 (AP 1.1.2)

Im AP 1.1.2 sind die Leitziele für das Quartier definiert, die auch die Richtung des AP Smart Home Anwendungen bestimmen. Das Ziel eines klimafreundlichen, CO2 neutralen Quartiers gibt einen Fokus auf Energiethemen vor, so dass die Bereiche Sicherheit, Komfort und Multi Media hinten angestellt werden.

2.5.7 IKT Konzept 2029 (AP 1.1.4)

Die IKT- Plattform liefert eine wichtige Schnittstelle zu Apps und Nutzenden. Die Fish'n'tipps Energieeffizienzapp sollte mit in das Smart Home System integriert werden um den das Smart Home nutzenden Personen beim Energiesparen zu helfen. Ein steuernder Zugriff aus dieser App auf das SH System ist zu prüfen.

2.5.8 Agentenbasiertes Quartiersenergiemanagement (AP 2.1.2)

Das agentenbasierte Energiemanagement umfasst große steuerbare Lasten wie Elektroautos, Batterien, Kühl- Lüftungs- und Heizungssysteme. Weiterhin werden die Daten von nicht steuerbaren Lasten für Energieprognosen verwendet. Dazu zählt auch der Stromverbrauch im Smart Home. Das User Interface des Agentensystems soll innerhalb des Smart Home APs entwickelt werden. Hier werden Informationen in Echtzeit zum Energieverbrauch dargestellt. Außerdem sollen Ziele für die Agenten über das UI vorgegeben werden können.

2.5.9 Smarte Wärme und Kälte Technik (AP 2.1.6)

Im AP 2.1.6 werden intelligente Heiz- und Kühlsysteme entwickelt. Gemäß Vorhabensbeschreibung liegt der Fokus dieses APs jedoch in der Installation von Wärme- und Kältenetzen und eher auf Quartiersebene. Im AP Smart Home Anwendungen wird primär die Ebene einzelner Gebäudesegmente (Apartments, Büros) untersucht. Die Gebäudeautomatisierung im Bereich Wärme und Kälte Technik liegt zwischen den beiden APs.

2.5.10 Reallabor-Zentrum (AP 2.1.8)

Da das Reallaborzentrum als eines der drei Showobjekte für Smart Home Anwendungen ausgewählt wurde ist eine enge Vernetzung mit den Akteuren im AP 2.1.8 notwendig. Einige der Akteure aus dem AP Smart Home Anwendungen arbeiten auch im AP Reallabor-Zentrum an der Umsetzung einer Ausstellung, weswegen hier eine enge Zusammenarbeit bereits inhärent vorliegt. Im RLZ wird Smarte Haustechnik installiert deren Visualisierung und Verknüpfung mit Handlungsempfehlungen für Besucher in der Ausstellung zentraler Punkt im Smart Home Konzept sein wird.

2.5.11 Datenerfassung und Sensorik an smarten Lichtmasten im Quartier (AP 2.1.7)

An Smarten Lichtmasten sollen Umweltdaten erfasst werden. Inwieweit diese Daten für das AP Smart Home Relevanz haben ist zu prüfen. Außerdem ist im AP 2.1.7 angedacht ein Kommunikationsnetz (z.B. LoRaWAN) zu installieren. Ob dieses für die Vernetzung von Smart Home Technologien genutzt werden soll ist zu prüfen.

2.5.12 Sozioökonomische Begleitforschung Reallabor Pfaff (AP 2.4.1)

Das Arbeitspaket „Sozioökonomische Begleitforschung Reallabor Pfaff (AP 2.4.1) befasst sich im Projekt hauptsächlich mit den Veränderungen der Bedürfnisse und Anforderungen der Bevölkerung, speziell der Stadt Kaiserslautern, an Raum und Architektur. Ein Schwerpunkt liegt aktuell auf der Zielgruppe Gründer. Dabei sollen vor allem Themen der energieeffizienten Transformation der Stadt auf ihre Akzeptanz in der Bevölkerung überprüft werden. Die Fragen wurden größtenteils zum Ziel der Erstellung von „postindustriellen Quartierstypologien der energieeffizienten Stadt (AP 1.2.1) angelegt. Jedoch wurde im Fragenkatalog auch das Thema Smart Home berücksichtigt, um Erkenntnisse der Akzeptanz von Gründern und Smart Home in deren Unternehmensraum zu gewinnen. Hierbei sollten wichtige Erkenntnisse über die Akzeptanz, Einstellungen, Verwendung von Smart Home im Unternehmen und zur Einschätzung der Energieeffizienz von Smart Home Systemen evaluiert werden.

3 Am Markt verfügbare Smart Home Anwendungen

Im Zuge des AP 2.2.4.1 wurde eine Markanalyse durchgeführt, die diesem Dokument beigelegt wurde. Die wichtigsten Erkenntnisse sind in diesem Kapitel als Auszug aus der Markanalyse aufgeführt. Tabellen mit konkreten Smart Home Geräten sind im angehängten Dokument zu finden.

3.1 Kommunikationsstandards

Im Pfaff Projekt empfiehlt es sich **kabellose Standards** zu verwenden. Die Reichweite etablierter Smart Home Protokolle wie **ZigBee, EnOcean und Z-Wave** reicht in den meisten Fällen aus um Wohneinheiten und kleinen Gewerbeeinheiten zu vernetzen. Der größte Vorteil besteht in der leichten Installation von Komponenten. Dies bedeutet, dass Nutzende ihr Smart Home selbstständig erweitern können. Außerdem sind keine großen baulichen Maßnahmen notwendig wenn innerhalb des Forschungsprojekts Geräte hinzugefügt oder nach Projektlaufzeit entfernt werden müssen. Auf die Integration von Geräten die über WLAN angeschlossen werden, sollte aus energetischer Sicht verzichtet werden.

3.2 Hubs und Komplettpakete

Um eine größtmögliche Produktvielfalt zu erreichen und somit die Bewohner nicht zu sehr in ihrer Wahl an Smart Home Komponenten einzuschränken empfiehlt es sich ein Smart Home Hub zu wählen welches eine Vielzahl an Kommunikationsstandards unterstützt. Hierbei bieten sich die open Source Lösungen **Home-Assistant** und **openHab** an. Diese bieten zusätzlich den Vorteil, dass sie sehr individuell auf die Pfaff Bedürfnisse angepasst werden können und Schnittstellen zur IKT Plattform und dem Agentensystem einfach realisiert werden können. Ein Nachteil dieser Systeme ist jedoch, dass eine grundlegende Programmiererfahrung notwendig ist um neue Routinen zu schreiben und neue Produkte zu integrieren. Außerdem gibt es hier keine Support Garantie. Daher bietet es sich an zusätzlich kommerzielle Tools zu betrachten. Hier bietet **Homee** ein, auf den ersten Blick, sehr interessantes offenes System, das die meisten am Markt verfügbaren Smart Home Komponenten einbinden kann. Auch **Innogy** verspricht ein solides und offenes System mit großer Produktpalette. Der lokale Anbieter **Frogblue** hat ebenfalls ein interessantes System vorzuweisen, jedoch ist das Frogblue System nicht kompatibel mit anderen Smart Home Geräten und schränkt somit die Entscheidungsfreiheit der Nutzenden deutlich ein. Unabhängig davon welches SH System gewählt wird empfiehlt es sich **IFTTT** als mögliche Erweiterung zur Vernetzung mit Webdiensten im Hinterkopf zu behalten.

3.3 Sensoren

Für Pfaff empfiehlt es sich bei der Auswahl der Sensoren neben dem Preis auch auf Energieeffizienz zu achten. Vor Allem die Produkte aus der EnOcean Familie kommen dank **Energy Harvesting** ohne Batterien oder Verkabelung aus. Wichtig ist, dass der Energieverbrauch des Smart Home Systems nicht die Einsparungen durch eben jenes überkompensiert. Die wichtigsten Sensoren aus energetischer Sicht sind **Temperatursensoren, Tür-/ Fensterkontakte** und **Strommessgeräte**. In welchem Maße smarte Wandschalter benötigt werden ist abzuwägen. Da **Rauchmelder** vorgeschrieben sind sollten hier auch smarte Varianten verwendet werden. Allgemein bietet es sich an **Multisensoren** zu verwenden um mit einer Hardware verschiedene Messwerte zu erfassen. Einige Sensoren wie z.B. eine Wetterstation sollten, wenn diese benötigt werden, pro Haus und nicht pro Wohn-/ Gewerbeeinheit installiert werden. Die Messwerte müssen dann natürlich mit allen Hausbewohnern und Smart Home Systemen

geteilt werden. Ebenfalls empfiehlt es sich Sensorwerte aus dem Quartier, zum Beispiel aus smarten Lichtmasten mit ein zu beziehen und so z.B. die Installation eigener Wetterstationen auf Gebäudeebene obsolet zu machen.

3.4 Aktoren

Die Kategorien **Beleuchtung**, **Stromversorgung** (Schalter), **Verschattung**, **Lüftung** und **Heizen (& Kühlen)** sind elementare Bestandteile eines modernen Smart Home und sollten in allen Demonstrationseinheiten implementiert werden. Bei der Auswahl sollten **energieeffiziente Komponenten** gewählt werden. Komponenten, die mit WLAN angesprochen werden weisen in der Regel einen höheren Energieverbrauch auf, als andere Smart Home Frequenzen. Außerdem empfiehlt es sich darauf zu achten, dass Komponenten **leicht in das System integriert** und wieder entfernt werden können. Eine Installation, die vom Smart Home Nutzenden selbst durchgeführt werden kann ist gegenüber einer Installation durch einen Experten zu bevorzugen. Auf der anderen Seite bieten Unterputzaktoren hinter konventionellen Schaltern oder Steckdosen den Vorteil, dass diese nicht ständig im Blickfeld der Nutzenden und daher optisch weniger störend sind. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass bereits vor Einzug der zukünftigen Nutzenden ein Großteil der Unterputzaktoren installiert werden kann.

3.5 Sprachassistenten

Eine Integration bestehender Sprachassistenten ist in Pfaff sinnvoll, da ein breites Interesse an dieser Technologie besteht.¹ Es empfiehlt sich jedoch in Bezug auf das Smart Home die Verarbeitung der Befehle auf einem separaten Smart Home Hub vorzunehmen und den **Sprachassistenten als Empfänger** zu verstehen, der Gesagtes versteht und Nachrichten weiter gibt an den verarbeitenden Smart Home Hub. Dabei sei erwähnt, dass das Smart Home auch ohne Sprachassistent funktioniert, diese dienen lediglich dem gesteigerten Komfort der Nutzenden.

¹ Vgl. Deloitte Studie: [„Beyond Touch: Voice- Commerce 2030“](#)

4 Datenmodell

Ein wichtiger Bestandteil eines Reallabor Projekts ist die Überprüfung der Laborergebnisse. Zu diesem Zweck ist es notwendig bestimmte Daten aus den einzelnen Arbeitspaketen zu erfassen und zur Evaluation der Projektziele zu verwenden. Für neuere EnEff:Stadt Projekte wurde in dem Messleitfaden Energiewendebauen ein Mindestanforderungskonzept für Messdaten verfasst. Das EnStadt:Pfaff Projekt ist muss sich zwar nicht zwingend an diesen Leitfaden halten, jedoch sind die vereinbarten Mindeststandards sinnvollerweise auch in diesem Projekt zu berücksichtigen. Für den Bereich Smart Home sind außerdem Interaktionen mit weiteren Diensten und Anwendungen im Quartier vorgesehen bei denen Mess- und Eingabedaten über die Smart Home Systemgrenze hinweg weitergegeben werden.

Dieser Abschnitt zeigt auf welche Daten zu welchem Zweck von wem erfasst, gespeichert und ausgewertet werden. In Abb. 1 ist ein typisches Haus mit Mischnutzung dargestellt. In Grün sind verschiedene elektrische Systeme eines Energiemanagement Systems zu sehen. Ein Bereich dieses Managements stellen elektrische Haushalts- und Gewerbelasten dar.

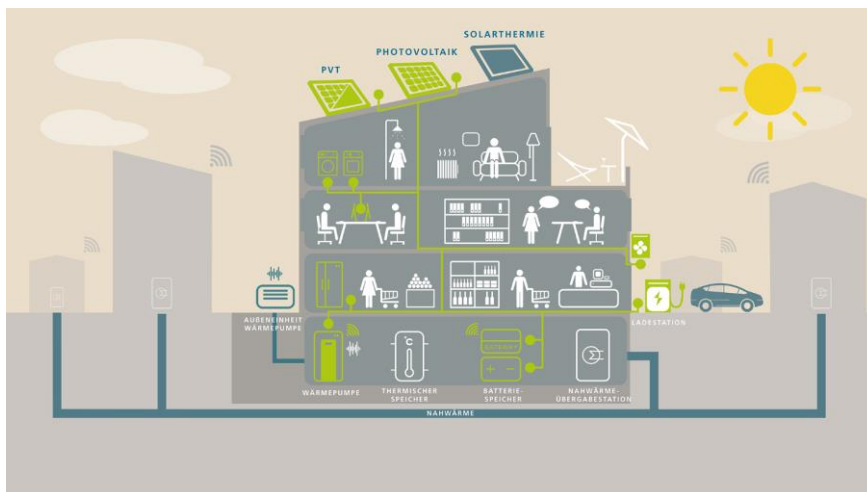


Abb. 1: Ein typisches Haus mit Mischnutzung

In Abb. 2 ist am Beispiel einer Wohneinheit der Datenverkehr in und aus dem Smart Home System abgebildet. Dabei befinden sich Smart Home System und Agent innerhalb einer Wohneinheit oder eines Gebäudes. Alle weiteren Bereiche befinden sich außerhalb des Gebäudes und werden über das Internet angebunden.

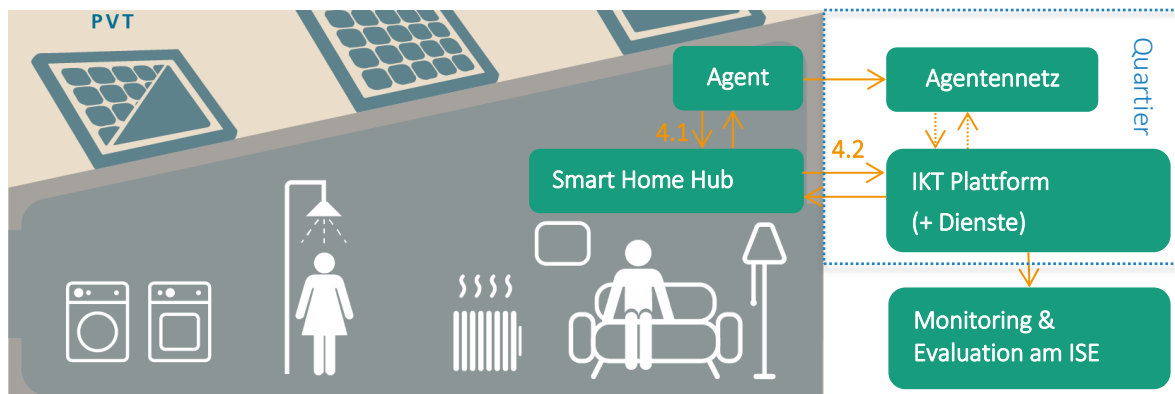


Abb. 2: Datenaustausch des Smart Home Systems mit anderen Systemen im Pfaff Projekt

4.1 Austausch mit dem Agentensystem

Der Austausch mit dem Agentensystem erfolgt direkt über den Apartment-/GHD-Agenten. Die Daten verlassen also zunächst nicht die Wohn- bzw. Gewerbeeinheit. Der Agent gibt eine kumulierte Energievorhersage weiter an andere Agenten im Netzwerk und erhält im Austausch Energieprognosen aus dem Agentenverbund.

4.1.1 Zweck des Austauschs

Die Schnittstelle zum Agentensystem ermöglicht es detaillierte Lastprognosen unter Berücksichtigung der Smart Home Modi und Erfahrungswerte zu erstellen, welche dann steuerbaren Agenten die Planung ihrer Verbräuche erleichtert. Im Gegenzug können Preissignale ins Smart Home gebracht werden um dem Nutzenden Empfehlungen zu geben wann es besonders sinnvoll ist Strom zu sparen. Eine direkte Steuerung von Geräten im Smart Home System durch Agenten ist nicht vorgesehen. Preissignale können aber im Smart Home Hub dazu verwendet werden verschiebbare Lasten wie Waschmaschinen, Lüftungsanlagen oder Heiz- bzw. Kühlgeräte automatisiert zu aktivieren. Generell ist die Kommunikation in beide Richtungen in Form von regelmäßigen Pushnachrichten vorgesehen.

4.1.2 Ausgetauschte Daten

Vom Smart Home Hub werden folgende Daten an den Apartment-/ GHD-Agenten gesendet:

- Elektrischer Energieverbrauch der einzelnen Geräte: minütlich aufgelöste Daten werden minütlich gesendet

Vom Apartment-/ GHD-Agenten werden folgende Daten an das Smart Home Hub gegeben:

- Residuallenergieprognose der nächsten 24h im eigenen Agenten Team: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden minütlich gesendet)
- Residuallenergieprognose der nächsten 24h im Mieterstromobjekt: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden minütlich gesendet
- Residuallenergieprognose der nächsten 24h im gesamten Quartier: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden minütlich gesendet
- Preisprognose der nächsten 24h: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden minütlich gesendet

4.2 Austausch über die IKT Plattform

Der Austausch mit der IKT Plattform läuft über das Internet ab. Im Endausbau des Quartiers ist vorgesehen den Großteil der quartiersinternen Kommunikation über die IKT Plattform laufen zu lassen. Sollten Smart Home Dienste vor der Implementierung der IKT Plattform getestet werden müssen, so kann als Zwischenlösung eine bereits fertige Vorfürhversion (Mockup) der Plattform genutzt werden.

