

NEUE ENERGIEN 2020

Publizierbarer Endbericht

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Endbericht

erstellt am
01/07/2015

Projekttitlel:

Smart Grids Modellregion Salzburg –
Häuser als interaktive Teilnehmer im Smart Grid: Begleitforschung

Projektnummer:
834676

Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ausschreibung	5. Ausschreibung NEUE ENERGIEN 2020
Projektstart	01/06/2012
Projektende	31/05/2015
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	36 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation
Ansprechpartnerin	Dr. Marietta Stutz
Postadresse	Bayerhamerstraße 16, 5020 Salzburg
Telefon	+43/662/8884-2112
Fax	
E-mail	mariettaapollonia.stutz@salzburg-ag.at
Website	www.salzburg-ag.at

Smart Grids Modellregion Salzburg – Häuser als interaktive Teilnehmer im Smart Grid: Begleitforschung

AutorInnen:

Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation:

Marietta Stutz

Bernhard Strasser

Siemens AG Österreich:

Thomas Lonauer

Mike Pichler

Austrian Institute of Technology:

Kathrin Röderer

Sebastian Prost

Florian Judex

Salzburg Wohnbau GmbH:

Bernhard Kaiser

Stephan Raudaschl

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
3	Inhaltliche Darstellung	9
3.1	Mensch Gebäude Interaktion	9
3.2	Optimierung und Umsetzung der Smart Grid-freundlichen Konzepte.....	10
3.2.1	Optimierung der Interaktionsmöglichkeiten zwischen Verbraucher und Gebäude	10
3.2.2	Optimierung des Gebäudeverhaltens aus Netzsicht	18
3.2.3	Anpassung des Building Energy Agent (BEA)	19
3.3	Planung des Feldversuches	21
3.3.1	Formulierung des empirischen Studienkonzeptes für die BewohnerInnen-Evaluierung	22
3.3.2	Formulierung eines Evaluierungskonzeptes für die Gebäude-Evaluierung	23
3.4	Durchführung des 1-jährigen Feldversuches	26
3.4.1	Durchführung der empirischen Evaluierung.....	26
3.4.2	Durchführung der Teststellungen der Gebäudesteuerung	29
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	32
4.1.1	Ergebnisse BewohnerInnen-Studie	32
4.1.2	Ergebnisse der Gebäude-Evaluierung.....	39
4.1.3	Schlussfolgerungen Bewohner-Evaluierung	44
4.1.4	Schlussfolgerungen Gebäude-Evaluierung	46
5	Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen.....	49
5.1	Verbreitung.....	49
5.2	Verwertung.....	51
6	Ausblick und Empfehlungen.....	52
7	Literaturverzeichnis	53
8	Anhang	54
9	Kontaktdaten.....	54

2 Einleitung

Der wachsende Anteil regenerativer Energieerzeuger geht einher mit der notwendigen Einbindung von volatilen dezentralen Erzeugern (Windkraftträder, Photovoltaikanlagen, Mini-BHKWs) in die Energienetze. Die eingeschränkte Prognostizierbarkeit von Windaufkommen und Sonneneinstrahlung bzw. die Wandlung der Rolle der Konsumenten vom Consumer zum Prosumer erschweren es, die dezentralen Erzeuger ins Netz zu integrieren und gleichzeitig die Qualität der Energieversorgung zu garantieren. Die Konsequenz ist der ressourcenbelastende und kostenintensive Ausbau von Erzeugungs- und Verteilernetzkapazitäten. Das System wird auf die Spitzenlasten ausgelegt und ist daher prinzipiell suboptimal (über-) dimensioniert.

Verbraucherseitige Maßnahmen schaffen hier Linderung: Gebäude gehören mit rund 30 Prozent des Gesamtenergiebedarfs zu den größten Verbrauchergruppen im Netz. Der Bereich der Gebäude und Haushalte birgt daher noch viel erschließbares Potenzial. Mit Lastenmanagement (z.B. Steuerung von Verbraucher in Gebäuden und Haushalten) kann das Niederspannungsnetz gezielt entlastet und die Einspeisung von dezentralen, fluktuierenden Erzeugern begünstigt werden.

Die Integration des Gebäudes, sowie der BewohnerInnen wurden in bisherigen Forschungen meist separat voneinander in unterschiedlichen Kontexten erforscht. Darüber hinaus gibt es nur wenige Bemühungen diese Konzepte in einem realistischen Kontext zu betrachten.

Im Rahmen der Smart Grids Modellregion Salzburg (SGMS) wurde innerhalb des Projektes HiT Planung&Bau (HiT - Häuser als interaktive TeilnehmerInnen im Smart Grid¹) eine Smart Grids-freundliche Wohnanlage (siehe Abbildung 1) in Salzburg errichtet, welche eine realistische Umsetzung von SG-freundlichen Konzepten darstellt und als Demonstrationsanlage mit Vorzeigecharakter fungiert.