4.2.1 Zweck des Austauschs

Auf der IKT Plattform werden Dienste angeboten, die dem Nutzenden einen Mehrwert bieten. Um möglichst intelligent agieren zu können sind eine Vielzahl von Sensordaten erforderlich, die miteinander in Verbindung gebracht werden (vgl. Kapitel 5.2.2). Eine Anwendung ist beispielsweise die Energiesparapp Fish'n'Tipps.

Ein weiterer Punkt stellt die Evaluation des Smart Home Systems dar. Hierzu werden Daten vom ISE zu rein wissenschaftlichen Zwecken ausgewertet. Es ist geplant diese Daten ebenfalls über die IKT Plattform verschlüsselt an das ISE weitergegeben.

4.2.2 Ausgetauschte Daten

Vom Smart Home Hub werden folgende Daten an die IKT Plattform gesendet:

- Elektrischer Energieverbrauch der einzelnen Geräte: minütlich aufgelöste Daten werden täglich zur Evaluation oder auf App Anfrage hin gesendet
- Wärmeabgabe der einzelnen Heizkörper oder Flächenheizungen: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden täglich zur Evaluation oder auf App Anfrage hin gesendet
- Wasserverbrauch des Apartments: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden täglich zur Evaluation oder auf App Anfrage hin gesendet
- Aktive Nutzungszeit des Smart Home Systems: Nutzungszeiträume werden täglich zur Evaluation gesendet
- Raumtemperaturen und Sollwerte in den einzelnen Räumen: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden täglich zur Evaluation oder auf App Anfrage hin gesendet
- Luftfeuchtigkeit in den einzelnen Räumen: ¼ stündlich aufgelöste Daten werden täglich zur Evaluation oder auf App Anfrage hin gesendet
- Änderung eines Smart Home Modus: Modus wird bei Änderung gesendet

Von der IKT Plattform werden folgende Daten an das Smart Home Hub gesendet:

- Sensordaten von Smarten Lichtmasten: Minütlich aufgelöste Daten werden ¼ stündlich gesendet
- Steuerbefehle aus Apps heraus: Befehl wird direkt gesendet
- Aktuelle Informationen aus dem Quartier: Bei ausgewählten Informationen direkt oder auf Anfrage der nutzenden Personen

4.3 Datenschutzrechtliche Aspekte

Seit in Kraft treten der Europäischen Datenschutzgrundverordnung (DS-GVO) kommen Daten mit Personenbezug eine besondere Bedeutung zu. Diese schafft Regeln zur Sicherung des Grundrechts auf Privatsphäre (Art 2 GG) in Zeiten immer umfassenderer Erfassung, Speicherung und Auswertung von Daten und versucht dieses Recht mit anderen konkurrierenden Grundrechten, wie beispielsweise der Informations- und Pressefreiheit oder auch der Freiheit der Wissenschaft (Art. 5 GG) in Einklang zu bringen. Dabei sind fallbezogen immer wieder Abwägungen zwischen diesen durch das Grundgesetz eingeräumten Freiheiten zu treffen.

4.3.1 Personenbeziehbare Daten

Entscheidend dafür, ob die DS-GVO beachtet werden muss oder nicht ist, ob es sich um personenbezogene bzw. personenbeziehbare Daten handelt. Ein Personenbezug liegt vor, wenn sich eine vorliegende Information eindeutig einer natürlichen Person zuordnen lässt. Das gilt auch für pseudonymisierte Informationen, beispielsweise wenn sich durch einen Schlüssel, eine Kennnummer oder der Zusammenführung mit anderen Daten ein Personenbezug herstellen lässt (vgl. §46, Abs. 1 BDSG und Art 4, Abs. 1 DS-GVO). Lässt sich dieser Personenbezug bei pseudonymisierten Daten ohne den zugehörigen Schlüssel nicht herstellen und wird dieser Schlüssel gesondert aufbewahrt und durch technische und organisatorische Maßnahmen geschützt, so handelt es sich nicht um ein personenbezogenes Datum (Art 4, Abs. 5 DS-GVO).

Nicht als personenbezogene Daten gelten vollständig anonymisierte Daten sowie Fakten, die per se keinen Personenbezug haben, beispielsweise Wetteraufzeichnungen. (DS-GVO Erwägungsgrund 26). Auch Daten zu juristischen Personen werden nicht als personenbezogene Daten gewertet.

Der Umstand, dass für ein Datum die DS-GVO keine Anwendung findet schließt natürlich nicht aus, dass es weitere rechtliche Aspekte wie beispielsweise das Urheberrecht zu beachten gibt.

4.3.2 Zweckbindungsgrundsatz und Erlaubnistatbestand

Personenbezogene Daten dürfen nur mit einem eindeutigen, festgelegten und legitimen Zweck erhoben werden und nur zu diesem Zweck verarbeitet werden (Art 5, Abs. 1). Der Zweck sollte sich dabei auf einen der in Art. 6 Abs. 1 DS-GVO genannten Erlaubnistatbestände stützen. Die Festlegung auf einen Zweck sollte sorgsam getroffen werden und die unterschiedlichen konkurrierenden Grundrechte gegeneinander abgewogen werden. Um eine Hilfestellung zu geben sind in der DS-GVO insgesamt 173 Erwägungsgründe formuliert. Für das Forschungsprojekt EnStadt:Pfaff von besonderer Bedeutung sind unter anderem:

- Erwägungsgrund 32: Einwilligung
- Erwägungsgrund 33: Einwilligung zur wissenschaftlichen Forschung
- Erwägungsgrund 39: Grundsätze der Datenverarbeitung
- Erwägungsgrund 44: Vertragserfüllung oder -abschluss
- Erwägungsgrund 47: Überwiegende berechtigte Interessen
- Erwägungsgrund 156: Verarbeitung für Archivzwecke und zu wissenschaftlichen oder historischen Forschungszwecken
- Erwägungsgrund 159: Verarbeitung zu wissenschaftlichen Forschungszwecken

Im Rahmen des PtJ Workshops „Rechtsgutachten Gebäudemonitoring“ wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die Anfertigung einer Einwilligungserklärung nach Art. 6 Abs. 1 a) DS-GVO mit einigen juristischen Stolpersteinen verbunden ist. Wenn die Daten für rein wissenschaftliche Zwecke erhoben werden und diese nur im wissenschaftlichen Kontext weiterverwendet werden wurde dazu geraten, sich stattdessen auf den in Art. 6 Abs. 1 f) genannten Erlaubnistatbestand (berechtigtes Interesse) zu berufen. Als Formulierung für einen Zweck wurde das Beispiel „Zum Zwecke der Forschung bezüglich dem effizienten Einsatz von Energie und Einsparmöglichkeiten“ genannt.

Die DS-GVO unterscheidet zwischen den Rollen des „Verantwortlichen“, des „Betroffenen“ und des „Auftragsverarbeiters“. Verantwortlich ist derjenige (in der Regel eine Organisation / juristische Person), der den Verarbeitungszweck festlegt und für die Einhaltung der DS-GVO Sorge tragen muss. Der gewählte Verarbeitungszweck muss dokumentiert und gemeinsam mit weiteren der Mitteilungspflicht unterliegenden Informationen in Form einer Datenschutzerklärung den betroffenen Personen zugänglich gemacht werden (Siehe Art. 12 DS-GVO). Als betroffene Personen werden jene bezeichnet über die die personenbezogenen Daten erhoben werden.

Es kann auch mehrere Verantwortliche geben (z.B. die Partner des Konsortiums), allerdings muss dann in einer Vereinbarung festgehalten werden, wer welcher Verpflichtung nachzukommen hat (Art. 26 DS-GVO).

Ein Auftragsverarbeiter verarbeitet Daten auf Anweisung des Verantwortlichen. Das kann beispielsweise ein Cloud-Anbieter sein, auf dessen Webspace die personenbezogenen Daten gespeichert werden. Mit jedem Auftragsverarbeiter muss ein Auftragsdatenverarbeitungsvertrag geschlossen werden, in dem geregelt ist, dass dieser seinen datenschutzrechtlichen Pflichten nachkommt.

5 Anwendungsfälle Smart Home in Kombination mit der Quartiersplattform

Die im Rahmen des Arbeitspakets 2.1.1 bereitgestellte digitale Quartiersplattform kann genutzt werden, um Dienste im Rahmen von Smart Home bereitzustellen. Dazu wird es, je nach Nutzungsart, auch Schnittstellen geben.

Durch das Verbinden von mehreren im Quartier verfügbaren Diensten bietet die Lösung einen Mehrwert, z.B. in Form einer verbesserten Usability (in diesem Fall unter anderem durch einen einheitlichen Login/ Account) oder um den Nutzenden besser unterstützen zu können.

5.1 Grundlage: Die digitale Quartiersplattform

Die digitale Quartiersplattform ermöglicht die einfache Bereitstellung und Integration unterschiedlicher Dienste und Lösungen sowohl für projektinterne Partner als auch mit dem Ziel dies für externe Entwickler anzubieten. Dienste bieten maschinell verarbeitete Schnittstellen (APIs) an und sind dazu gedacht von anderen Diensten und Lösungen genutzt zu werden, während Lösungen sich an Personen richten und ein User Interface bieten.

Die digitale Quartiersplattform selbst besteht aus dem Kernsystem und mehreren Basisdiensten und -lösungen. Diese Basisdienste sind im Allgemeinen domänenagnostisch und können durch domänenspezifische Dienste und Lösungen genutzt werden, welche im Allgemeinen durch Dritte, das heißt projektinterne Partner als auch für externe Entwickler, entwickelt und bereitgestellt werden. Diese Zusammenhänge sind in Abb. 3 visualisiert.

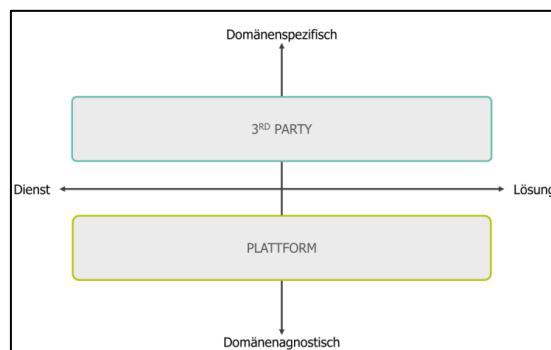


Abb. 3: Abgrenzung zwischen Drittanbieter-Diensten, Lösungen und Plattform-Diensten: Basis-Dienste sind domänenagnostisch und können durch domänenspezifische Dienste genutzt werden. Dienste können von anderen Diensten und Lösungen konsumiert werden, während sich Lösungen an Personen richten.

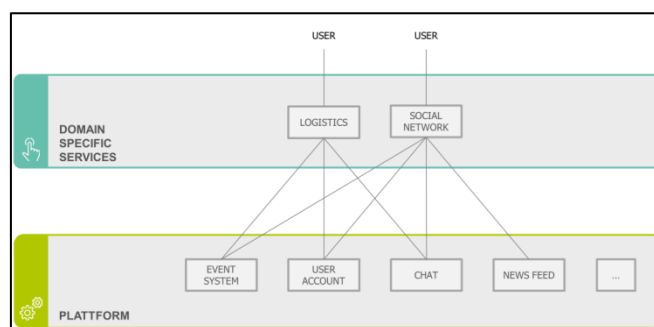


Abb. 4: Beispielhafte Abhängigkeiten zwischen domänenspezifischen Lösungen und Basisdiensten der Plattform für die Beispiele Logistic und Social Network.

Beispielsweise kann es auf der Plattform eine Logistik-App und eine Social-Network-App geben, welche beide unabhängig voneinander existieren und die Basis-Dienste und -Lösungen der Plattform nutzen, wie zum Beispiel das Event-System, den Userlogin und die Nutzendenverwaltung, etc. (vgl. Abb. 4).

Domänenspezifische Lösungen und Dienste können aber auch untereinander Abhängigkeiten aufweisen, wie in Abb. 5 angedeutet.

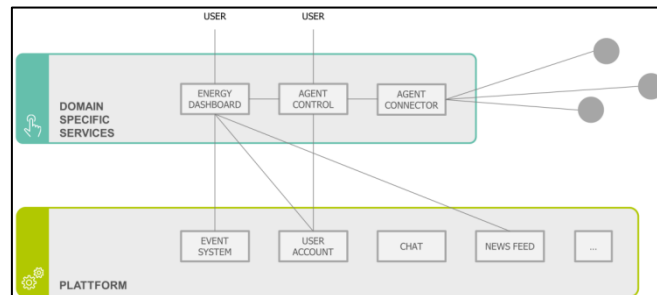


Abb. 5: Beispielhafte Abhängigkeiten zwischen domänenspezifischen Lösungen und Basisdiensten der Plattform mit Abhängigkeiten in den domänenspezifischen Services

Eine erwähnenswerte Basisfunktionalität der digitalen Quartiersplattform ist die Datennutzungskontrolle. Sichere Datenspeicherung und die Kontrolle darüber, wer Zugriff auf die Daten hat, ist eine zentrale Anforderung, insbesondere bezüglich sensibler Informationen aus dem Bereich Verbrauchsdaten, wie zum Beispiel der zeitaufgelöste Energieverbrauch eines Nutzenden.

Datennutzungskontrolle geht über die Zugriffskontrolle hinaus. So können Nutzende nicht nur entscheiden, welche externen Dritten ggf. Zugriff auf seine persönlichen Daten haben, sondern darüber hinaus genau einschränken, wozu die Daten benutzt werden dürfen. Die Datennutzungskontrolle kann durch die Integration der Technologie „**MyData Control Technologies**“ realisiert werden.

Darüber hinaus ist die digitale Quartiersplattform eine offene Plattform. Das heißt, alle Anbieter können ihre Dienste und Lösungen bereitstellen.

Die digitale Quartiersplattform ist als sogenannte Cloud-Lösung konzipiert, das heißt, die Plattform selbst und darauf laufende Dienste, werden auf einer verteilten Infrastruktur aus Cloud-Diensten betrieben.

Für weitere Details zur digitalen Quartiersplattform sei an dieser Stelle auf das im Arbeitspaket 1.1.4 erarbeitete Dokument „IKT Konzept 2029“ verwiesen.

Im Folgenden werden in Abschnitt 5.2 zuerst unterschiedliche allgemeine Arten der Integration diskutiert, anschließend werden in Abschnitt 5.3 mögliche konkrete Anwendungsfälle vorgestellt.

5.2 Integrationsarten

Es gibt mehrere mögliche Arten der Integration von Diensten und Lösungen auf der Quartiersplattform und Smart Home Systemen:

1. Integration von Lösungen und Diensten der Quartiersplattform ins Smart Home durch Nutzung der verfügbaren Schnittstellen zum Nutzenden.
2. Integration der Smart Home Sensoren in Lösungen und Dienste der Quartiersplattform
3. Integration der Smart Home Aktoren in Lösungen und Dienste der Quartiersplattform

Diese Integrationen können einzeln erfolgen oder in Kombination erfolgen, um Mehrwertdienste zu ermöglichen.

Im Folgenden werden die Integrationsarten und ihre Vorteile detaillierter erläutert.

5.2.1 User Interface zu Lösungen und Diensten der Quartiersplattform

Ein grundlegender Anwendungsfall von Smart Home Technologie könnte sein, Schnittstellen von Personen zu Lösungen und Diensten der Quartiersplattform bereitzustellen.

Schnittstellen, die von Personen genutzt werden können, um mit Aktoren und Sensoren in ihrer Wohnung zu interagieren, werden als „Smart Home Komponenten“ bzw. als Teil des Smart Home Systems angesehen. Diese Schnittstellen sind häufig lokal und mehr oder weniger fest in Wohnung installiert. Beispiele sind programmierbare Schalter, Wandmonitore mit Touch-Funktionalität, und mit steigender Verbreitung und Bedeutung Sprachsteuerungssysteme, auch Smart Speaker genannt, wie z. B. Amazons Echo, Google Home und Apple HomePod, sowie Kombinationen von Smart Speaker und Touchbildschirm. Hersteller von Smart Home Komponenten und Systemen stellen vermehrt Funktionen bereit, die die Integration von Smart Home Komponenten und Smart Speakern ermöglicht. So können zum Beispiel Lichter per Sprachbefehl an- und ausgeschaltet werden.

Lösungen und Dienste der Plattform sollten, wo sinnvoll, durch diese Schnittstellen bedienbar sein. Zum Beispiel könnten Carsharing-Autos per Sprachkommunikation mit einem Smart Speaker gebucht werden. Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall ist das direkte Feedback der Nutzenden zu selbstständig gefällten Entscheidungen von Diensten und Lösungen auf der Quartiersplattform.

5.2.2 Integration der Sensoren in Lösungen und Dienste der Quartiersplattform

Damit Smart Home-Anwendungen wirklich „smart“ agieren können, benötigen sie im Allgemeinen eine Menge Informationen und Daten, die sie interpretieren und daraufhin eigenständig reagieren können. Ein wesentlicher Teil dieser Daten und Informationen sollte nicht manuell von Nutzenden eingegeben werden müssen, sondern automatisiert erhoben werden. Die Installation und das kontinuierliche Auslesen aller Art Sensoren als Teil eines Smart Home Systems ist damit eine Grundvoraussetzung für smarte Dienste dieser Art. Die Daten und Informationen müssen darüber hinaus den entsprechenden Diensten und Lösungen in standardisierter Form bereitgestellt werden. Anschließend werden die Informationen mit weiteren Kontext-Informationen fusioniert, um intelligente Entscheidungen treffen zu können.

Dienste und Lösungen auf der Quartiersplattform sollten nicht jeden einzelnen Sensor selbst auslesen müssen. Vielmehr könnte das Smart Home System als Gateway und Aggregator dienen, der die Sensorwerte gegenüber autorisierten Diensten und Lösungen bereitstellt.

5.2.3 Integration der Aktoren in Lösungen und Dienste der Quartiersplattform

Dienste und Lösungen auf der Quartiersplattform können durch Fusionierung unterschiedlicher Kontextinformationen intelligente Entscheidungen treffen. Diese Entscheidungen könnten und sollten sich auch auf alle möglichen Aktoren des Smart Home Systems der Nutzenden beziehen. Zum Beispiel könnten Dienste und Lösungen auf der Plattform die Heizung oder Rollläden unter Berücksichtigung weiterer Kontextinformationen besser steuern, als ein isoliertes Heizungssystem.

Aktoren müssen nicht unbedingt direkt von Diensten und Lösungen auf der Quartiersplattform gesteuert werden. Vielmehr steuern bzw. parametrisieren diese Dienste und Lösungen das Smart Home System als Gateway. Dabei steht zwischen den einzelnen Heizungsventilen und dem Dienst auf der Plattform das Smart Home System, welches vom Dienst parametrisiert die Heizungsventile steuert.

5.3 Beispielhafte Anwendungsfälle

Im Folgenden werden mögliche Anwendungsfälle von Smart Home in Kombination mit der Quartiersplattform erläutert. Im Fokus steht ein Mehrwert für die nutzenden Personen. Prinzipiell lassen sich in der Zukunft auch Anwendungsfälle finden, in denen andere Zielgruppen oder

Stakeholder von der Integration mehrerer Dienste profitieren. Eine Auswahl und Detaillierung der Anwendungsfälle wird im weiteren Projektverlauf durchgeführt.

5.3.1 Präsenzabhängige Dienstleistungen

Viele Dinge im Haushalt sollen je nach Anwendungsfall am besten passieren, wenn die Bewohner nicht zu Hause sind. Andere sollten nur passieren, wenn jemand zu Hause ist.

Ein Beispiel ist der Staubsauger-Roboter, welcher eigenständig die Wohnung reinigt. Der Staubsauger verursacht Lärm über einen längeren Zeitraum, der anwesende Personen stört. Deshalb sollte der Staubsauger möglichst dann aktiv arbeiten, wenn niemand zu Hause ist.

Ein weiteres Beispiel ist die Heizungssteuerung: Ist niemand zu Hause, kann im Winter weniger geheizt werden und dadurch Kosten gespart werden.

Durch Präsenz von personenbezogenen Gegenständen, wie z.B. Smartphones oder SmartWatches im Heimnetzwerk, aber auch durch Sensoren wie Geräusch- und Bewegungsmelder, lässt sich durch eine intelligente Interpretation aller Informationen, feststellen, ob jemand und wer genau zu Hause ist. Durch die Anbindung des Smartphones oder der Smartwatch der Person lässt sich des Weiteren feststellen, wo die Person stattdessen ist und wann die Person voraussichtlich nach Hause kommt.

Der vorhersehende Charakter ist wichtig für das Beispiel mit der Heizungssteuerung: die Soll-Temperatur muss eine gewisse Zeit ihrer Erreichung eingestellt werden, damit die Wohnung warm ist, wenn der Bewohner wieder nach Hause kommt. Vorhersagen treffen kann ein solcher Dienst nur dann, wenn er Informationen unterschiedlicher Dienste und Bereiche abonniert und fusioniert, z.B. Termine aus dem Kalender der Person, derzeitiger GPS-Standort der Person.

Während eine präsenzabhängige Heizungssteuerung im Projekt implementiert werden soll, sind sonstige Dienste ohne direkten Energiesparbezug, wie ein Staubsaugroboter, vom Nutzenden integrierbar, werden aber nicht im Projekt angeschafft.

Zusammenfassung der Beispiele für präsenzabhängige Dienstleistungen:

- Staubsauger-Roboter (Integration möglich aber ohne Beschaffung)
- Heizungssteuerung (ggf. in Kombination mit Rollladensteuerung)

5.3.2 Automatische Car-Sharing-Buchung mit Rückversicherung

Mit Informationen aus dem digitalen Kalender einer Person könnte ein Dienst automatisch ein Carsharing-Auto buchen, z.B. für Termine in einer gewissen Entfernung oder wenn der Ort des Termins nicht gut mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar ist. Rechtzeitig vor Abfahrt könnten Smart-Home-Komponenten die Notwendigkeit der Buchung sicherstellen, indem sie nachfragen, ob es bei der Buchung bleibt. Anschließend könnten dieselben Smart Home Komponenten den Bewohner kurzfristig daran erinnern, dass er aufbrechen muss.

Diese mit dem Bewohner interagierenden Smart Home Komponenten könnten in alle möglichen Einrichtungsgegenstände oder auch Wände integrierte Touchscreens sein oder Smart Speaker, die sich der Anwesenheit einer Person im Raum bewusst sind. Wichtig ist, dass die Komponenten die Aufmerksamkeit des Bewohners auf sich ziehen können, damit ggf. ein direktes Feedback möglich ist, ob die eigenständige intelligente Entscheidung vom Nutzenden als gut oder schlecht empfunden wird.

In diesem Beispiel bildet das Smart Home System das Interface zu weiteren Diensten der IKT Plattform. Die eigentliche Funktionalität ist nicht mehr Teil des Smart Home, die Schnittstelle zum Menschen schon.

5.3.3 Ladeprozess Elektroauto

Denkbar ist auch eine Vernetzung mit Ladesäulen oder Elektroautos im agentenbasierten Energiemanagementsystem. Basierend auf geplanten Abfahrzeiten (entweder manuelle Eingabe oder

durch Abrufen eines Kalenders, in dem Termine vermerkt sind) kann der Ladeprozess nach gewissen Optimierungsparametern gesteuert werden, was z.B. eine möglichst schnelle oder möglichst kostengünstige Aufladung bedeuten kann. Hier ist eine Steuerung, mindestens aber eine Anzeige über den aktuellen Ladezustand aus dem Smart Home System denkbar. Die Optimierung des Ladevorgangs erfolgt dann, basierend auf den aktuellen Parametern der Nutzenden und dem allgemeinen Flexibilitätsprofil (vgl. 6.3), im Ladesäulenagenten.

5.3.4 Schnittstelle ins Agentensystem

Der im vorigen Abschnitt erwähnte Ladeprozess des Elektroautos stellt bereits einen kombinierten Anwendungsfall aus Smart Home, IKT App und agentenbasiertem Energiemanagement dar. Generell ist eine Anbindung an das Agentensystem denkbar. Es könnten Energiedaten angezeigt und ggf. Profile definiert werden.

5.3.5 Heim-Klimatisierung unter Berücksichtigung der Wettervorhersage

Herkömmliche Klima- oder Heizungsanlagen versuchen kontinuierlich den momentanen Soll-Wert zu erreichen. Ist es zu kühl, wird geheizt, ist es zu warm, wird gekühlt. Dabei wird häufig auch schon die momentane Außentemperatur berücksichtigt. Der Soll-Wert kann vom Nutzenden meist zeitlich programmiert werden. Zum Beispiel kann die Soll-Temperatur nachts gesenkt werden und wird dann automatisch zu einer bestimmten Uhrzeit hochgesetzt. Gebräuchliche Heizungssteuerungen können auch schon früher anfangen, an der Erreichung der Soll-Temperatur zu arbeiten, sodass die Soll-Temperatur zur einprogrammierten Uhrzeit bereits erreicht ist. Dabei sind solche Heizungssteuerungen rudimentär selbst-lernend und lernen über einige Tage hinweg, ob sie zu früh oder zu spät angefangen haben, zu heizen.

Ein weiterer nächster Schritt könnte sein, durch das vernetzte Smart Home Wettervorhersagen zu berücksichtigen. Hierdurch lässt sich der Komfort weiter erhöhen und gleichzeitig der Energieverbrauch senken.

Insbesondere im Frühjahr und im Herbst sinkt die Außentemperatur nachts ab und kann morgen durch die Sonne rapide ansteigen. Ist diese Tatsache dem Heizungssystem nicht bekannt, heizt es morgens kräftig hoch und die Temperatur steigt durch die Sonneneinstrahlung und den Anstieg der Außentemperatur über die Soll-Temperatur hinaus. Das kostet unnötig Energie und Komfort. Durch Berücksichtigung der Wettervorhersage könnte das Heizungssystem die Situation vorhersehen.

5.3.6 Persönlicher Energiesparberater

Im Rahmen des IKT Konzepts wurde ein App-Prototyp entwickelt, welcher einem Nutzenden Hinweise zum Energiesparen gibt. Es handelt sich dabei um einen persönlichen Assistenten, der aktuell visuell in Form eines Fisches umgesetzt ist. Dieser Fisch dient als persönlicher Avatar und gibt den Nutzenden, ggf. basierend auf deren Flexibilitätsprofilen (vgl. 6.3), Hinweise, wo Energie gespart werden kann. Tipps kommen dabei aus der Pfaff-Community.

Ein solcher Avatar ist aktuell als App umgesetzt und kann somit auf einem Smartphone genutzt werden. Prinzipiell kann dieser Avatar aber auch auf einem Smart Home Gerät angezeigt werden und somit eine weitere Möglichkeit der Interaktion bieten.

6 Sozioökonomische Forschungsaspekte

Der wichtigste Baustein im Smart Home System ist der Mensch. Ohne die Akzeptanz der Nutzenden kann kein Smart Home System betrieben werden und auch eine aktive Nutzung des Smart Home Systems ist maßgeblich für eine erfolgreiche Reduktion des Energiebedarfs. Nur wenn Empfehlungen aus dem Smart Home System vom Menschen aufgegriffen werden und im Gegenzug die Person ihre Wünsche und Bedarfe dem Smart Home mitteilt, kann das System alle Vorteile ausspielen. Daher liegt ein wichtiger Bestandteil des Arbeitspakets Smart Home darin:

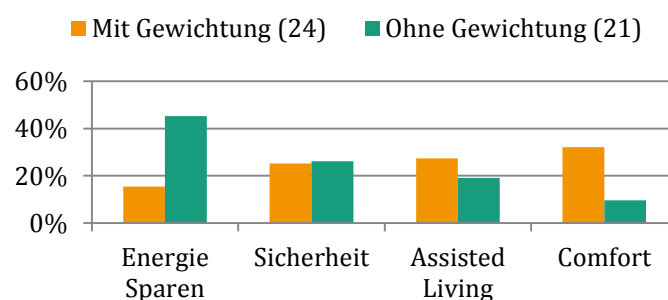
1. Die Wünsche der Nutzenden im Vorfeld abzufragen auszuwerten und in die Planung mit ein zu beziehen.
2. Den Nutzenden optimal in das System zu integrieren und dessen Nutzungsinteresse und Flexibilitätstyp abzustimmen.
3. Während der Laufzeit des Smart Home Systems die Nutzung auszuwerten und die Nutzenden zu befragen wie diese mit dem System zurechtkommen

6.1 Befragung der Nutzenden

6.1.1 Befragung am Tag der offenen Tür

Am 23.06.2019 fand ein Tag der offenen Tür auf dem Pfaff Gelände statt im Zuge dessen potentielle Bewohner des Quartiers über die Themen Smart Home und Energiemanagementsysteme im Bereich Mieterstrom in Form eines Posters informiert wurden. Zusätzlich wurde eine Befragung durchgeführt an der 45 Personen teilgenommen haben. Ziel der Befragung war es das Interesse am Smart Home in Kaiserslautern zu erfragen und Ideen zu Sammeln welchen Themen in der Entwicklung besonderer Wert beigemessen werden sollte. Einige Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt:

1. 88% ist der Begriff Smart Home bekannt und immerhin 11% dieser Leute besitzen bereits Smart Home Geräte
2. Auf die Frage: „Folgende Smart Home Anwendungen sind für mich interessant“ wurde je nachdem wie geantwortet wurde unterschiedlich priorisiert.
 - Personen die alle vier Antwortmöglichkeiten in eine Reihenfolge gebracht haben finden „Komfort“ (32% der Punkte) doppelt so viel wichtig wie „Energie sparen“ als schlechteste Option (15% der Punkte)
 - Personen die nur eine oder mehrere für sie wichtige Optionen angekreuzt haben priorisieren genau andersherum.
 - These: Wenn sich entschieden werden muss wollen die Leute vor allem Energie sparen, wenn Energiesparen sowieso erreicht wird, dann steht der Komfort im Vordergrund



1. In Bezug auf der Ort der Nutzung von Smart Home antworteten 80% der Personen, dass sie Smart Home nicht nutzen, während 13% Smart Home zu Hause nutzen und 7% im Betrieb
2. 93% der Personen könnten sich Smart Home zumindest bedingt vorstellen aber 42% dieser Befragten sehen dies eher skeptisch und benötigen konkrete Anwendungen.
3. Die meisten Befragten (77%) bevorzugen einzelne Anwendung gegenüber einem Komplettsystem
4. 2/3 der Nutzenden überlassen die Wartung des Smart Home eher einem Fachmann während 1/3 dies eher selbst tun würden.
5. Wenn sich die Befragten zwischen Klimaschutz und Kosteneinsparungen entscheiden müssten würde 1/3 sich für Klimaschutz entscheiden 1/3 für Kosteneinsparungen und 1/3 kreuzte entgegen der Instruktionen beides an. Dies deckt sich mit einer weiteren Frage laut der 80% der Befragten Smart Home Nutzen würden um Energie und Betriebskosten zu sparen
6. Über der Hälfte der Befragten fällt es leicht neue Technologien anzuwenden. Nur jeder Zehnte ist schnell überfordert.
7. Auf die beiden gegensätzlichen Fragen "Ich sehe Smart Home Technologien als Herausforderung, weil..." und "Ich finde Smart Home Technologien sinnvoll, weil..." antworteten die Befragten wie folgt:

Sie anfälliger sind für technische Defekte / Es die Zuverlässigkeit meiner elektrischen Geräte erhöht

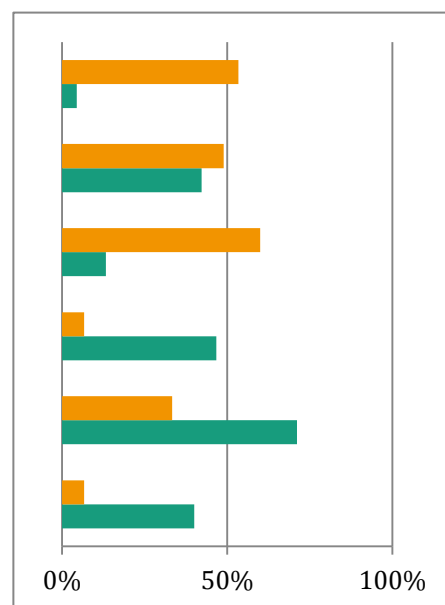
Sie meine Geräte für Hacker zugänglich machen / Ich meine Geräte aus der Ferne steuern kann

Ich Angst vor dem Missbrauch meiner Daten habe / Ich meine Daten jederzeit einsehen kann

Sie für mich keinen Zweck erfüllen / Sie mir neue Möglichkeiten bietet

Sie mir zu teuer sind / Sie mir Betriebskosten aktiv einsparen

Ihre Bedienbarkeit zu kompliziert ist / Sie die Bedienung meiner Geräte erleichtert



Da die Stichprobe der Befragung zu klein ist um repräsentativ zu sein sind die Ergebnisse mit Vorsicht zu verwenden. Dennoch lassen sich Tendenzen ablesen. Für die Planung des Smart Home Systems wurden die Folgenden Schlüsse gefasst.

- Primärziel des Smart Home sollte es sein, **Betriebskosten zu senken und Energie zu sparen** (Befragung Punkte 7,9). Dies deckt sich auch mit der im Arbeitspaket vereinbarten Zielstellung (vgl. Abschnitt 2.2)
- Auch der **Komfort Gewinn** ist vielen Befragten sehr wichtig und sollte daher stärker in den Fokus genommen werden (Befragung Punkt 2).
- **Smart Home am Arbeitsplatz** können sich zwar viele vorstellen, an konkreten arbeitsspezifischen Inhalten mangelt es aber noch (Befragung Punkt 4). Hier muss, sobald absehbar ist welche GHD- Einheiten in den Pilotgebäuden einziehen werden, im Einzelnen zusammen mit den Beteiligten nach Anwendungen gesucht werden.

Die größten **Sorgen der Befragten** waren **Datenmissbrauch, Hackerangriffe** und die **Ausfallsicherheit** (Befragung Punkt 9). Diese Punkte werden bei der Umsetzung adressiert, zusätzlich sollte den Bedenken der potenziellen Nutzenden aber durch Transparenz und aktive Kommunikation begegnet werden.

6.1.2 Befragung von Gründerinnen und Gründern

Im Rahmen der Sozioökonomischen Begleitforschung Reallabor Pfaff (AP 2.4.1) wurden innerhalb einer Stichprobe von 16 Personen die eine Unternehmungsgründung durchgeführt haben, qualitative leitfadengestützte Face-to-Face-Interviews durchgeführt. Das Alter der Personen lag zwischen 29 und 50 Jahren. Die Unternehmenssitze der Befragten waren in der Stadt Kaiserslautern oder innerhalb des näheren Umfelds Kaiserslautern verteilt. Damit sollte sichergestellt werden, dass sich die Befragten mit der Stadt Kaiserslautern identifizieren können oder sie sich im besten Fall als kultureller Bestandteil der Kaiserslauterner Gründerszene begreifen.