Durch eine Kombination von Erzeugern, Speichern und Verbrauchern sowie einem Gebäudeautomationssystem stellt die Wohnanlage nutzbare Flexibilität zur Verfügung. Dies lieferte die nötige Basis für das Folgeprojekt HiT Begleit-F&E.



Abbildung 1: HiT Wohnanlage mit PV-Anlage und Pufferspeicher

Das Projekt HiT Begleit-F&E hatte zum Ziel, diese Wohnanlage im Rahmen einer einjährigen Feldstudie aus Perspektive **A) der BewohnerInnen** und **B) des Gebäudes** wissenschaftlich zu evaluieren. Die Ergebnisse sollen es ermöglichen, ein integratives Verständnis für die Umsetzung von Smart Grids-freundlichen Konzepten zu erlangen. Die Ziele waren konkret:

- (1) die Erfassung von Potentialen eines Smart Grid-freundlichen Gebäudes,
- (2) eine Optimierung und Ausbau von Interaktions- sowie Gebäudetechnologien für die Wohnanlage,
- (3) eine Beschreibung der Interaktion zwischen Mensch und Gebäude,
- (4) eine Evaluierung der Netzfrendlichkeit des Gebäudes und
- (5) die Erstellung eines Leitfadens für die Umsetzung einer Smart Grid-freundlichen Wohnanlage.

¹ Smart Grids Modellregion Salzburg- HiT Planung und Bau (FFG-Projekt-Nr.: 829996)

Um diese Ziele zu erreichen und das Gebäude sowie seine BewohnerInnen als „interaktive TeilnehmerInnen“ ins Smart Grid einzubinden, wurden seitens des Gebäudes möglichst viele Flexibilitäten in Form von steuerbaren Verbrauchern, Erzeugern und Speichersystemen vorgesehen. Dazu wurde im Zuge des HiT Planung&Bau Projektes die Energiezentrale (siehe Abbildung 2) für das Gebäude so ausgelegt, dass es optimal auf den Zustand des elektrischen Netzes und der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien reagieren kann. Es wurde ein Blockheizkraftwerk (BHKW), ein Pufferspeicher, eine Wärmepumpe (WP), eine Photovoltaikanlage (PV) sowie ein Fernwärmeanschluss (FW) realisiert, welche im Zuge des Projektes HiT Begleit-F&E über ein Gebäudeautomationssystem aufeinander abgestimmt gesteuert werden. Das automatisierte Lastmanagement von elektrischen Erzeugern und Verbrauchern findet ohne Komfortverlust für die BewohnerInnen statt.



Abbildung 2: Energiezentrale mit BHKW biogasbetrieben, Wärmepumpe und Fernwärme als Backup
(Foto: © DI Christof Reich)

Die Wohnanlage soll zu Zeiten in denen ein Überschuss im Netz besteht die vorhandenen Speichersysteme laden und in Zeiten in denen Engpässe herrschen die Leistung reduzieren bzw. nach Möglichkeit zusätzlich einspeisen. Hierzu wurde eine Preiskurve, bestehend aus einem Netz- und einem Energieanteil, erstellt. Diese wird jeweils am Vortag (day-ahead) an das Gebäude gesendet und dort verarbeitet. Der sogenannte Building Energy Agent (BEA) generiert einen Fahrplan für das Automatisierungssystem und eine relative Lastprognose für den Energiehandel. Dieser könnte die Lastprognose für den optimierten Einkauf an der Spotmarktbörse einsetzen. Somit wurde die technische Anbindung des Gebäudes an ein übergeordnetes Netz- und Energiemanagementsystem umgesetzt. Das Gebäude nutzt seine Flexibilitäten, um eine Kostenoptimierung durchzuführen und meldet den prognostizierten Energieverbrauch an das Managementsystem zurück.

Für die Integration der BewohnerInnen ins Smart Grid wurde basierend auf einer Literaturrecherche, einer empirischen Studie sowie den Erkenntnissen aus bereits abgeschlossenen SGMS Projekten ein Konzept für den Einsatz von innovativen Interaktionstechnologien zwischen BewohnerInnen und Gebäude entwickelt.

34 der insgesamt 129 Wohnungen wurden technisch speziell ausgestattet. So wurde in diesen sogenannten Monitoring-Wohnungen ein ECO-Button installiert. Bei Betätigung des ECO-Button wird pro Raum eine gekennzeichnete Steckdose spannungslos geschaltet und der Sollwert des Raumtemperaturreglers im Wohnzimmer um einen einstellbaren Wert abgesenkt. Des Weiteren wurden Raumtemperaturregler sowie Raumluftsensoren zur Messung von Raumtemperatur, relativer Raumluftfeuchte und CO₂-Konzentration installiert.