Die Branchenzugehörigkeit der Teilnehmer war gemischt. Die Unternehmenden befanden sich in unterschiedlichen Phasen ihrer Unternehmensentwicklung und Geschäftsform und wurden in die Kategorien Freelancer, Start-ups und etablierte Unternehmen eingeteilt. Die Wahl einer qualitativen Methode wurde gewählt, um ein tief greifendes Verständnis der Anforderungen und Bedürfnisse der Gründer und Gründerinnen zu erlangen. Die Bedeutung des Wissens der Befragten ergibt sich aus der Tatsache, dass es sich dabei um Experten in ihrem Bereich handelt. Die Fragenführung war dabei aus einer Mischung aus Spielraum für Narration und standardisiertem Leitfaden angelegt. Somit sollte den Befragten zum einen die Möglichkeit für die Freiheit eigener Ausführungen und damit tiefere Einblicke in deren Alltag gegeben werden. Zum anderen lag das Interesse an einer möglichen Vergleichbarkeit der Interviews miteinander. Die Umfragen wurden während der Sitzungen aufgenommen. Die dabei gewonnenen Audiodateien wurden anschließend transkribiert und nach unterschiedlichen Kategorien ausgewertet.

Ein Fokus der Auswertung lag auf der Wahrnehmung von Smart Home Systemen und Energieeffizienz.

6.1.2.1 Ergebnisse

Grundsätzlich ist allen Gründerinnen und Gründern das Thema Smart Home bekannt, wobei es insgesamt eher positiv und seltener negativ wahrgenommen wird. Problematisch erscheint, dass es mit der Ausnahme einiger Fachkräfte aus den Bereichen IT oder Maschinenbau, nur selten ein klares Verständnis von Smart Home existiert. Vor allem im Unternehmen gilt die Verwendung von Smart Home als eher unkonventionell aber durchaus vorstellbar.

Besonders bekannte Smart Home Anwendungen sind, wie in Abb. 6 zusammengefasst, Sprachassistenten wie Alexa oder Google Assistent, smarte Heizungstechnik und smarte Beleuchtung. Danach folgen Anwendungen zur Steigerung der (Team-)Produktivität, die definitorisch nicht in die Kategorie Smart Home Anwendung passt, jedoch von den Gründern und Gründerinnen durchaus als Smart Home Komponente im unternehmerischen Bereich wahrgenommen wird. Als beispielhaft gilt hier die Plattform Trello, die als Plattform zur Wissensvermittlung zwischen Unternehmern dient. Auf Rang vier stehen Anwendungen, die zur Verschattung oder Verdunklung der Gebäudefenster dienen und sich definitorisch eher im Bereich Gebäudetechnik befinden. An sechster Stelle wurden Anwendungen wie Musikstreaming, die zur Unterhaltung oder Konzentration genutzt werden gewertet sowie weitere Gebäudehaustechnik im Bereich Kühlung. Anschließend folgten diverse Einzelnennungen.

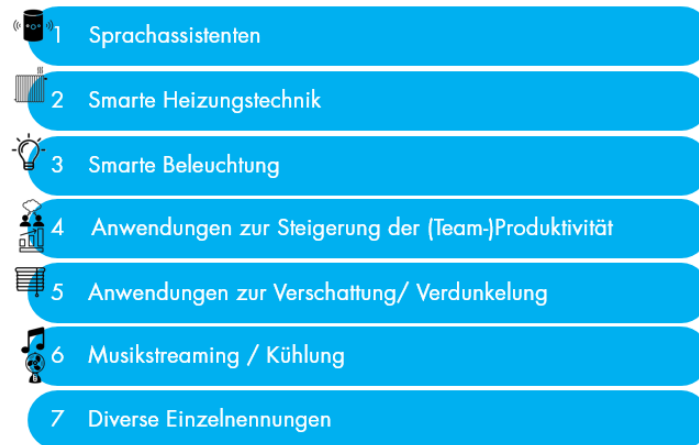


Abb. 6: Zeigt bei Personen die ein Unternehmen gegründet haben bekannte Smart Home Anwendungen in der Übersicht.

Grundsätzlich besteht bei den Befragten größtenteils ein Interesse zu an Smart Home Anwendungen, wenn auch teilweise eher im privaten Bereich. Teilweise werden Smart Home Anwendungen sogar schon im Unternehmen eingesetzt, jedoch hauptsächlich zu Forschungs- und Testzwecken. Selten sind sie bereits rudimentäre Elemente im Unternehmensalltag. Gelegentlich wird von einer privaten Verwendung berichtet. Smart Anwendungen wurden zudem häufig mit dem Hintergrund der Anwendenden und mit Berücksichtigung der Bedürfnisse anderer Personen betrachtet. Neben den Befragten selbst traten hier die Wünsche von Kunden, Mitarbeitenden und Familienmitgliedern in den Vordergrund. So besitzen vor allem im Unternehmen die Bedürfnisse der Kunden und Mitarbeitenden im Antrieb von Smart Home Technologien eine besondere Hebelkraft.

Weiterhin wurden mögliche Motive für die Nutzung von Smart Home Anwendungen im Unternehmen auf ihre Wichtigkeit überprüft und thematisch ähnlichen Kategorien zugeordnet. Die Motive werden durch die Abb. 7 illustriert.



Abb. 7: Motive von der Befragten zum Thema Smart Home nach Wichtigkeit (Kreisgröße) und Kategorie (Kreisfarbe).

Blaue Kreise bilden Motivationen die sich an der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Smart Home ausrichten. So ist Energieeffizienz beispielsweise ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit der Einsparung von Kosten. Genauso kann Wissen ein besonderer Vorteil gegenüber anderen Unternehmen sein, um sich auf dem Markt durchzusetzen. Gelbe Kreise hängen direkt mit der Möglichkeit von Beeinflussung zusammen. So wurde beispielsweise Smart Home Anwendungen eine hohe Bedeutung beigemessen, die aufgrund einer direkten Bedienmöglichkeit eine Kontrolle über das Geschehen und die Verbräuche im Unternehmen zulassen. Rote Kategorien stehen für den direkten

Einsatz im Arbeitsalltag. Smart Home Anwendungen werden beispielsweise dazu eingesetzt gezielt produktiver zu arbeiten. Grüne Kategorien hängen mit der Innen-Außenwahrnehmung des Unternehmens zusammen, wobei es immer auch um soziale Unterschiede geht. Ein Beispiel, dass sich hieraus ergibt, ist die Betreuung von Forschung mit Smart Home Anwendungen zur Befriedigung der Kundenbedürfnisse, die für das Unternehmen prinzipiell als wichtiger artikuliert wurden als die Bedürfnisse der Mitarbeitenden. Pinke Kreise unterscheiden Motive bei denen es im Grunde um kulturelle Bedürfnisse geht. So ist Basteln beispielsweise eine in der technisch orientierten Gründerszene Kaiserslauterns oftmals als gemeinsames Hobby verankert.

Letztendlich bestand die Frage, inwieweit Smart Home Anwendungen in der Wahrnehmung der Gründer und Gründerinnen einen Nutzen und damit einen Anschaffungsgrund darstellen. Den größten Nutzen sehen die Befragten in dem Bereich Energie- und Kosteneinsparungen. Wobei dieser Zusammenhang und der faktische Beweis selbst bei sachkundigen Personen noch polarisierend bewertet wurde. So besteht teils Sicherheit über die Effizienz von Smart Home im Bereich Energie, andererseits wird diese teilweise angezweifelt, da auch Faktoren wie das Verhalten der Nutzenden und Gebäudebeschaffenheit davon abhängig sind. Großes Potenziale liegen in der Nutzung von Smart Home Anwendungen für die Produktivität von Unternehmen, worin ein weiterer möglicher Nutzen gesehen wird. Zuletzt liegt der Nutzen im Bereich individueller Kontrolle.

Es zeigt sich, dass im Zusammenhang mit dem Thema Smart Home bei den Befragten viele Problem auftauchen. Dazu gehören, Vertrauensprobleme über die Sicherheit von Daten gegenüber den Anwendungen, vor allem im Bezug auf Sprachassistenten. Es fehlt ein klarer gesellschaftlicher und Wissenschaftlicher Konsens über die direkten Einsparungen bei der Verwendung von Smart Home im Energiebereich, in der Wahrnehmung der Nutzenden. Smart Home wird häufig als Unterhaltungsmedium wahrgenommen und als weniger zum Unternehmenskontext passend. Es fehlen zumeist noch innovative Anwendungsfelder für Smart Home, weshalb es bisher nur als „Nice-to-Have“ erlebt wird. Es existieren Fragen hinsichtlich der angemessenen Wartung und Programmierung der Anwendungen, die unter anderem im Bereich Gebäudetechnik beobachtet werden. Beispielsweise gilt als einheitliches Erlebnis das ineffiziente hoch- und herunterfahren von Gebäudejalousien.

6.1.2.2 Fazit

Das Thema Energieeffizienz hat im Zusammenhang mit Smart Home eine große Bedeutung, da ein Großteil der bekannten Technologien aus den Bereichen Heizung und Beleuchtung stammen. Gründerinnen und Gründer sind an Energieeinsparungen hauptsächlich aufgrund möglicher Kosteneinsparungen und der individuellen Steuerbarkeit und Kontrollmöglichkeit interessiert. Ökologische Vorteile sind Unternehmen und vor allem jungen Start-ups zunächst unwichtig und stellen vielmehr eine angenehme Zusatzerscheinung dar.

Unternehmen und Start-ups würden eher zusätzliche Energie aufwenden, um dadurch die Produktivität zu erhöhen und den Nutzen zu maximieren. Während die Potenziale der Energieeffizienz von Smart Home bereits erkannt sind, steht deren faktischer Beweis noch aus, oder er wird noch nicht bei allen als allgemeingültig anerkannt. Diese werden zudem oftmals mit dem Verhalten der Nutzenden und den Dämmeigenschaften des Gebäudes in Verbindung gebracht.

Zuletzt ist darauf hinzuweisen, dass das Thema Smart Home hier nur am Rande besprochen wurde und dass die Zielgruppe sehr spitz zugeschnitten war. Weitere, ausführlichere und spezialisierte Erhebungen und auch quantitative Studien sind daher in Zukunft notwendig um diese explorativen Ergebnisse zu stützen.

6.2 Optimale Integration der Nutzenden ins System

6.2.1 Einführung der Nutzenden

Auf dem zweiten Vernetzungstreffen der Leuchtturmprojekte wurde sich unter anderem über Erfahrungen zum Thema Smart Home ausgetauscht. Ein Diskussionspunkt bestand in der Nutzungsfreundlichkeit des Systems und darin wie der initiale Einstieg der Nutzenden geschehen kann. Im Zuge dieser Diskussion wurde auf ein Smart Home Projekt der TH Köln verwiesen. Auf der Homepage heißt es: „Die Nutzer wünschen sich ein einfacher und intuitiv zu nutzendes Smart Home, das sie ohne technische Vorkenntnisse auf ihre eigenen Bedürfnisse für Energieeinsparung, Komfort und mehr einstellen können. [...] Wenn eine Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit gelingt, könnte ein Großteil der Haushalte ihre Energiekosten deutlich senken“²

Ein einfacher intuitiver Zugang zum Smart Home System ist zentraler Punkt um den Nutzen des Systems zu gewährleisten. Das Smart Home System mit vielen tollen Funktionen zu verbauen, ohne dass erklärt wird was damit getan werden kann und welchen Mehrwert das System generiert bringt wenig. Im Folgenden werden einige Maßnahmen aufgezeigt, die es dem Nutzenden einfacher machen sich in der Smart Home Welt zurecht zu finden.

6.2.2 Infobroschüre & Informationsseite

Beim Einzug eines Mieters in eine neue Wohnung, die bereits mit einem Smart Home System ausgestattet wurde, könnte der Vermieter eine Infobroschüre zu den Mietunterlagen dazu geben. In dieser wird kurz die Motivation des Smart Home Systems und des Pfaff Projekts aufgezeigt und die wichtigsten voreingestellten Funktionen erklärt. Wichtig ist hierbei, dass der neue Mieter nicht von dem System erschlagen wird, sondern einen überschaubaren Einstiegspunkt erhält.

6.2.3 Regelmäßige Push Nachrichten mit Funktionsempfehlungen

Hat der Nutzende den Einstieg in das System erstmal geschafft, können nach und nach neue Funktionen vorgestellt werden. Hier könnte auf dem zentralen Infomonitor und Interface zur IKT Landschaft, im Wochenrhythmus jeweils eine neue Funktion vorgestellt werden. Der Bewohner kann dann selbst entscheiden ob er, direkt oder zu einem späteren Zeitpunkt, weitere Informationen dazu erhalten möchte, oder ob er den Tipp ignoriert. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass der Nutzende nicht mit Empfehlungen überhäuft wird, so dass der Effekt nicht ins negative umkippt.

6.2.4 Ausführliche Systembeschreibung

Für besonders aktive Nutzende, die gerne den vollen Umfang des Smart Home ausprobieren und eventuell auch eigene neue Smart Home Komponenten installieren möchten, ist eine detaillierte Systembeschreibung auf der IKT Plattform sinnvoll. Hier könnten die Nutzenden aus der Smart Home App auf die Informationsseite weitergeleitet werden. Zusätzlich verweist ein QR-Code auf dem Gehäuse des Smart Home Systems direkt zur Systembeschreibung. Hier befindet sich eine Liste mit den verbauten Komponenten, allen Automatisierungen und einer Anleitung wie neue Komponenten ins System integriert werden und neue Automatismen erstellt werden können. Das könnte als Text oder als kleine Videopräsentation geschehen.

² Vgl. https://www.th-koeln.de/hochschule/forschungsprojekt-energieersparnis-durch-smart-home-systeme_54053.php (3.12.2019)

6.2.5 Einmalige Infoveranstaltung

Besser als eine geschriebene Anleitung ist das persönliche Gespräch. Eine einmalige Infoveranstaltung für alle Smart Home Nutzenden zum Start der Monitoringphase könnte in vielfacher Hinsicht positiv ausfallen.

- Das Interesse der Nutzenden wird gesteigert
- Bedenken können direkt adressiert werden
- Die Funktionen können anhand eines Beispiels erklärt werden

Ob im Zuge des Arbeitspakets für eine solche Veranstaltung Gelder bereitgestellt werden können muss noch untersucht werden. Wenn solch eine Veranstaltung realisiert werden würde, so müsste diese so ausfallen, dass dieser für sich genommen einen Mehrwert bietet, ohne dass Nutzende im Nachgang weitere Informationen aus dem Projektteam benötigen.

6.2.6 Quartiersfachkraft

Eine direkte Ansprechperson im Quartier könnte viele auftretende Probleme direkt lösen. Am besten wäre es wenn eine technikaffine im Quartier lebende Person mit eigenem Smart Home System diese Rolle übernehmen könnte. So kommen Nachbarn ins Gespräch und die Hemmschwelle sich helfen zu lassen und neue Dinge auszuprobieren sinkt. Optimal wäre es, wenn diese Funktion unentgeltlich im Ehrenamt von einer im Pfaff Quartier lebenden oder arbeitenden Person ausgeführt werden würde, ein Anreizsystem für diese Person in Form von kostenlosen Dienstleistungen auf der IKT Plattform wäre aber auch denkbar. Eine bezahlte Fachkraft als Quartiersdienstleistende ist hingegen nicht realisierbar.

6.2.7 Austausch Forum in der IKT Plattform

Anstelle einer einzelnen Quartiersfachkraft könnten in einem Pfaff-chat Probleme im Smart Home System angesprochen oder Empfehlungen gegeben werden welche Anwendungen andere Nutzende einmal ausprobieren sollten. Als Alternative können Nutzende auch direkt zum Community Chat von Homee oder ähnliche verwiesen werden. Hier gibt es bereits eine aktive Community die sich mit dem System auseinandersetzt und mit Rat zur Seite stehen.

6.3 Flexibilitätstypen

Ein Smart Home System (SHS) gewinnt im Kontext der Unterstützung von Klimaneutralität seinen Mehrwert aus dem Zusammenspiel mit dessen Nutzenden. Unter der Voraussetzung, dass das Vermögen und die Bereitschaft zu einer intensiven Auseinandersetzung bei den Nutzenden endlich ist, gilt es daher eine Applikation zu entwerfen, bei der die Interaktion auf das notwendige Minimum beschränkt wird, und dennoch ein positiver Effekt in Bezug auf die Beförderung von Klimaneutralität im Pfaff-Areal mithilfe eines Smart Home Systems zu erreichen ist.

Prinzipiell lassen sich zwei unterschiedliche Intentionen der Mensch-Maschine-Interaktion zur Unterstützung von Klimaneutralität im Zusammenhang eines Smart Home Systems unterscheiden:

1. Das SHS ändert seinen Zustand
2. Nutzende ändern ihr Verhalten

Häufig zielen wissenschaftliche Fragestellungen im Kern auf einen der beiden Aspekte. Im Rahmen des Reallaborprojektes EnStadt:Pfaff soll ein System geschaffen werden, welches beide Ansatzpunkte adressiert. Der gewählte Ansatz lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Nutzende nehmen zunächst eine Selbsteinschätzung vor, welche in einer Typisierung der Nutzenden mündet.
 - Initiale Zuweisung aus Selbsteinschätzung: Eingabe durch Nutzenden (Display) o. ä.
 - Die Typisierung findet nach persönlichen Präferenzen (Bedürfnis Privatheit, Apartment-/Gewerbeeinheitstypen, Flexibilitätstyp) statt
 - Bei mehreren Nutzenden in einem Haushalt / einer Gewerbeeinheit wird ein „Schnittmengenprofil“ erzeugt (Sub-Personas...)
- Der Agent des Apartment/ der Gewerbeeinheit optimiert seine Fahrplanung nach dem hinterlegten Nutzenden-Typus.
- Der Agent vergleicht das tatsächliche Nutzungsverhalten mit dem Erwartungsprofil aus dem hinterlegten Nutzenden -Typus.
- Aus den Abweichungen des Erwartungs- gegenüber dem tatsächlichen Verhalten wird ein Feedback an die Nutzenden realisiert. Folgende Ausprägungen werden weiter betrachtet:
 - Kontinuierliches Feedback in Form einer ampel-ähnlichen Anzeige unter Einsatz von Gamification (im Rahmen der Fish'n'tipps Energieeffizienzapp könnte bspw. das Fish-Persona bei klimafreundlichem Verhalten munter, bei entsprechend klimaaunfreundlichem Verhalten unerfreut bzw. unwohl erscheinen)
 - Zyklisch bzw. sporadisch in Form von Tipps/Hinweisen, welche aus dem tatsächlichen Nutzungsverhalten abgeleitet werden sowie dem hinterlegten Nutzenden -Typus angepasst ausgeführt sind.
- Dynamik über beobachtbares Verhalten (tatsächlicher Verbrauch, Nutzung Mobilitätsangebote Quartiers-App etc.), ggf. zusätzliche Erhebung über zyklische Eingabe der Nutzenden (Display)

Mit diesem Ansatz wird das Ziel verfolgt, die folgenden beiden Hypothesen zu elaborieren:

Hypothese 1: Auf das Verhalten der Nutzenden lässt sich über dynamische Profile positiv hinsichtlich Nachhaltigkeit einwirken durch

- Emotionale Anreize (Selbstwirksamkeitserfahrung, Gamification: Awards etc., evtl. typenspezifisch, Neg. Erfahrungen aus ‚Selbsteinschätzungs-Gap‘)
- Soziale Anreize (Sozialer Vergleich, andere gleichen Typs, ‚best-matching‘ Typ o.ä.)
- Rationale Anreize (Ökonomisch etc.)
- Tipps, situative Anreize etc.

Hypothese 2: Eine Typisierung der Nutzenden beeinflusst eine klimaneutralitätsförderliche Fahrplan-Optimierung eines sich ergänzenden Smart Home und agentenbasierten Energiemanagementsystems positiv durch

- Bedarfsgerechtes Bereitstellen von Flexibilitäten im EMS
- Typgerechte und damit zuverlässigere Energieprognosen aus dem Smart Home

In der nachgelagerten Abb. 8 ist ein prinzipielles Schema der Topologie unter Einsatz von Flexibilitätstypen zu sehen, welche in den Apartment-Agenten für die Wohneinheit hinterlegt sind und von dort direkt mit dem agentenbasierten Energiemanagementsystem und dem Smart Home Hub interagieren.

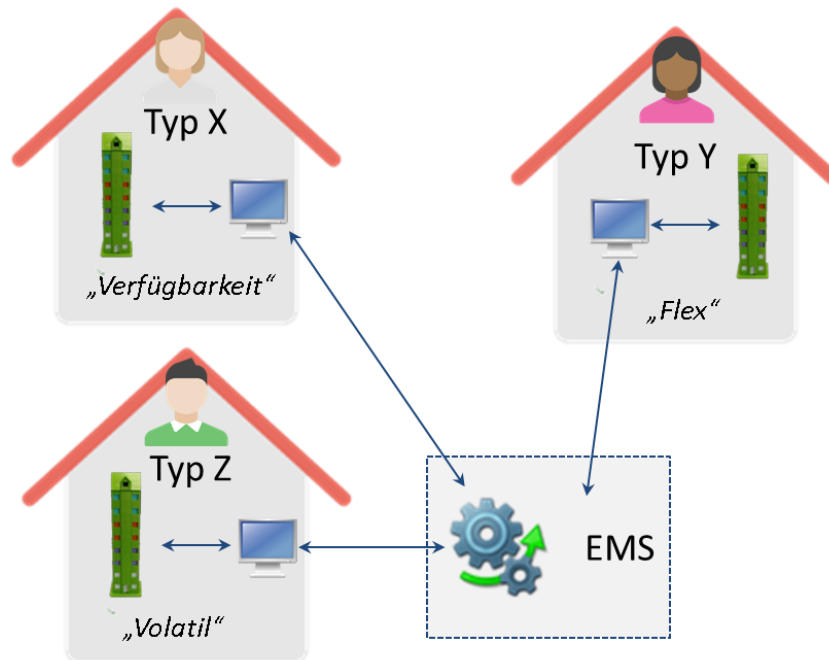


Abb. 8: Schematisches Bild einer Topologie von agentenbasiertem Energiemanagementsystem (EMS) und Apartment-Agenten mit hinterlegten Typen an Nutzenden.

6.4 Auswertung des Smart Home Betriebs

Die Vorhabensbeschreibung sah in AP 2.2.4 vor, in drei Gebäuden Smart Home Einheiten zu installieren. Die Nutzenden dieser Systeme sollten im Rahmen von Befragungen einbezogen werden, um die Smart Home Angebote zu optimieren. Dies sollte weitergeführt werden in der Entwicklung von Nutzenden-Personas, also Modelle der Nutzenden mit wesentlichen in Bezug auf das Projektziel der Klimaneutralität, worauf aufbauend persona-spezifisch Demand-Response Optionen skizziert werden sollten.

Da, wie im nachfolgenden Kapitel Leitfaden für die Umsetzung von Smart Home im Pfaff Areal7 ausgeführt, von dem Vorhaben Smart Home Systeme frühzeitig im Projektverlauf umsetzen zu können abgesehen werden musste, wird alternativ über das Konzept des nutzertypisierten Feedback-System und Apartment-Agenten ein innovativer Ansatz zu Erprobung eines Nachhaltigkeit fördernden Smart Home Angebotes gewählt.

7 Leitfaden für die Umsetzung von Smart Home im Pfaff Areal

In diesem Kapitel wird ein Leitfaden präsentiert für die Umsetzung von Smart Home in Pfaff Areal. Generell besteht das Problem, dass zum Ende der Projektlaufzeit wahrscheinlich nur wenige Bewohner im Quartier leben und/ oder arbeiten werden. Eine Umsetzung ist daher zunächst in drei verschiedenen Gebäuden geplant bei denen es am wahrscheinlichsten ist, dass hier das Smart Home bereits innerhalb der Projektlaufzeit einen Mehrwert bietet. Die drei Gebäude sind in Abb. 9 im Pfaff Geländeplan gekennzeichnet. Die einzelnen Umsetzungskonzepte sind in den folgenden Unterkapiteln erläutert.

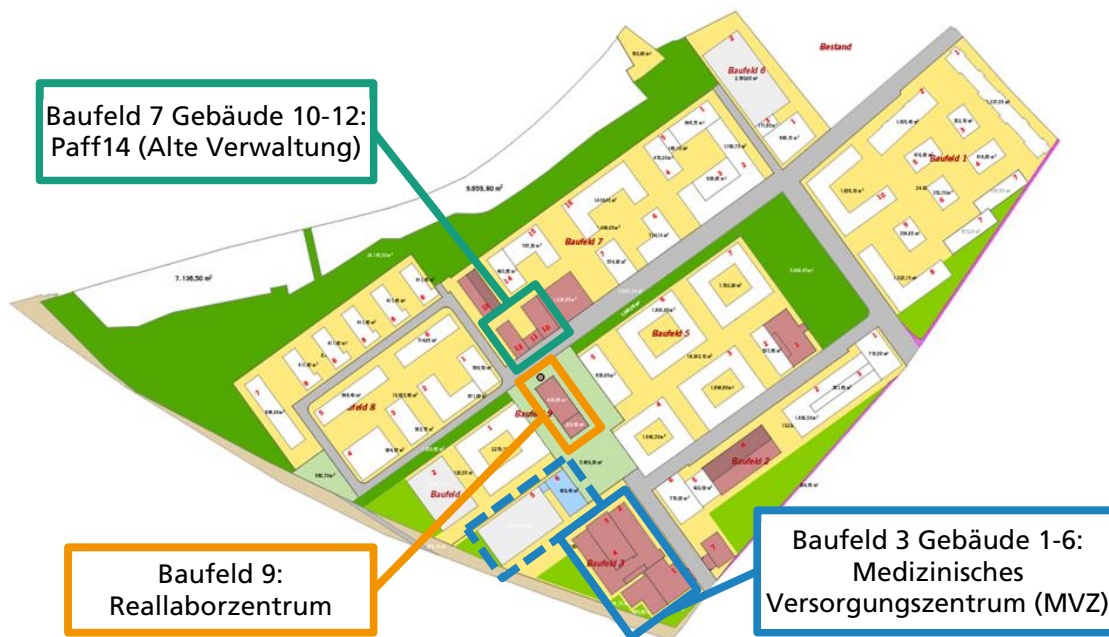


Abb. 9: Pfaff Geländeplan mit Kennzeichnung der Smart Home Gebäude

7.1 Allgemeine Umsetzung für Wohneinheiten

Im Bereich Wohnen sind die nachfolgenden Anwendungen vorgesehen. Bei den aufgeführten Komponenten handelt es sich jeweils um Empfehlungen, es können auch andere Produkte von verschiedenen Herstellern mit gleichen Eigenschaften verwendet werden. Die Komponenten können in der angehängten Marktanalyse verglichen werden, die auf Webseiten mit den jeweiligen Produkten verlinkt.

7.1.1 Smart Home Hub

Als Smart Home Hub wird das **Homee** System empfohlen. Homee verfolgt den Ansatz maximale Kompatibilität mit Smart Home Produkten zu bieten. Über Zusatzmodule können Z-Wave, EnOcean und ZigBee Produkte in das System integriert werden. Eine WLAN Schnittstelle ist bereits im Basis Modul vorhanden über die z.B. auch HomeMatic Produkte integriert werden können. Weitere Module, wie z.B. LoRa befinden sich in der Entwicklung.

Automatisierungen lassen sich mittels Wenn Dann Logiken (Homegramme) realisieren, eine Fernsteuerung ist über eine Webapp oder Smartphone App möglich. Im Pfaff Projekt bietet sich Homee als sehr flexible Lösung an, die während der Projektlaufzeit einfach erweitert werden kann,

_____ und auch potentiellen Nutzenden sehr große Freiheiten in der eigenen Auswahl von zusätzlichen Komponenten bietet. Ein Testaufbau mit einem Homee System wurde am Fraunhofer ISE installiert (siehe Abschnitt 8).

7.1.2 Sensoren

Sofern nicht garantiert werden kann, dass genügend genaue Wetterdaten von Smarten Lichtmasten im Quartier allen Smart Home Systemen eines Gebäudes bereitgestellt werden können, ist **pro Gebäude eine Wetterstation** vor zu sehen. Die Wetterdaten müssen mindestens allen Smart Home Systemen im Gebäude zugänglich gemacht werden, eine Kommunikation der Wetterdaten auf eine Monitoring Plattform ist optional. Als Wetterstation wird das Set von Netamo Empfohlen inklusive Regen & Windmesser. Bei der Installation der Komponenten ist darauf zu achten, dass diese nicht durch Gebäudeteile verschattet (Wind & Sonne) werden und die Station sich in Reichweite mindestens eines Smart Home Hubs befindet.

Um ein angenehmes und energetisch sinnvolles Raumklima zu gewährleisten werden Temperatursensoren in allen Räumen eines Apartments empfohlen. In Schlaf- Wohn- und Arbeitszimmern sind **kombinierte Luftfeuchtigkeit und Temperatursensoren** vorzusehen. In sonstigen Räumen sollte nach Nutzung abgewogen werden ob Luftfeuchtigkeit mit gemessen werden muss. Es wird der solarbetriebene Temperatur & Feuchte Sensor von Trio2Sys empfohlen, der bis zu 50h ohne Solarleistung durch integrierten Energiespeicher auskommt. In Räumen die keine ausreichende Einstrahlung haben muss auf andere Sensoren zurückgegriffen werden. Alternativ kann ein Kombiprodukt mit **smartem Brandmelder** verwendet werden. Hier bietet sich beispielsweise der Insafe Brandmelder mit integriertem Temperatur & Feuchtesensor an, der eine Batterielaufzeit von 10 Jahren verspricht und über eine Vielzahl an Funkprotokollen ausgelesen werden kann.

Eine Messung des **CO₂ Gehalts** kann ebenfalls ins Smart Home integriert werden und einen Mehrwert bieten. Da der Preis für diese Art Sensoren jedoch vergleichsweise hoch ist, muss abgewogen werden in wie weit eine Überwachung im Haushaltsbereich Sinn ergibt. Räume mit langen Aufenthaltszeiträumen, wie Arbeits- Wohn- oder Schlafzimmer können mit CO₂ Sensoren ausgestattet werden. Es wird empfohlen einen einzelnen AFRISO Smart Home CO₂ Sensor F 61240 im Wohnzimmer zu installieren.

Pro öffnenbares Fenster wird ein **Fensterkontakt** empfohlen. Somit kann das Lüftungsverhalten der Nutzenden ausgewertet und optimiert werden. In Kombination mit den Sensorwerten für Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie Aktoren für Heizung und Klimaanlage kann das Raumklima optimiert werden. CO₂ Sensoren können das System optional ergänzen sind aber im Wohnbereich nicht notwendig. Ebenfalls optional, aber nicht empfohlen ist ein Türsensor an der Eingangstür um zu überwachen ob die Eingangstür geschlossen ist. Empfohlen wird der solarbetriebene NodOn Tür Fenster Kontakt, da an Fenstern in der Regel immer genug Einstrahlung für einen batterielosen Solarbetrieb vorhanden ist. Durch eine aktive Lüftung mit Wärmerückgewinnung kann sowohl Energie gespart als auch der Komfort erhöht werden. In diesem Fall wird kein Fensterkontakt benötigt, da das Fenster geschlossen bleiben sollte.

Für den bewussten Umgang mit elektrischer Energie ist es wichtig den Stromverbrauch genau zu kennen. Dazu wird empfohlen **Strommessgeräte** an allen Steckdosen im Gebäude zu installieren. Somit kann gerätescharf der Stromverbrauch gemessen und entweder von den Nutzenden oder intelligent einer Komponente zugeordnet werden. Die Nutzenden haben so immer den Überblick darüber welche Geräte wie viel Strom verbrauchen und kann sein Verhalten anpassen oder energieintensive Geräte durch effizientere ersetzen. Es wird der Fibaro SingleSwitch Unterputzaktor empfohlen. Der Vorteil von Unterputzvarianten besteht darin, dass die Installation bereits vor dem Einzug neuer Personen unauffällig erfolgen kann. Alternativ können aber auch Zwischenstecker verwendet werden.

Zusätzlich zu den gerätescharfen Strommeseinheiten sollten die abrechnungsrelevanten **Messeinrichtungen für Strom und Wärme als Smart Meter** ausgeführt werden. Es bietet sich an die

Smart Meter Werte ins Smart Home mit aufzunehmen. Für ein Monitoring Konzept sind mindestens die Werte auf Gebäudeebene im Projekt gefordert. Für das Smart Home wird empfohlen auch wohnheitenscharfe Messwerte zu erfassen und zu kommunizieren. Wie genau die Einbindung erfolgt muss im speziellen geschaut werden. Hier kommt es vor allem darauf an, wo die Zählpunkte sich befinden. Als Smart Meter innerhalb einer Wohneinheit empfiehlt sich das Qubino 3 Phasen Smart Meter welches über Z-Wave eingebunden werden kann. Ein Smart Meter im Keller eines Gebäudes könnte über LoRa ausgelesen werden. Hier gibt es einige Zähler die Einsteckplätze für eine LoRa anbieten.

Im Bereich der Fernsteuerungen wird erwartet, dass der Großteil der Steuerung über das Smartphone erfolgen wird und keine zusätzliche physische Steuereinheit benötigt wird. Im Bereich der Eingangstür wird jedoch eine **Schaltereinheit** empfohlen in der den Smart Home Modus „Abwesend“ aktiviert. Optional kann zudem ein Schalter am Bett befestigt werden um den Modus „Schlafen“ oder „Morgenroutine“ zu aktivieren. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass Nutzende diese Modi aktiv verwenden. Es wird der Eltako Funktaster empfohlen, der die Energie direkt aus dem Tastendruck gewinnt.

Smartphones können ebenfalls als Sensoren funktionieren und zum Beispiel die Ortungsfunktion für bestimmte Apps auf der IKT Plattform anbieten (vgl. Abschnitt 5.3.1).

7.1.3 Aktoren

Im vorherigen Kapitel wurde bereits eine Empfehlung zur Installation von Strommessgeräten gegeben. Das empfohlene Produkt, sowie auch die meisten anderen Strommessgeräte im Smart Home Bereich, bieten zusätzlich das **Ein- und Ausschalten von angehängten Lasten**. Generell besteht in diesem Bereich die Möglichkeit Endgeräte direkt in das Smart Home schaltbar zu integrieren, z.B. Smarte Leuchtmittel mit interner Elektronik, oder konventionelle Geräte schaltbar zu machen. An dieser Stelle wird zweite Variante empfohlen, da so die Nutzenden bei Defekt oder Austausch eines Endverbrauchers diesen durch ein beliebiges Produkt selbst ersetzen können ohne die Schaltfunktion zu verlieren. Smarte Unterputzschalter haben in der Regel eine sehr lange Lebensdauer. Es wird empfohlen alle Leuchtmittel mit Mess- und Steuereinheiten unter Putz auszustatten. Je nachdem wie viele und welche Leistungen geschaltet werden sollen werden der Single oder Double Switch von Fibaro empfohlen. Bei mehr als zwei in räumlicher Nähe befindlichen schaltbaren Geräten bieten sich weitere smarte Produkte an.