Die wesentlichste Interaktionsmöglichkeit für die BewohnerInnen stellte die Webapplikation „Smart Center“ dar. Diese vereint die Anwendungen Energiefeedback, Home-Automation, Car-Sharing sowie eine Prognose-Uhr (dargestellt in Abbildung 3). Die Prognose-Uhr stellte den BewohnerInnen Informationen über einen zeitvariablen Stromtarif zur Verfügung. Dazu wurden die Ampelfarben grün, gelb und rot verwendet, die als Farbstreifen rund um die Uhr angeordnet sind. Dieser Streifen signalisiert für die jeweilige Stunde den (virtuellen) Stromtarif, in Summe also 12 Stunden in die Zukunft. Die

entsprechenden Preisinformationen kommen vom Building Energy Agent. Dabei werden die jeweils teuersten und günstigsten Stunden des Tages ermittelt und farblich durch rot bzw. grün dargestellt. Die Phasen dazwischen sind gelb.



Abbildung 3: Prognose-Uhr im „Smart Center“

Das Smart Center konnte von den BewohnerInnen über einen Tablet-PC bedient werden, welcher per Tischhalterung in den Monitoring-Wohnungen positioniert war. Dies ermöglichte eine permanente Präsenz der zur Verfügung stehenden Interaktionsmöglichkeiten und bot den BewohnerInnen eine wertvolle Hilfestellung, wie sie Ihren Energieverbrauch optimieren können.

Weiters wurde den BewohnerInnen ein Gerät namens Wattson zur Verfügung gestellt. Der Wattson ist ein kommerzielles Produkt, welches den aktuellen Stromverbrauch misst und Echtzeitfeedback in Watt und Euro anzeigt. Dieses Echtzeit-Feedback ist für die KundInnen wertvoll, da sie damit den Energieverbrauch von einzelnen Elektrogeräten identifizieren können.

Zusätzlich erhielten die Bewohner von 85 der insgesamt 129 Wohnungen Zugriff auf das Energiefeedback-Webportal „Energie Cockpit“ sowie einen monatlichen Newsletter (Verbrauchsinformation mit Tipps) per Post zugesandt.

Die Integration der verschiedenen Anwendungen in HiT Begleit-F&E sollte nicht nur einen einfachen und benutzerfreundlichen Zugriff auf die bereitgestellten Funktionen bieten, sondern auch Bewusstsein für das Thema Energie schaffen und die BewohnerInnen dauerhaft zu nachhaltigerem Verhalten motivieren.

Innerhalb des 1-jährigen Feldversuches (April 2014 bis März 2015) wurde die Wohnanlage aus Sicht der **A) BewohnerInnen** und **B) des Gebäudes** evaluiert.

Das **empirische Studienkonzept für die BewohnerInnen-Evaluierung** umfasste eine Reihe von Befragungen, die in Form von Fragebögen, Fokusgruppen (siehe Abbildung 4), Interviews, und Tagebuchstudien mit den BewohnerInnen der Monitoring-Wohnungen und zum Teil mit den BewohnerInnen der restlichen Wohnungen durchgeführt wurden. Die unterschiedlichen Befragungen dienten der Beantwortung der zentralen Forschungsfragen nach Akzeptanz der eingesetzten Technologien sowie mögliche Änderungen im Energieverhaltensverhalten.

Die Ergebnisse der BewohnerInnenstudie zeigen, dass der Einsatz von Interventionstechnologien tatsächlich die gewünschten Ergebnisse bezüglich einer Stromverbrauchsreduktion sowie das Auftreten von Lerneffekten erzielte. So verbrauchten die **BewohnerInnen der Monitoring-Wohnungen** im Vergleich zu den BewohnerInnen der Vergleichswohnungen auf das Studienjahr gerechnet **um 14,88% weniger Strom**.



Abbildung 4: Fokusgruppe im Zuge der BewohnerInnen-Studie

Das **technische Evaluierungskonzept für das Gebäude** umfasste die Evaluierung der Wärmebereitstellung an sich und die Evaluierung des Gebäudeverhaltens. Bei der Wärmebereitstellung wurde untersucht, wie effizient die benötigte Wärme aus den unterschiedlichen Energieträgern erzeugt wird. Bei der Evaluierung des Gebäudeverhaltens wurde untersucht, wie effizient Strom und Wärme im Gebäude verwendet werden. Zusätzlich wurden die für den Innenraumkomfort maßgeblichen Parameter CO₂ und Luftfeuchtigkeit sowohl in den Wohn- als auch in den Schlafzimmern der Monitoring-Wohnungen gemessen und bewertet, sowie die Benutzerwünsche bezüglich der Raumtemperatur analysiert.