Eine Ausnahme zum vorherigen Abschnitt stellt die **smarte Stromampel** dar. Hier wird empfohlen ein einzelnes smartes und energiearmes Leuchtmittel an strategisch sinnvoller Stelle zu installieren. Es sollte dimmbar sein und das RGB Spektrum von Grün über Gelb zu Rot abbilden können. Ein Leuchtmittel das diese Anforderungen erfüllt ist die Osram Smart+ LED. Eine Energieampel kann die Nutzenden für ihren aktuellen Energieverbrauch sensibilisieren und so zur Verbrauchsreduktion führen. Außerdem ist denkbar eine Ampel mit aktuellem Strompreis einzuführen in Kombination mit variablen Strompreisen in Mieterstromkonzepten (diskutiert in AP 2.1.2). Alternativ zur Strompreisampel könnte eine Eigenverbrauchsampel anzeigen wie viel der aktuell verbrauchten Energie durch PV Strom gedeckt wird.

Neben der Smarten Stromampel können **Monitore** dabei helfen den CO₂ Fußabdruck der Bewohner weiter zu senken, indem zusätzliche Information über den Stromverbrauch und die Stromzusammensetzung bereitgestellt werden. Ebenfalls könnte ein solcher Monitor als Schnittstelle zum Nutzenden weitere Funktionen, wie zum Beispiel die Parametrierung des Smart Home Systems und des Agentensystems, bereitstellen. Als Schnittstelle zu weiteren Diensten auf der IKT Plattform wäre ein zentraler Monitor pro Wohneinheit ebenfalls denkbar. Ergänzt oder ersetzt wird dieser

Monitor durch Smartphone Apps, so dass die Nutzenden auch Mobil immer alle Daten im Blick haben und mit der Technik interagieren können. Da ein Monitor erstmal einen zusätzlichen elektrischen Verbraucher darstellt, muss hier abgewogen werden wie groß ein solches System ausfallen sollte, oder ob nicht auch das private Handy, Tablet oder der Computer ausreichen. An dieser Stelle empfehlen wir dennoch einen separaten Monitor im Eingangsbereich jeder Wohnung um die große Auswahl an IKT Dienstleistungen den Nutzenden zu zeigen ohne dass wir aus Projektsicht auf einen pull der Nutzenden angewiesen sind. Jedoch sollte dieser Monitor nur dann eingeschaltet sein, wenn sich Personen in Reichweite befinden.

In einem geringen Umfang sind smarte **Heizungssteuerungen** bereits heute stand der Technik in Neubauten. Dabei beschränkt sich die Funktion jedoch meist auf einfache automatisierte Abläufe. Kühlen ist momentan noch kein großes Thema in Deutschland, es ist aber zu erwarten, dass in Zukunft Kühlen eine größere Bedeutung haben wird. Ziel der smarten Klimasteuerung ist es Energie einzusparen und bedarfsgerecht die Raumtemperaturen individuell einzustellen. Als Infrastruktur werden je nach Heizungssystem Smarte Thermostate an Heizkörpern oder intelligent ansteuerbare Heizungsventile in der Fußbodenheizung benötigt. Für Fußbodenheizungen werden die Ein/Aus oder PWM Steuereinheiten von Qubino empfohlen. Als Heizkörperthermostat bietet sich das batteriebetriebene Eurotronic Spirit Z-Wave Thermostat an.

Unterstützt wird die smarte Raumklimaregelung von einer intelligenten **Verschattung**. Durch außen angebrachte Rollläden oder Jalousien kann der solare Wärmeeintrag im Sommer deutlich reduziert werden, so dass bei intelligenter Lüftung eine zusätzliche Klimaanlage kaum genutzt werden muss. Im Winter kann der Wärmeabgang durch die Fenster mittels Rollläden oder Jalousien mit integrierter Wärmedämmung (z.B. DuoTherm oder Livoneo) reduziert werden. Neben der Isolationswirkung spielt bei der Verwendung von Jalousien die Beleuchtung eine zentrale Rolle. Je nach Stellung der Lamellen kann der Lichteinfall in das Gebäude reguliert und so auf zusätzliche Beleuchtung verzichtet werden (Ein schönes Beispiel hierzu ist das Tageslichtlenksystem³ am Umweltcampus Birkenfeld). Unabhängig davon welches System verbaut wird, empfiehlt sich für die Steuerung der Qubino Flush Shutter mit integrierter Energiemess- und Repeater Funktion mit Z-Wave Funkstandart.

Als Alternative zum Stoßlüften durch Personen können intelligente **Lüftungssysteme** eine gesunde und angenehme Raumluft bei geringem Temperaturverlust (Winter), bzw. Temperaturanstieg (Sommer) erreichen. Zusätzlich bietet dieses Konzept einen erhöhten Schallschutz und eine gesteigerte Sicherheit da Fenster immer geschlossen bleiben. In allen energiesparenden Konzepten werden Zu- und Abluft über einen Wärmetauscher geführt. Es gibt zentrale Systeme die die Raumluft aktiv Ansaugen und durch Kanäle im Gebäude zusammenführen. Anschließend wird diese Abluft über einen zentralen Wärmetauscher abgeführt und Frischluft von außen angesaugt, über Zuluft Kanäle verteilt und in die Räume gegeben. Dezentrale Lösungen mit Wärmerückgewinnung erfordern entweder einen Durchbruch in der Wand oder sind in den Fenstern oder Rollläden verbaut. Da keine großen baulichen Veränderungen an der Gebäudesubstanz notwendig werden empfiehlt sich für Altbauten das SoleoAir System von Höhrbauer bei dem eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung im Fensterrahmen eingelassen ist.⁴ Bei Neubauten empfiehlt sich ein Lüftungssystem in die Wand einzulassen und dieses ins Smart Home System zu integrieren. Hier empfehlen sich die Systeme e² und e⁶⁰ von Lunos, welche über die zugehörige Universalsteuerungseinheit mit einem EnOcean Funkmodul in das Homee System integriert werden können.

³ Siehe: https://www.umwelt-campus.de/fileadmin/Umwelt-Campus/Oeffentlichkeitsarbeit/Tech-Broschuere/2016_05_04_Broschuere-GrueneTechnologien-am-Campus_klein.pdf (Seite 8)

⁴ Siehe Marktanalyse

Weitere Aktoren können zum Beispiel **Wäschetrockner, Waschmaschinen und Geschirrspüler** sein. Die zugehörigen Prozesse können in Zeitfenster mit hoher PV Erzeugung verschoben werden. Hier gibt es W-Lan fähige Komponenten von Siemens, Bosch oder Samsung. Hier wird empfohlen den Nutzenden der Wohneinheiten freizustellen welche Komponenten sie verwenden wollen. Wird sich für eine smarte Variante entschieden, so kann diese ins Smart Home System integriert werden. Smarte Kühl- und Gefriergeräte bietet aus energetischer Sicht keinen Mehrwert, weswegen hier energieeffiziente Komponenten von den Nutzenden selbst ausgewählt werden sollten. Gleiches gilt für smarte Kaffeemaschinen, Herdplatten und Backöfen. Werden solche Komponenten von den Nutzenden gewünscht, können diese ins System integriert werden und zu einem Komfortgewinn beitragen. Es wird jedoch nicht empfohlen die genannten Komponenten mit Projektgeldern zu finanzieren.

7.1.4 Sprachassistenten

Bei den Sprachassistenten empfehlen wir die Einbindung von Alexa. Alexa kann sowohl auf dem Smartphone, Tablet oder Computer genutzt werden als auch über spezielle Hardware der Amazon Echo Produktpalette. Sprachassistenten stellen eine bequeme Schnittstelle um dem Menschen die Interaktion mit dem Smart Home weiter zu vereinfachen um ihn so zu ermutigen das System noch stärker zu nutzen. Es empfiehlt sich einen Echo Dot im Wohnbereich zu installieren, sofern dies von den Nutzenden nicht ausdrücklich abgelehnt wird. Weitere Alexa kompatible Geräte können von den Nutzenden selbst integriert werden.

7.1.5 Auflistung empfohlener Komponenten

Weitere Informationen zu den im Folgenden aufgelisteten Komponenten können dem beigefügten Dokument zur Marktrecherche entnommen werden.

Tab. 1: Auflistung der im Zusammenhang mit Smart Home im Wohnbereich empfohlenen Komponenten

Komponente	Anzahl	Stückpreis
Homee Brain Cube + Enocean Cube	1 Pro Apartment	
Homee Z-Wave Cube	1 Pro Apartment	
Homee ZigBee Cube	1 Pro Apartment	
Netamo Wetterstation	1 pro Gebäude	
Temperatur & Feuchte Sensor Trio2Sys	1 pro Schlaf-, Wohn- und Arbeitszimmer	
Nodon Tür-/Fensterkontakt	1 pro offenes Fenster	
Fibaro Single Switch	1 pro Steckdose (1 Ausgang 2,5kW)	
Fibaro Double Switch	1 pro Steckdosen Schalter Einheit (2 Ausgänge je 1,5 kW)	
Eltako Funktaster	1 pro Apartment + 1 pro Schlafzimmer	
Osram Smart+ LED	1 pro Apartment	
Qubino Ein/Aus	1 pro Fußbodenheizung	
Eurotronic Spirit	1 pro Heizkörper	
Qubino Flush Shutter	1 pro Rollladen/ Jalousie	
Lunos e ² mit Wärmerückgewinnung	2 pro Wohn- und Schlafzimmer	
Lunos e ⁶⁰ mit Wärmerückgewinnung	1 pro Bad und Küche	
Amazon Echo	1 pro Apartment (in Abstimmung mit den Nutzenden)	
Afriso CO ₂ Sensor (F 61240)	1 pro Apartment	

7.1.6 IFTTTs und Modi

Das Smart Home hat verschiedene Modi, die unter anderem per App aktiviert werden können. Eine Rückmeldung der Modi an den Apartment Agenten im agentenbasierte Energiemanagement ist für Prognosezwecke sinnvoll.

Tab. 2: Modi für die Umsetzung von Smart Home im Wohnbereich

Modus	Bei Aktivierung
„zu Hause“	<ul style="list-style-type: none"> Übermittle Modus an das Agentensystem & Schalte alle Steckdosen ein & WENN Heizbedarf: <ul style="list-style-type: none"> dann erhöhe Temperatursollwerte & WENN Kühlbedarf: <ul style="list-style-type: none"> dann verringere Temperatursollwerte & Öffne Jalousien & Setze den Luftzirkulationssollwert herauf & Schalte den Pfaff Informationsmonitor ein und zeige Pfaff Nachrichten & WENN Sprachassistent aktiviert: <ul style="list-style-type: none"> dann Begrüße die Nutzenden und informiere über Pfaff Nachrichten & Überwachung der Fenstersensoren abschalten
„abwesend“	<ul style="list-style-type: none"> Übermittle Modus an das Agentensystem & Schalte (bis auf Kühl- und Gefrierschränke) alle Steckdosen aus & Frage Nutzende nach voraussichtlicher Rückkehr & WENN Heizbedarf: <ul style="list-style-type: none"> dann reduziere Temperatursollwerte & WENN Einstrahlung gering: schließe Jalousien & WENN Kühlbedarf: <ul style="list-style-type: none"> dann erhöhe Temperatursollwerte & schließe Jalousien & WENN Fensterkontakte offen > 0, dann informiere Nutzende über offene Fenster & Setze den Luftzirkulationssollwert herab & Überwachung der Fenstersensoren einschalten
„im Urlaub“	<ul style="list-style-type: none"> Übermittle Modus an das Agentensystem & Schalte (bis auf Kühl- und Gefrierschränke) alle Steckdosen aus & Frage Nutzende nach voraussichtlicher Rückkehr & WENN Heizbedarf: <ul style="list-style-type: none"> dann setze Temperatur auf Minimum (15°C) & WENN Einstrahlung gering: schließe Jalousien & WENN Kühlbedarf: <ul style="list-style-type: none"> Schalte Kühlsystem aus & schließe Jalousien & WENN Fensterkontakte offen > 0, dann informiere Nutzende über offene Fenster & Setze den Luftzirkulationssollwert herab & Überwachung der Tür- und Fenstersensoren einschalten
„schlafend“	<ul style="list-style-type: none"> Übermittle Modus an das Agentensystem & Schalte (bis auf Kühl- und Gefrierschränke) alle Steckdosen aus & WENN Wecker aktiviert, dann übermittle Weckzeit an das Agentensystem & WENN Heizbedarf, dann reduziere Temperaturen & WENN Kühlbedarf, dann erhöhe Temperatursollwerte außerhalb der Schlafzimmer & schließe Jalousien

Tab. 3: IFTTTs innerhalb des Smart Home für den Anwendungsfall Wohnen

ID	WENN	DANN
SHW1	Funktaster am Bett betätigt wird & Modus ist <u>nicht</u> „schlafend“	Wechsle in den Modus „schlafend“
SHW2	Funktaster am Bett betätigt wird & Modus ist „schlafend“	Wechsle in den Modus „zu Hause“ & Schalte das Licht im Schlafzimmer an & Fahre die Jalousien im Schlafzimmer hoch
SHW3	Uhrzeit >= Weckzeit & Wecker aktiviert	
SHW4	Funktaster an der Eingangstür betätigt wird & Modus ist „zu Hause“	Wechsle in den Modus „abwesend“
SHW5	Funktaster an der Eingangstür betätigt wird & Modus ist „abwesend“	Wechsle in den Modus „zu Hause“
SHW6	Funktaster an der Eingangstür betätigt wird & Modus ist „im Urlaub“	
SHW7	Nutzende sind auf dem Heimweg & Modus ist „abwesend“ ODER „im Urlaub“ & Heizbedarf	Erhöhe die Temperatursollwerte unter Berücksichtigung der geplanten Ankunftszeit
SHW8	Windstärke > 10 m/s & Jalousie ist NICHT oben	Fahre Jalousie nach oben
SHW9	Pfaff Informationsmonitor aktiv & Keine Interaktion mit Nutzenden für 5 Minuten	Schalte Pfaff Monitor in den Standby Betrieb
SHW10	Wetter wechselt zu Regen & Fensterkontakte offen > 0	Nutzende informieren (Fenster schließen)
SHW11	UV Einstrahlung >= Schwellwert	Nutzende informieren & Jalousien runter fahren
SHW12	Luftfeuchte >= Schwellwert	Nutzende informieren (Schimmel Gefahr)
SHW13	Modus ist „zu Hause“ & Bewegungssensor erkennt Bewegung im Raum & Beleuchtung im Raum ist aus	Schalte Beleuchtung im Raum ein
SHW14	Fensterkontakte offen > 0	Schalte Heizung aus
SHW15	Fensterkontakte offen == 0 & Heizbedarf	Schalte Heizung an

Tab. 4: Apps aus IKT Plattform für den Anwendungsfall Wohnen

ID	WENN	DANN
AW1	Smart Phone Ortung erkennt, dass Person nach Hause fährt (vgl. 5.3.1)	Sende die geplante Ankunftszeit an das SH Hub & Aktiviere im SH die Sequenz SHW7
AW2	Temperaturvorhersage erfordert Heizen & Einstrahlungsvorhersage erfordert Heizen (vgl. 5.3.5)	Sende neuen Heiztemperatursollwert an das SH Hub
AW3	Kombinierte Einstrahlungs- und Temperaturvorhersage erfordert kein Heizen (vgl. 5.3.5)	

7.2 Allgemeine Umsetzung für Büroeinheiten

Im Bereich Gewerbe Handel und Dienstleistungen kommt es sehr stark auf den konkreten Nutzungsfall der GHD Einheit an. Eine Gruppe mit relativ konstanten Bedarfen stellen Büroeinheiten dar. Ein typisches Büro beinhaltet einige Computer und Monitore, elektrische Leuchtmittel, eine Heizungsanlage, sowie eine Fensterfront die durch Rollläden verschattet werden können. Einige sinnvolle Handlungsempfehlungen zum Energiesparen und klimafreundlichen Verhalten im Büro können dem Leitfaden „TUT WAS! – Tipps zum Klimaschutz für Beruf und Alltag“ des Fraunhofer IBP entnommen werden.⁵ Dieser Leitfaden befasst sich vor Allem mit dem Thema Beleuchtung, die zu 13% zum Primärenergieverbrauch im GHD Sektor beiträgt und der Heizung mit knapp 25% Anteil am GHD Primärenergieverbrauch.

7.2.1 Präsenzsensoren

Ein Hauptaugenmerk bei der Energieeinsparung in Büros ist die präsenzabhängige Steuerung von Geräten. Wenn elektrische Verbraucher nicht verwendet werden so können diese in den Standby Modus versetzt oder komplett ausgeschaltet werden. Dafür ist eine intelligente Erfassung der Anwesenheit notwendig. Ein worst case scenario wäre es, wenn eine ungenaue Präsenzerfassung während der Computernutzung eben jenen herunterfährt. Verschiedene Arten von Präsenzsensoren sind denkbar. Ist die W-Lan Suche der Handys der Mitarbeitenden aktiviert oder sind diese mit dem Firmen W-Lan verbunden, so kann über den verbundenen Router der Aufenthalt der Mitarbeitenden bestimmt werden. Befindet sich das Smart Phone im Flugmodus kann auch direkt das W-Lan Interferenzsignal ausgewertet und so geschaut werden ob Personen in einem Raum befindlich sind.⁶ Da die meisten Bürogebäude flächendeckend mit Wifi Routern ausgeschaltet sind kann ohne zusätzliche Sensorik die Anwesenheit von Personen genau bestimmt werden.