Die Ergebnisse der Gebäudeauswertung zeigen, dass der **Smart-Grid optimierte Betrieb** im Vergleich zum Normalbetrieb zu einer **Kostenreduktion** von **6,9 %** bei „Volleinspeisung“ führt. Nimmt man an, dass der vom BHKW erzeugte Strom zu 100% im Gebäude verbraucht wird, erzielt man sogar eine Kostenreduktion von **10,9 %**.

Im folgenden Kapitel 3 werden die Inhalte bzw. die Methodik des Projektes im Detail erläutert. Anschließend werden in Kapitel 4 die Ergebnisse sowohl der BewohnerInnen- als auch der Gebäude-Studie vorgestellt und darauf basierend Schlussfolgerungen gezogen. Abschließend wird in Kapitel 5 ein Ausblick sowie Empfehlungen für künftige Forschung gegeben.

3 Inhaltliche Darstellung

3.1 Mensch Gebäude Interaktion

Zu Beginn des Projektes wurden mögliche Interaktionskonzepte zwischen Mensch und Gebäude erhoben und klassifiziert. Dazu wurde zuerst eine Literaturrecherche zum Themenkomplex Mensch-Gebäude Interaktion durchgeführt, wobei ein spezielles Augenmerk auf die Themen Energie-Feedback, Persuasion (d.h. der gezielte Einsatz von IKT um Verhalten in Richtung Energiesparen und Nachhaltigkeit zu beeinflussen) sowie Privatsphäre und Datenschutz gelegt wurde. Diese Recherche lieferte eine ausführliche Zusammenfassung des Stands der Technik in Hinblick auf Interaktionstechnologien für Gebäude. Weiters wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse der vorhergehenden SGMS Projekte C2G² und Peem³ analysiert und auf deren Relevanz für HiT Begleit-F&E bewertet. Auf Basis dieser Analyse sowie der Ziele von HiT Begleit-F&E wurde eine Vorschlagsliste mit möglichen Interaktionstechnologien für das Projekt erarbeitet.

Um die Wünsche von unterschiedlichen Nutzergruppen an diese Interaktionstechnologien zu erheben, wurde im Anschluss eine empirische Überprüfung dieser erarbeiteten Interaktionskonzepte sowie der entwickelten User Interface Designs mit 8 Endbenutzern durchgeführt. Der Fokus lag hierbei auf der prinzipiellen Verständlichkeit, der Usability und der User Experience der Interaktionssysteme, die anhand eines Click-Dummies im Rahmen einer Laborstudie getestet wurden.

Die Test-Benutzer zeigten großes Interesse an den entwickelten Interaktionssystemen und nahmen die präsentierten Designs weitgehend gut an. Die identifizierten Schwächen des Designs bezüglich der Usability flossen in die Anforderungen für die Entwicklung des Endkonzeptes mit ein.

Zusätzlich sollten die Einflussvariablen und Barrieren von energieeffizientem Verhalten identifiziert werden. Dazu wurden in einer Online-Fragebogenstudie Barrieren und förderliche Faktoren mittels standardisierten Fragebögen erhoben. Insgesamt nahmen 391 Personen (davon 212 Frauen) mit einem durchschnittlichen Alter von 40 Jahren an der Studie teil. Dabei wurden neben sozio-demographischen Daten, wie Alter, Geschlecht, Bildungsstand, persönliches Einkommen, Wohnsituation und Bedeutung von Energie im Alltag, Einflussvariablen auf das Energiesparverhalten erhoben.

Im Rahmen dieser Erhebung von Barrieren für energiesparendes Verhalten zeigte sich, dass Personen, die bereits aktiv Energie sparen, im Vergleich zu den Testpersonen, die keine Energie sparen, mehr umweltfreundliche Verhaltensweisen, eine höhere Intention in Bezug auf Umweltverhalten, eine umweltfreundlichere Einstellung, höheres Problembewusstsein, einen internaleren Attributionsstil und umweltschonendere Gewohnheiten aufwiesen. Als wichtige Barrieren konnten eine geringe Handlungsintention, geringe Selbstwirksamkeit, eine mangelnde Umwelteinstellung, fehlendes Problembewusstsein, ein externaler Attributionsstil und ungünstige Gewohnheiten identifiziert werden. Diese Barrieren können durch verschiedene Strategien adressiert und so überwunden werden. So sollten beispielsweise ausreichend Informationen über die Folgen und Gefahren des Klimawandels gegeben und gleichzeitig Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Psychologische Kosten sollten niedrig gehalten und Anreize, Energie zu sparen, geschaffen werden.