7.2.2 Beleuchtung

Die erste und naheliegende Empfehlung im Bereich der Bürobeleuchtung ist es energieeffiziente Leuchtmittel zu verwenden und die Beleuchtung der Arbeitsfläche auf eine angenehme Stärke einzustellen. Darüber hinaus wird empfohlen das Licht auszuschalten, wenn sich niemand am Arbeitsplatz aufhält, was ebenfalls in den Köpfen der Leute, wenn auch noch nicht im Verhalten angekommen sein sollte. Smart Home kann im Pfaff Projekt dabei helfen die Beleuchtung zu reduzieren, indem Mitarbeitenden der **Stromverbrauch für Beleuchtung dargestellt** und so deren Verhalten optimiert wird. Diese Maßnahme funktioniert aber nur, wenn der Stromverbrauch im Unternehmen wirklich thematisiert und eine Reflexion der Messwerte durchgeführt wird. Für eine detaillierte Messung aller elektrischen Verbraucher wird, analog zur Umsetzung in den Wohneinheiten, der Fibaro SingleSwitch Unterputzaktor empfohlen.

Neben der Sensibilisierung der Mitarbeitenden kann durch Präsenzsensoren überprüft werden, ob sich Personen in einem Raum aufhalten. Ist dies nicht der Fall, so wird die Beleuchtung ausgeschaltet. Diese Anwendung ist vor allem in kleinen Büros einfach realisierbar. In Großraumbüros muss genauer geschaut werden wie die einzelnen Bereiche in Abhängigkeit der Anwesenheit ausgeleuchtet werden können.

Ein weiterer Handlungspunkt stellt eine intelligente Verschattung dar. Ein natürlich ausgelichtetes Büro spart nicht nur Energie, sondern hat auch positive Effekte auf das Wohlbefinden der Mitarbeitenden. So sollte die **intelligente Jalousiesteuerung** auf jeden Fall mit ins Smart Home Konzept für Büros aufgenommen werden. Hier empfiehlt sich der Qubino Flush Shutter.

⁵ Link zur Veröffentlichung: <http://d-nb.info/1048741311>

⁶ Activity recognition Using Commercial Wifi: 10.1109/JSAC.2017.2679658; Centimeter Scale Breath detection: 10.1109/MC.2017.7

7.2.3 Heizung, Kühlung & Lüftung

Die Heizung wird in Bürogebäuden meist als zentrales System ausgeführt. Generell müssen nur die Räume beheizt werden, die auch genutzt werden. In gut geplanten Büros sollten jedoch alle Arbeitsplätze besetzt sein, weshalb wenig frequentierte Büros eher die Ausnahme sind. In Büros die nur mit einer Person besetzt sind könnte jedoch während eines **Urlaubs oder einer Dienstreise die Heizung auf ein Minimum reduziert** werden. Hier könnte eine **Kopplung mit dem Terminkalender** sinnvoll das Heizsystem ergänzen. In Büros mit mehreren Personen ist es hingegen unwahrscheinlich, dass Angestellte zeitgleich im Urlaub sind. Abhängig von den Arbeitszeiten der jeweiligen Mitarbeitenden kann jedoch die **Solltemperatur** in einigen Büros bereits früher **reduziert** werden, nämlich dann wenn alle Mitarbeitenden im **Feierabend** sind. Dies könnte durch einen Feierabend Schalter am Büroausgang realisiert werden oder automatisch, wenn der Raum nach einer bestimmten Uhrzeit nicht mehr benutzt wird.

Weiterhin kann am frühen morgen durch **eine intelligente Lamellenstellung der Jalousien** der solare Eintrag in die Büros erhöht werden um bei Heizbedarf ein aufheizen der Büroräume zu erreichen. Im Sommer hingegen sollten die Jalousien bis zum Eintreffen der ersten Mitarbeitenden eines Büros geschlossen bleiben um ein aufheizen zu vermeiden.

Viele Bürogebäude sind neben einem Heizungssystem auch mit einem **zentralen Lüftungssystem** ausgestattet. Dieses sollte mit einer Wärmerückgewinnung gekoppelt sein und die Luftzirkulationsrate dynamisch der Anzahl an Personen im Raum anpassen. Ist keine zentrale Lüftung vorgesehen so kann eine **dezentrale Lüftung in den Fenstern** installiert werden⁷, welche in Kombination mit CO₂ Sensoren, Temperatursensoren und dem Heizungssystem das Raumklima optimiert.

Ist keine aktive Lüftung vorhanden, so sollte mindestens alle zwei Stunden durch Stoßlüftung⁸ eine komplette Luftzirkulation realisiert werden. Bei angenehmen Außentemperaturen kann das Fenster gekippt werden, in der Heizperiode ist diese Stellung jedoch zu vermeiden. Ein Smart Home System kann hier die Nutzenden erinnern wann und wie gelüftet werden soll. Dazu werden Fenstersensoren benötigt, ggf. in Kombination mit CO₂ Sensoren für eine noch genauere Raumluft Kontrolle, oder in Kombination mit Zeitintervallen nach denen auf eine Lüftung hingewiesen wird.

7.2.4 Ruhemodus der Computer

Der größte elektrische Verbraucher im Büro ist der Computer. Dieser sollte bei längerer Abwesenheit der Nutzenden im Standby Modus befindlich oder gänzlich ausgeschaltet sein. Im Durchschnitt verbraucht ein Allround-Computer im Betrieb ca. 60 W und ein Multimedia PC etwa 90 W.⁹ Ein Allround-Notebook kommt mit gerade einmal 15 W aus.⁹ Vor allem bei Verwendung von Desktop PCs können so in einer klassischen Büro Situation¹⁰ 160 kWh Energieverbrauch pro Computer anfallen. Alle Computer können in einen Energiesparmodus gebracht werden. Im Schlafzustand (Stand-By) wird der Stromverbrauch auf unter 10 W reduziert.¹¹ Bei längerer Abwesenheit empfiehlt es sich den Computer komplett herunter zu fahren. Zwar fallen Computer nicht unter die Ökodesign Richtlinie der EU Kommission¹², jedoch kann der Verbrauch im ausgeschalteten Modus gegenüber dem Standby Verbrauch nochmal halbiert werden. Hinzu kommen die Verluste von Monitoren welche in der energiesparenden LED Variante im Bereich von 40 – 80 W liegen (Standby 0,5 - 2.5 W).¹³ Bei einem

⁷ Vgl.: Abschnitt 7.1.3 [Absatz 6](#)

⁸ Optimale Lüftungszeiten: „TUT WAS! – Tipps zum Klimaschutz für Beruf und Alltag“ Seite 24

⁹ <https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/Standardartikel/Dossier/A-computer-energieeffizient.html> (05.12.2019)

¹⁰ Annahme: 220 Arbeitstage im Jahr mit jeweils 8h eingeschaltetem Computer und 90W Durchschnittsverbrauch

¹¹ Gemäß „TUT WAS! – Tipps zum Klimaschutz für Beruf und Alltag“ Seite 28

¹² Vgl.: (EG) Nr. 1275/2008 der Kommission vom 17. Dezember 2008

¹³ Vgl.: <https://www.tecchannel.de/a/test-tft-monitore-mit-led-hintergrundbeleuchtung,1782978,5> (05.12.2019)

typischen Desktop-Arbeitsplatz am Fraunhofer ISE summiert sich der Stromverbrauch somit auf ca. 150 W.¹⁴

Viele Büroangestellten lassen den Computer während der Arbeitszeit in vollem Betrieb weiter laufen, wenn ein Meeting oder die Mittagspause ansteht. Ein automatischer Standby Modus bei Abwesenheit lässt sich einfach im Computer einstellen. Smart Home kann hierbei weiter assistieren indem eine Vernetzung mit dem Kalender stattfindet und der Computer bei längeren Meetings beispielsweise komplett heruntergefahren wird. Eine präsenzabhängige Deaktivierung des Computers kann zusätzlich helfen bei Nichtnutzung den Computer in den Standby zu versetzen. Außerdem können neue Mitarbeitende durch das Smart Home System aufgefordert werden sich mit den Standby Einstellungen am Computer zu beschäftigen und Einstellungen vorzunehmen.

7.2.5 Sprachassistenten im Gewerbe

Da Sprachassistenten ständig die Gespräche der Mitarbeitenden mithören müssen um auf Signalwörter reagieren zu können, werden diese nur empfohlen wenn sie offline fähig sind und damit keine Betriebsgeheimnisse nach außen gelangen können. Wenn dies gegeben ist, kann über die Integration von Sprachassistenten nachgedacht werden, bisher ist aber keine konkrete Anwendung ausformuliert worden.

7.2.6 Auflistung empfohlener Komponenten

Weitere Informationen zu den im Folgenden aufgelisteten Komponenten können dem beigefügten Dokument zur Marktrecherche entnommen werden.

Tab. 5: Auflistung der im Zusammenhang mit Smart Home im Büro empfohlenen Komponenten

Komponente	Anzahl	Preis pro Komponente
Homee Brain Cube + Enocean Cube	1 Pro Bürokomplex	
Homee Z-Wave Cube	1 Pro Bürokomplex	
Homee ZigBee Cube	1 Pro Bürokomplex	
Fibaro Single Switch	1 pro Steckdose (1 Ausgang 2,5kW)	
Qubino Flush Shutter	1 pro Jalousie	
Präsenzsensoren	1 pro Büroraum (kann durch Wifi Router erfolgen)	
Temperatur & Feuchte Sensor Trio2Sys	1 pro Büro- und Meetingraum	
Nodon Tür-/Fensterkontakt	1 pro offenes Fenster	
Eurotronic Spirit	1 pro Heizkörper. Alternativ: Zugriff auf das zentrale Heizungssystem	

7.2.7 IFTTTs und Modi

Das Smart Home hat verschiedene Modi, die unter anderem per App aktiviert werden können. Eine Rückmeldung der Modi an den Büro Agenten im agentenbasierte Energiemanagement ist für Prognosezwecke sinnvoll. Anders als im Apartment System sind die Modi in Büroeinheiten auf einzelner Raumebene angesetzt. Es wird in die Modi „im Büro“, „abwesend“ und „Feierabend“ unterschieden. „Im Büro“ bedeutet, dass mindestens eine Person im Raum befindlich ist, „Abwesend“, dass keine Person im Raum befindlich ist diese aber am selben Tag zurückkommen könnten und „Feierabend“, dass alle Personen bis zum nächsten morgen abwesend sind.

¹⁴ 2 Monitore 24“ (jeweils ca. 44 W) + 1 Tower PC (ca. 60 W)

Tab. 6: Modi für die Umsetzung von Smart Home im Bürokomplex

Modus	Bei Aktivierung
„im Büro“	Übermittle Modus an das Agentensystem & Schalte alle Steckdosen ein & WENN Heizbedarf: dann erhöhe Temperatursollwerte & WENN Kühlbedarf: dann verringere Temperatursollwerte & Öffne Rollläden & Setze den Luftzirkulationssollwert herauf
„abwesend“	Übermittle Modus an das Agentensystem & Schalte die Beleuchtung aus & Versetze die Monitore in den Standby & Versetze Computer in den Standby & WENN Heizbedarf & Fensterkontakte offen > 0, dann informiere Nutzende über offene Fenster
„Feierabend“	Übermittle Modus an das Agentensystem & Schalte die Beleuchtung aus & (optional) Schalte alle Steckdosen aus & WENN Heizbedarf: dann setze Temperatur auf Minimum (17°C) ¹⁵ & WENN Kühlbedarf: Schalte Kühlsystem aus & schließe Rollläden & WENN Fensterkontakte offen > 0: dann informiere Nutzende über offene Fenster & Setze den Luftzirkulationssollwert herab & Überwachung der Tür- und Fenstersensoren einschalten

Tab. 7: IFTTTs innerhalb des Smart Home für den Anwendungsfall Büroeinheiten

ID	WENN	DANN
SHB1	Funktaster „abwesend“ am Büroausgang betätigt wird & Modus ist „im Büro“	Wechsle in den Modus „Abwesend“
SHB2	Funktaster „Feierabend“ am Büroausgang betätigt wird & Modus ist „im Büro“	Wechsle in den Modus „Feierabend“
SHB3	Funktaster „abwesend“ am Büroausgang betätigt wird & Modus ist NICHT „im Büro“	Wechsle in den Modus „im Büro“
SHB4	Funktaster „Feierabend“ am Büroausgang betätigt wird & Modus ist NICHT „im Büro“	
SHB5	Modus ist „Abwesend“ & Uhrzeit > 22:00	Wechsle in den Modus „Feierabend“
SHB6	Präsenzdetektor erkennt keine Personen im Raum	Wechsle in den Modus „Abwesend“

¹⁵ Solltemperatur gemäß: „TUT WAS! – Tipps zum Klimaschutz für Beruf und Alltag“ Seite 23

	& Computer im Raum erkennen keine Aktivität der Nutzenden	
SHB7	Windstärke > 10 m/s & Jalousie ist NICHT oben	Fahre Jalousie nach oben
SHB8	Wetter wechselt zu Regen & Fensterkontakte offen > 0	Nutzende informieren (Fenster schließen)
SHB9	Fensterkontakte geschlossen -> offen	Schalte Heizung aus
SHB10	Fensterkontakte offen == 0 & Heizbedarf	Schalte Heizung an
SHB11	Uhrzeit == wakeup time (05:00) & Tag == Arbeitstag & Heizbedarf	Setze Temperatur auf 20°C & Öffne Rollläden (zum Wärmeeintrag)
SHB12	Lüftungstimer > 2h	Erinnere Mitarbeitende an Stoßlüftung
SHB13	Fensterkontakte offen -> geschlossen	Setze Lüftungstimer auf 0

Tab. 8: Apps aus IKT Plattform für den Anwendungsfall Büroeinheiten

ID	WENN	DANN
AB1	Modus Abwesend & Kalendereintrag Dienstreise ODER Urlaub	Wechsle in den Modus „Feierabend“

7.3 Spezifische Umsetzung in Paff14

Bei dem Paff14 Projekt handelt es sich um ein Bestandsgebäude welches überwiegend Wohneinheiten beinhalten wird. Es wird eines der ersten Gebäude sein in dem Mieter innerhalb der Projektlaufzeit einziehen, weshalb es sich als erstes Testobjekt anbietet.

Geplant sind 16 Apartments als Wohneinheiten. Zusätzlich sind im Erdgeschoss Einheiten aus der Kategorie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen geplant deren genaue Ausführung zum jetzigen Stand noch nicht vorliegen. Ein Architekturbüro ein Steuerberaterbüro und ein Restaurant gelten als wahrscheinlich.

7.3.1 Umsetzung in den Wohneinheiten

Von Investorensseite ist vorgesehen 3-4 Wohnungen behindertengerecht auszustatten. Hier sollen aus dem Bereich des Assisted Living Fallsensoren und Notfallknöpfe installiert werden. Da dieser Bereich nicht der Zielsetzung im AP Smart Home Anwendungen entspricht (siehe Kapitel 2.2) wird Assisted Living vom AP nicht behandelt. Die **Möglichkeit der Integration von Assisted Living Anwendung in das Smart Home System** ist bei der Umsetzung aber erwünscht.

Es ist eine Flächenheizung in den Decken und Wänden geplant. Diese könnte im Sommer auch zur Kühlung genutzt werden indem kaltes Wasser (12° Vorlauftemperatur) verwendet wird. Dies soll das Gebäude um einige wenige Grad abkühlen können. Das bedeutet, dass keine separaten Heizkörper an der Wand vorhanden sein werden. **Eine smarte Steuerung der Ventile der Flächenheizungen wird empfohlen**, da im Bereich der Heizungstechnologie, gerade für schlecht isolierte Bestandsgebäude, ein großes Energie-Einsparpotential vorliegt.

Weiterhin sind Rollläden für alle Wohneinheiten angedacht. **Eine smarte Rollladensteuerung wird empfohlen**, um den Wärmeeintrag in das Gebäude zu beeinflussen und somit Heiz- und Kühlenergie zu sparen.

Um genügend Platz zum Einbau von Unterputzaktoren zu haben sind tiefe Steckdosen und Schalterkästen in den Wänden vorzusehen.

Neben diesen spezifischen Umsetzungsempfehlungen gelten die allgemeinen Empfehlungen aus Abschnitt 7.1.

7.4 Umsetzung in den GHD Einheiten

Für die Büroeinheiten sind Jalousien geplant. Für ein potentiell Restaurant könnte geplant werden die Belüftung smart zu Regeln. Ebenfalls wäre hier eine Einbindung von Kühleinheiten denkbar. Eine spezifische Umsetzung im Bereich GHD in Paff14 muss in engem Zusammenspiel mit den potentiellen Anwendern der Technologien erfolgen und kann zum jetzigen Stand noch nicht geplant werden. Für die geplanten Büroeinheiten gelten die allgemeinen Empfehlungen aus Abschnitt 7.2. Um genügend Platz zum späteren Einbau von Unterputzaktoren zu haben sind tiefe Steckdosen und Schalterkästen in den Wänden vorzusehen.

7.5 Spezifische Umsetzung im Medizinischen Versorgungszentrum

Im Medizinischen Versorgungszentrum sind von Investorensseite eine intelligente Fahrstuhlsteuerung und ein Schließberechtigungssystem vorgesehen. Diese Systeme könnte mit einigen Diensten der IKT Plattform verknüpft werden. Eine direkte Integration in sonstige Smart Home Systeme wird jedoch nicht empfohlen. Im Obergeschoss des MVZ sind einige Wohneinheiten mit überdurchschnittlich großen Wohnflächen vorgesehen. Welche medizinischen Subeinheiten im Gebäude sein werden ist zu diesem Zeitpunkt noch unklar. Im Bereich der Verschattung werden Elektrochrom verglaste Fenster geplant.

7.5.1 Umsetzung in den Wohneinheiten

Es gelten die allgemeinen Empfehlungen aus Abschnitt 7.1. Da die Apartments im MVZ sehr groß ausfallen ist darauf zu achten, dass die Funkverbindung durch Mesh Funktion der einzelnen Komponenten und ggf. Repeater bis zum Hub besteht.