Basierend auf den Ergebnissen der empirischen Überprüfung sowie der Erhebung von Barrieren wurden die bereits zuvor erarbeiteten Interaktionstechnologien optimiert und ein endgültiges Interaktionskonzept

² Smart Grids Modellregion Salzburg – Consumer to Grid (FFG-Projekt-Nr.: 825551)

³ Smart Grids Modellregion Salzburg – Persuasive End-User Energy Management (FFG-Projekt-Nr.: 825501)

für die HiT Wohnanlage und deren Bewohner festgelegt. Die im Projekt eingesetzten Interaktionstechnologien werden in Kapitel 3.2 ausführlich erläutert.

Eine detaillierte Erläuterung zu diesen im Projektteam stattgefundenen Arbeiten ist im Deliverable „**D2.1 Theoretische und empirische Bearbeitung des Themengebietes Mensch-Gebäude Interaktion**“ zu finden.

3.2 Optimierung und Umsetzung der Smart Grid-freundlichen Konzepte

3.2.1 Optimierung der Interaktionsmöglichkeiten zwischen Verbraucher und Gebäude

Von den insgesamt 129 Wohnungen der Wohnanlage wurden 34 Wohnungen mit den entwickelten Interaktionstechnologien ausgestattet. Diese Wohnungen werden im Folgenden als Monitoring-Wohnungen bezeichnet sowie die eingesetzten Interaktionstechnologien beschrieben.

Interaktionstechnologie 1: Wattson

Der Wattson (siehe Abbildung 5) wurde eingesetzt um den BewohnerInnen Echtzeitfeedback zu ihrem Stromverbrauch zur Verfügung zu stellen. Der Wattson wurde den BewohnerInnen zu Beginn des Feldversuches für die Dauer von ca. 6 Monaten in Kombination mit einer Energieberatung zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe des Wattsons konnten die BewohnerInnen selbständig den Verbrauch einzelner Geräte identifizieren, indem sie diese ein- beziehungsweise ausgeschaltet und die Veränderung im Verbrauch beobachtet haben.



Abbildung 5: Wattson

Interaktionstechnologie 2: Home Automation in den Wohneinheiten

Die 34 Monitoring-Wohnungen wurden zusätzlich mit den in Abbildung 6 dargestellten Geräten der Gebäudetechnik ausgestattet.

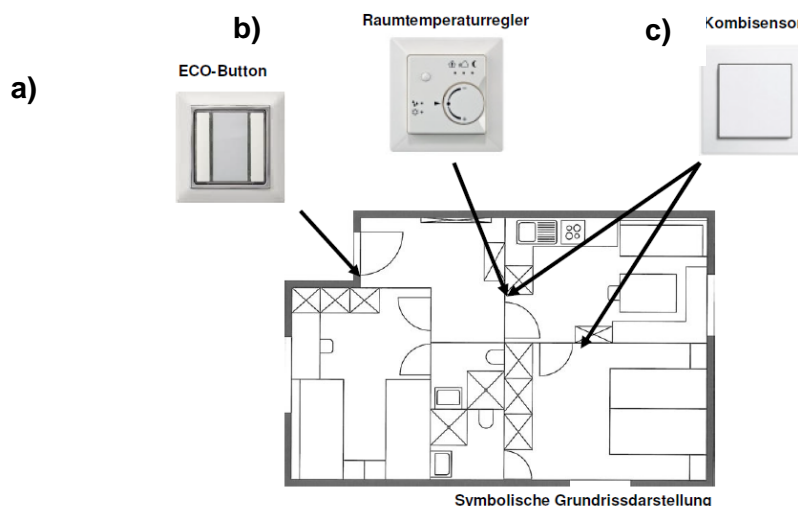


Abbildung 6: Geräte der Gebäudetechnik: ECO-Button, Raumtemperaturregler, Kombisensor

Die Kommunikationsanbindung der Geräte erfolgte über das KNX-System, welches in der Energiezentrale mit der Gebäudeleittechnik verbunden ist und so eine Fernauslesung und Aufzeichnung der Werte ermöglicht. Im Folgenden werden die einzelnen Geräte beschrieben.

a) ECO-Button im Eingangsbereich

Die Grundidee des ECO-Buttons im Projekt war, durch eine bewusste Maßnahme (drücken des Tasters) eine Reduktion des Energieverbrauchs bei gleich bleibendem oder nur geringfügig sinkendem Komfort zu ermöglichen. Dazu wurde ein Taster im Eingangsbereich der Wohnung installiert und mit dem Kommunikationssystem der Wohnung verbunden. Damit die mit dem Taster verbundene ECO-Funktion auch Auswirkungen auf den elektrischen Energieverbrauch haben konnte, mussten auch elektrische Verbraucher an das System angeschlossen werden. Da in einer Wohnung zum Zeitpunkt der Errichtung nicht bestimmt werden konnte, über welche technischen Geräte die späteren BewohnerInnen verfügen und wo diese an das Stromnetz angeschlossen werden, musste eine generische Lösung überlegt werden. Aus diesem Grund wurden in den einzelnen Räumen speziell markierte Steckdosen installiert, die im ECO-Betrieb spannungslos geschaltet werden. Die BewohnerInnen hatten nun unter Anleitung der im Projekt eingesetzten Energieberater die Möglichkeit, Verbraucher für diese Steckdosen auszuwählen und diese Verbraucher bei Bedarf durch den ECO-Button zentral vom Netz zu trennen. So konnte beispielsweise der Standby-Verbrauch einzelner Geräte minimiert werden. Abbildung 7 zeigt den im Projekt installierten ECO-Button. Das Beschriftungsschild in der Mitte des Tasters wurde projektspezifisch entworfen und an die programmierte Funktionsweise der LEDs am Taster angepasst.



Abbildung 7: ECO-Button inkl. Beschriftungsfeld

b) Raumtemperaturregler im Wohnzimmer

Zur Steuerung der Raumtemperatur im Wohnzimmer wurde ein Temperaturregler in den 34 Monitoring-Wohnungen installiert, siehe Abbildung 8.



Abbildung 8: Raumtemperaturregler Wohnzimmer (ohne Rahmen)

Im Gegensatz zu den in den restlichen Räumen und Wohnungen installierten Raumthermostaten können die Mess- und Zustandswerte dieses Reglers über ein Kommunikationssystem zentral abgelesen werden und entsprechende Einstellungen (z.B. Vorgabe des Sollwerts) vorgenommen

werden. Dies ist die Voraussetzung, um eine Fernbedienung über eine Applikation („App“) zu ermöglichen. Grundsätzlich ist die Funktion des Gerätes das Steuern der Raumheizung im Wohnzimmer auf Basis eines eingestellten Sollwerts. Dieser Sollwert ist durch die sogenannte Betriebsart bestimmt und kann mittels eines Drehknopfs am Gerät in einem zentral einstellbaren Bereich (im Projekt +/- 3K) verändert werden. Die möglichen Betriebsarten des Reglers sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Betriebsarten des Raumtemperatur-Reglers

Betriebsart	Raumtemperatur-Sollwert
Normalbetrieb	Eingestellter Sollwert unter Berücksichtigung der Sollwertkorrektur mittels Drehknopf am Gerät
ECO-Betrieb	Sollwert Normalbetrieb -1K
Urlaubsmodus	15°C

c) Raumluftsensor für Temperatur, relative Feuchte und CO₂-Konzentration im Wohnzimmer und im Schlafzimmer

Um das Bewusstsein der BewohnerInnen für Kennzahlen der Raumluft zu stärken und eine wissenschaftliche Begleitforschung zu ermöglichen, wurden in den Monitoring-Wohnungen Kombisensoren im Wohn- und Schlafzimmer installiert. Diese messen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt der Luft und machen die Werte über die Gebäudeleittechnik verfügbar. Eine LED-Anzeige auf den Sensoren zeigt durch verschiedene Farben die Höhe des CO₂-Gehalts, der in „parts per million“ (ppm) gemessen wird. Tabelle 2 zeigt die verschiedenen Signalfarben und ihre Bedeutung.

Tabelle 2: Bedeutung der Signalfarben am Kombisensor

Signalfarbe	CO ₂ -Gehalt	Bedeutung
grün	<1000ppm	Raumluftqualität sehr gut
gelb/orange	zwischen 1000 und 1500ppm	Raumluftqualität mäßig
rot	>1500ppm	Raumluftqualität schlecht

Abbildung 9 zeigt den Aufbau und das Aussehen des Kombisensors (in der Darstellung ohne Rahmen). Das Sonnen-Symbol in der rechten, oberen Ecke des Frontmoduls ist die LED-Anzeige zur Indikation der CO₂-Konzentration. Die erfassten Messwerte (CO₂ Gehalt, relative Feuchtigkeit) des Sensor konnten über die Home Automation Webapplikation abgelesen werden.



Abbildung 9: Aufbau des Kombisensors

Interaktionstechnologie 3: Tablet PC als Ambient Screen mit „Smart Center-App“

Die BewohnerInnen der 34 Monitoring-Wohnungen erhielten zu Beginn des Feldversuches am 1. April 2014 jeweils einen Tablet PC, auf welchem die im Projekt entwickelte Webapplikation „Smart Center“ vorinstalliert war (siehe Abbildung 10). Das Smart Center vereint mehrere Anwendungen, wie Energieverbrauchsfeedback, Home-Automation, Car-Sharing sowie eine Prognose-Uhr, die anzeigt, zu welchen Zeiten es „grün=günstig“ oder „rot=teuer“ ist, Strom zu verbrauchen.