7.5.2 Umsetzung in den medizinischen Räumlichkeiten

Da die genauen elektrischen Verbraucher bisher noch nicht bekannt sind, ist im Bereich der Aktoren bisher keine Umsetzungsempfehlung vorhanden. Die allgemeinen Empfehlungen aus Abschnitt 7.1 und 7.2 für Heizungssteuerung, ein- und ausschaltbare elektrisch Lasten, Lüftungssysteme und Energiemonitore gelten jedoch auch in den medizinischen Räumlichkeiten, wobei geschaut werden muss welche der medizinischen Geräte fernsteuerbar gemacht werden sollen und welche nicht. Sensible medizinische Infrastruktur sollte nicht ins Smart Home System integriert werden. Im Bereich der Sensorik gelten die allgemeinen Empfehlungen aus Abschnitt 7.1.

7.6 Spezifische Umsetzung im Reallaborzentrum

Das Reallaborzentrum nimmt eine Sonderrolle im Bereich der Demonstrationsgebäude ein. Das Gebäude soll primär als Ausstellungsraum der umgesetzten Ideen im Projekt fungieren. Das bedeutet, dass es keinen klassischen Anwender für Smart Home Systeme gibt. Ziel des Smart Home in der Ausstellung ist es, das Publikum zu sensibilisieren das Verhalten zu Hause, auf der Arbeit und im allgemeinen zu hinterfragen und zu verändern. Wenn der Energieeinspareffekt im RLZ selbst gering ist, dafür aber viele Besucher zu Hause ihre Heizung um wenige Grad herunter drehen ist einiges erreicht. Neben der Ausstellung werden sich voraussichtlich noch ein Meetingraum, eine IKT Werkstatt sowie Toiletten im Gebäude befinden, deren Einbindung in das Smart Home Konzept bisher noch nicht behandelt wurde.

Im Bereich der Sensoren wird, in Anlehnung an die im Kapitel 7.1 beschriebenen Komponenten, ein umfangreiches Monitoring empfohlen. Es wird empfohlen:

- Steckdosen mit Unterputz Energiemess- und Schalteinrichtungen auszustatten
- die einzelnen Räume und den Außenbereich jeweils mit (kombinierten) Temperatur-, Luftfeuchtigkeits-, CO₂- und Helligkeitssensoren auszustatten
- auf dem Dach eine Wetterstation zu installieren
- Tür- und Fensterkontakte an allen Türen und Fenstern zu installieren
- Die Stellplatzbelegung am Carport zu erfassen
- Bewegungssensoren in den einzelnen Ausstellungsräumen zu installieren

Diese Messdaten sollen auf einem Monitor für den Besucher einsehbar sein und mit Informationen verknüpft werden. Zum Beispiel kann der Temperaturwert mit der Information verknüpft werden, dass eine Reduzierung der Raumtemperatur im Winter zu großen Energieeinsparungen führen kann. Als Anhaltspunkt für optimale Temperaturen können dann die Empfehlungen des Umweltbundesamts¹⁶ zusätzlich angegeben werden. Zu einem CO₂ Sensor kann die Information gegeben werden, dass ab 1000 ppm die Leistungsfähigkeit abnimmt und das Erkältungsrisiko steigt¹⁷. Außerdem können die Stromverbräuche mit durchschnittlichen Werten versehen werden und zusätzliche Informationen zu Standby Verbrauch und energieeffizienten Alternativen aufgezeigt werden.

Ergänzt werden die Informationen aus dem RLZ durch Informationen über Energieströme aus dem Quartier. Bei vielen im Einsatz befindlichen Smart Home Systemen könnten diese Energieströme nach Verbrauchergruppen aufbereitet werden. Sind nur wenig Systeme im Betrieb ist die Aussagekraft eines solch detaillierten Monitorings im RLZ aber nicht sinnvoll.

Im RLZ soll es zwei Zonen geben. Eine Zone ist nur von der äußeren Gebäudehülle umschlossen und wird unbeheizt ausgeführt und eine zweite Zone ist von einer zusätzlichen inneren Gebäudehülle umschlossen und beheizt. Je nachdem welches Heizungskonzept für den Innenbereich vorgesehen wird sollten intelligente Steuerungen zum Einsatz kommen, die in Abhängigkeit des Besucheraufkommens und von Wetterprognosen die Räume auf angenehme Temperaturen heizen. Weiterhin sollten Exponate in Räumen, in denen keine Personen zugegen sind im Standby Modus verharren bzw. durch die integrierten Steckdosenschalteinrichtungen ausgeschaltet werden. Zusätzlich kann die Beleuchtung in solchen Räumen gedimmt werden. Dies spart Energie und bietet für den Besucher ein visuelles Feedback, dass nicht genutzte Verbraucher ausgeschaltet gehören. Intelligente Belüftung und Verschattung sollten ebenfalls in Betracht gezogen werden, sofern dies in dem Raum im Raum Konzept aus Architektensicht sinnvoll erscheint. Hier kann an dieser Stelle noch keine abschließende Empfehlung gegeben werden, da die genaue Ausgestaltung des Innenraums noch nicht feststeht.

¹⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/heizen-bauen/heizen-raumtemperatur#textpart-2>

¹⁷ Vgl.: <http://raumluft.linux47.webhome.at/natuerliche-mechanische-lueftung/co2-als-lueftungsindikator/>

8 Labortests

Um Smart Home Anwendungen zu testen wurde am Fraunhofer ISE eine Laborwand installiert. Hier werden zwei Smart Home Hubs getestet. Das Open Source SH System **Home Assistant** und das kommerzielle System **Homee**. Beide Systeme wurden modular um die drei gängigen Funkstandards **EnOcean, Z-Wave und ZigBee** erweitert um eine möglichst große Kompatibilität mit Smart Home Geräten zu gewährleisten.

8.1 Gegenüberstellung der untersuchten Systeme

Für eine langfristige Integration im Pfaff Quartier muss sich für ein kommerzielles Produkt entschieden werden, dass regelmäßige Updates und einen Support erlaubt. Ein frei konfigurierbares System wie Home Assistant bietet zwar einen deutlich größeren Funktionsumfang, da hier frei programmiert werden kann und auch die Schnittstellen zu anderen Diensten im Quartier können frei gestaltet werden, jedoch kann das EnStadt:Pfaff Konsortium nur während der Projektlaufzeit eingeschränkten Support liefern. **Daher wird in Zukunft vor allem der Test des Homee Systems weiter forciert.** Eine Auflistung weiterer wichtiger Attribute ist in der folgenden Tabelle zu finden.

Tab. 9: Gegenüberstellung der Smart Home Systeme Homee und Home Assistant

Homee	Home Assistant
+ Kommerzielles Produkt mit Support	- Kein Support
- Kein offener Quellcode	+ Offener Quellcode
o Ausreichender Funktionsumfang (Beschränkt auf IFTTTs)	+ Frei erweiterbarer, sehr großer Funktionsumfang durch Programmierung
o Keine öffentliche Schnittstelle	+ Schnittstelle kann selbst programmiert werden
+ Integration aller bisher getesteten Produkte möglich	+ Integration aller bisher getesteten Produkte möglich
+ Erfordert keine Programmierkenntnisse aber eine gewisse Technikaffinität beim Einrichten der Homegramme	- Erfordert grundlegende Programmierkenntnisse. Es gibt aber vorgefertigten Code zu den Komponenten, der übernommen werden kann.
- Erfordert spezielles Smart Home Hardware Hub und zusätzliche Funkmodule.	+ Kann auf frei wählbarem Mikrocomputer laufen und kann sich eine Hardware mit einem Agenten teilen. Docker Image verfügbar. Erfordert Funk- USB Sticks für die einzelnen Protokolle.
+ Mit eingeschränktem Funktionsumfang offline fähig.	+ Mit eingeschränktem Funktionsumfang offline fähig.

8.2 Funktionsumfang des Laboraufbaus

Die in Tab. 10 aufgelisteten Komponenten wurden bisher in das Smart Home System integriert und deren Funktion getestet. Dabei stehen die Farben für die jeweils verwendeten Funkstandards. Orange entspricht ZigBee, Blau EnOcean und Lila Z-Wave. Das System ist bei Bedarf modular erweiterbar. In Abb. 10 ist der bisherige Aufbau auf einer Smart Home Wand dargestellt.

Tab. 10: Komponentenliste des Testaufbaus am Fraunhofer ISE

Produktbezeichnung	Funktionsumfang	Hersteller
Homee Brain	Smart Home hub	Homee
ZigBee Cube	ZigBee Kommunikationsmodul	Homee
EnOcean Cube	EnOcean Kommunikationsmodul	Homee
Z-Wave Cube	Z-Wave Kommunikationsmodul	Homee
Homee Netzwerkadapter	Verbindung Homee mit Router	Homee
FIBARO Double Switch	Ein/Aus Funktion (2x 1.5 kW), Energiemessfunktion	Fibaro
Smartes Heizkörper-Thermostat	Heizkörperthermostat zur Steuerung	Eurotronic
Devol Home Control Funk-Steckdose	Ein/Aus Funktion, Energiemessfunktion	Devol
NodOn MSP-2-1-11 Funk-Steckdose EnOcean	Ein/Aus Funktion, Energiemessfunktion	NodOn
OSRAM Smart+ Zwischensteckdose Plug	Ein/Aus Funktion	Osram
Fibaro FIBFGWPF-102-5 Funk-Steckdose Weiß	Ein/Aus Funktion, Energiemessfunktion	Fibaro
GAO 0307 4fach Aufputz-Steckdose	4 Steckdosen, Kinderschutz, Polarweiß	GAO
Devol Home Control Funk-Wandschalter 9359	Funk Wandschalter mit zwei Tasten	Devol
OSRAM Smart+ LED-Leuchtmittel E27 EEK: A RGBW	RGB Lampe	Osram
OSRAM Smart+ LED-Stripe 27 W EEK: LED RGBW	RGB LED Leiste	Osram
Qubino ZMNHDD1 Funk-Dimmer Z-Wave	Dimmer, Max. Last: 0,6 A/140 W, 230 VAC	Qubino
as Schwabe 62451 Aufputz-Schalter IP54	In Verbindung mit Qubino	as Schwabe
OSRAM LED EEK A+ E27 Warmweiß	Einfache Lampe in Verbindung mit Qubino ZMNHDD1 Funk-Dimmer	Osram
Schwaiger HAL100 LED-Leuchtmittel EEK: A+	Lampe Weiß Dimmbar	Schwaiger
Schwaiger ZHS09 Funk-Tür-, Fensterkontakt	Sensor erkennt Öffnen und Schließen	Schwaiger
Bachmann 740.011 Lichterketten-System- Zubehör	Fassung E27 mit Befestigungssockel. Zur Befestigung auf festem Untergrund.	Bachmann
NodOn STP-2-1-05 Funk-Temperatursensor	Temperatursensor, Solarbetrieben	NodOn
Aeon Labs AEOEZW100 Funk-Multisensor	Bewegungssensor, Temperatursensor, Lichtsensor, Luftfeuchtigkeitssensor, Vibrationssensor, UV Sensor	Aeon Labs
e-ast ER1040-13 Rohrmotor 40 mm 29 kg 121 W	Rollladenmotor als Demo Objekt zum Qubino	e-ast
NodOn CRC-2-6-02 Funk-Fernbedienung Blau	Fernbedienung mit 4 Tasten Energy Harvesting	NodOn
QUBINO ZMNHCD1 Unterputz Jalousiemodul	Unterputzaktor zur Jalousiesteuerung	Qubino
CONBEE ZigBee, USB-Gateway, Smart Home	USB ZigBee Stick für Raspberry Pi + Home Assistant	ConBee
Z-WAVE ZME USB1 Transceiver ZME_UZB1	USB Z-Wave Stick für Raspberry Pi + Home Assistant	Z-Wave
USB 300 - Gateway, Drahtlos-Transceiver- Modul	USB EnOcean Stick für Raspberry Pi + Home Assistant	EnOcean
Qubino AN/AUS Thermostat	Ein Aus Steuerung der Warmwasser oder elektrischen Fußbodenheizung	Qubino
LED-Lampe Star E27, 2W, 136lm, rot	Visualisierung für Fußbodenheizungssteuerung	Osram

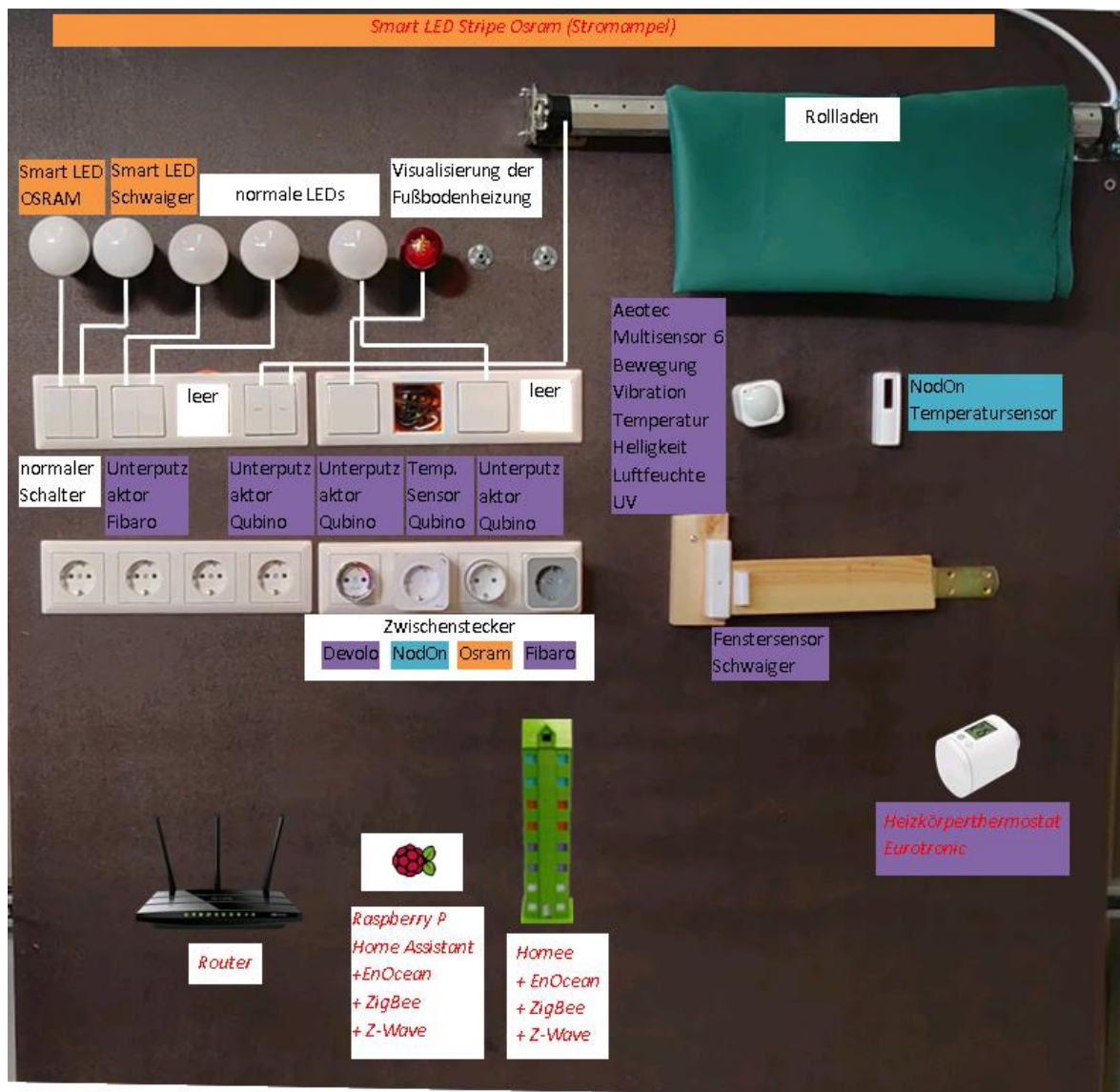


Abb. 10: Smart Home Laborwand. Mit roter Schrift sind Komponenten gekennzeichnet, die bereits geliefert aber noch nicht verbaut sind. Die smarten Komponenten sind farbig den Kommunikationsstandards EnOcean (blau), ZigBee (orange) und Z-Wave (lila) zugeordnet.

9 Ausblick

Eine Vernetzung von Smart Home Hub, Agentensystem und IKT Plattform soll im ersten Halbjahr 2020 im Smart Home Labor realisiert werden. Außerdem wird die Liste der IFTTTs erweitert und umgesetzt. Die Integration des Sprachassistenten Alexa wird durchgeführt und gegebenenfalls werden weitere Aktoren und Sensoren integriert und getestet.

Parallel dazu wird in 2020 das Frontend entwickelt. Es wird geschaut welche Inhalte auf den Touchmonitoren angezeigt werden sollen. Hier geht es zum einen um Anwendungen aus dem AP Smart Home Anwendungen aber auch um sonstige IKT Dienste, wie zum Beispiel den Pfaff Funk. Eine Visualisierung von Energieströmen und Blockchain Transaktionen aus dem agentenbasierten Energiemanagement wird ebenfalls im Zuge dieser Arbeiten entwickelt.

Aus Sozialwissenschaftlicher Sicht wird in 2020 die Idee der Flexibilitätstypen weiterentwickelt und daraus resultierend eine individuelle Parametrierung der Smart Home Systeme abgeleitet.

Die Umsetzung im Reallaborzentrum wird in Absprache mit dem AP Reallaborzentrum finalisiert und im Gebäude eingebaut. In Bezug auf MVZ und das Paff14 Objekt werden die Empfehlungen dieses Meilensteinberichts den Planern und Architekten übergeben und an einer konkreten Umsetzung gearbeitet.

Die Inbetriebnahme der ersten Smart Home Einheiten im Quartier wird aufgrund der allgemeinen Verzögerung in der Quartierserschließung erst im Jahr 2021 erwartet.