Abbildung 10: Tablet PC mit Smart Center App

Ziel war es, dass der Tablet PC von den BewohnerInnen an einem zentralen Ort wie etwa der Küche oder im Wohnzimmer positioniert wird. Dazu erhielten die BewohnerInnen eine Tischhalterung. Durch die permanente Präsenz sollen die BewohnerInnen ständig mit dem Thema „Energieeinsparung“ konfrontiert werden.

Die Smart Center App wechselte nach 5 min ohne Bedienung automatisch in den sogenannten Passivmodus. In diesem Modus wechselt der Hintergrund der App von weiß auf schwarz, da dies unauffälliger und angenehmer zu betrachten ist. Bei Berührung des Bildschirms wechselt die Darstellung der App mit einer Überblendung in den Aktivmodus mit weißem Hintergrund. Im Folgenden werden die einzelnen Anwendungen des Smart Centers beschrieben.

a) Prognose-Uhr

Die Prognose-Uhr (siehe Abbildung 11) stellt den BewohnerInnen Informationen über einen zeitvariablen Stromtarif zur Verfügung. Dazu werden die Ampelfarben grün, gelb und rot verwendet, die als Farbstreifen rund um die Uhr angeordnet sind. Dieser Streifen signalisiert für die jeweilige Stunde den (virtuellen) Stromtarif, in Summe also 12 Stunden in die Zukunft. Die entsprechenden Preisinformationen bestehen aus einem Netz- und einem Energieanteil.

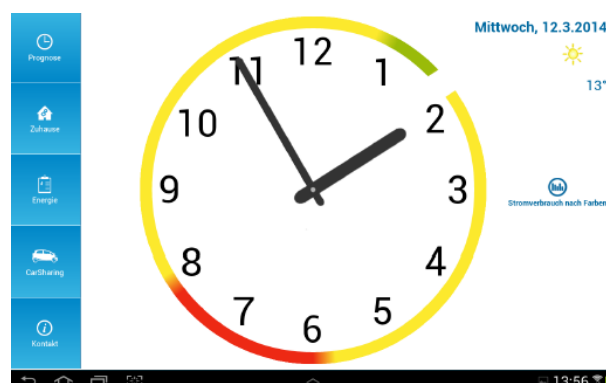


Abbildung 11: Screenshot Prognose-Uhr

Die drei Farben Rot, Gelb und Grün stehen für die folgenden 3 **virtuellen Stromtarife**:

- **Rot** bedeutet, dass der fiktive Stromtarif ca. **30% teuer** ist als der üblicher Tarif
- **Gelb** bedeutet, dass der fiktive Stromtarif **gleich** hoch ist wie der üblicher Tarif
- **Grün** bedeutet, dass der fiktive Stromtarif ca. **30% günstiger** ist als der üblicher Tarif

Ab dem 1. April 2014 wurde über ein Jahr hinweg mitverfolgt, ob die BewohnerInnen den Strom eher in grünen, gelben oder roten Zeiten verbrauchen. Nach einem Jahr wurde berechnet, ob die BewohnerInnen mit den drei fiktiven Stromtarifen höhere oder niedrigere Stromkosten erzielt haben, als mit ihrem üblichen Stromtarif.

Zu beachten ist, dass der Stromtarif nur fiktiv angeboten wurde. Das bedeutet, dass die Abrechnung des Stromverbrauches wie üblich einmal jährlich mit dem gewohnten Stromtarif der Salzburg AG erfolgte. Darüber hinaus gab es folgende Optionen:

- Falls BewohnerInnen am Ende der Evaluierung viel Strom in grünen Zeiten verbraucht hatten, erhielten sie von der Salzburg AG eine Gutschrift über die Differenz der Einsparung im Vergleich zu ihrem üblichen Stromtarif.
- Falls BewohnerInnen am Ende der Evaluierung viel Strom in roten Zeiten verbraucht hatten, dann erhielten sie eine Benachrichtigung per Post, dass sie eine fiktive Lastschrift erzielt hatten. Natürlich mussten die BewohnerInnen diese Lastschrift nicht tatsächlich an die Salzburg AG überweisen. Diese dient nur zu ihrer Information!

Um den BewohnerInnen ein Feedback über ihr Stromverbrauchs-Verhalten zur Verfügung zu stellen, gelangte man bei Klick auf den Button „Stromverbrauch nach Farben“ zu in Abbildung 12 dargestelltem Diagramm. Die BewohnerInnen konnten hier ihren Stromverbrauch der vergangenen 7 Tage sowie ihren Stromverbrauch seit Studienbeginn (1. April) einsehen. Weiters wurde den BewohnerInnen visualisiert, wie viel Strom sie in grünen, gelben oder roten Zeiten verbraucht haben. An Tagen an denen sie besonders viel Strom in roten Zeiten verbraucht haben, erschien ein rotes Eurosymbol. Dies sollte die BewohnerInnen daran erinnern, dass sie an diesem Tag eine fiktive Lastschrift erwirkt haben. Ebenso wurde ein grünes Eurosymbol an Tagen angezeigt, an denen besonders viel Strom in grünen Zeiten verbraucht wurde und die BewohnerInnen somit eine tatsächliche Gutschrift erwirtschaftet haben.

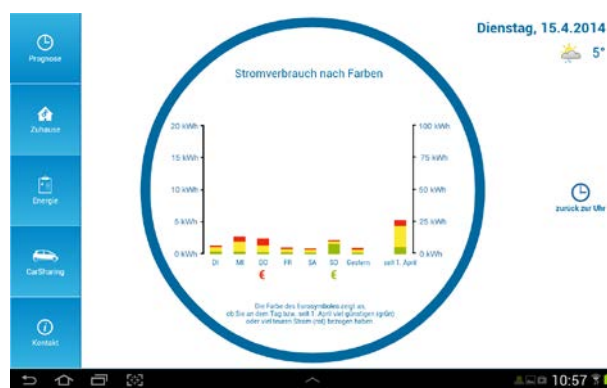


Abbildung 12: Screenshot „Stromverbrauch nach Farben“

b) Home-Automation App

Beim Klick auf „Zuhause“ auf der Smart Center App gelangte man zu der Home-Automation Webapplikation, siehe Abbildung 13. Ziel der Home Automation Webapplikation war es, eine auf die Ausrüstung in den Monitoring-Wohnungen zugeschnittene Applikation zu entwickeln, die über verschiedene Webbrowser auf PCs, Tablets und sonstigen Geräten verwendet werden kann. Ein weiteres Ziel war es den BewohnerInnen der Monitoring-Wohnungen eine komfortable Bedienung bzw. Überblick über den aktuellen Zustand ihrer Wohnung zu ermöglichen.



Abbildung 13: Screenshot der Home Automation Webapplikation

Die Home-Automation App bot folgende **Funktionen** für die BewohnerInnen der Monitoring-Wohnungen an:

- 1) Login mit individuellem Benutzernamen und Passwort
- 2) Darstellung des aktuellen Wetters und der aktuellen Außentemperatur (gemessen direkt am Gebäude)
- 3) Darstellung einer Wetterprognose für den aktuellen und die kommenden beiden Tage (Daten von der Österreichischen Zentralanstalt für Metrologie und Geodynamik, ZAMG)
- 4) Anzeige der aktuellen Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Konzentration in Wohn- und Schlafzimmer, inkl. Farbindikator zur Einstufung der Werte
- 5) Anzeige der aktuell eingestellten Sollwertkorrektur (Drehknopf) am Raumtemperaturregler im Wohnzimmer
- 6) Ändern des Raumtemperatur-Sollwerts im Wohnzimmer
- 7) Anzeige des Urlaubsmodus (im Urlaubsmodus kann die Raumtemperatur und der ECO-Button nicht bedient werden)
- 8) Anzeige des aktuellen Zustands des ECO-Buttons
- 9) Ändern des Zustand des ECO-Buttons

c) Energie Cockpit der Salzburg AG

Beim Klick auf „Energie“ im Smart Center gelangte man zu einem Energiefeedback-Webportal, genannt „Energie Cockpit“, siehe Abbildung 14. Das Energie Cockpit ermöglichte den BewohnerInnen Energiefeedback über ihren vergangenen Strom-, Wasser und Wärmeverbrauch.



Abbildung 14: Screenshot Energie Cockpit

d) Car Sharing: Link auf EMIL Webportal

Weiters konnte man im Smart Center über den Menüpunkt „Car“ auf das Car Sharing Buchungssystem von EMIL gelangen. EMIL, das E-Mobil zum Ausleihen, ist ein Gemeinschaftsprojekt der REWE International AG und der Salzburg AG. EMILs sind eine grüne Flotte von E-Mobilen, welche in Salzburg gemietet werden können. Die Elektroautos werden zu 100% elektrisch betrieben und stoßen damit während der Fahrt kein CO₂ aus. Die BewohnerInnen konnten die Verfügbarkeit der E-Autos in Salzburg via Tablet PC auf der EMIL Website einsehen und diese reservieren.



Abbildung 15: Car Sharing Buchungssystem EMIL

Interaktionstechnologie 4: SG-fähiger Geschirrspüler

Im Rahmen der Interaktionstechnologien wurde auch demonstriert, wie Haushaltsgeräte in das Gesamtsystem eingebunden werden können. Dazu wurde ein Geschirrspüler des Herstellers Miele im Gemeinschaftsraum der Wohnanlage mit dem Building Energy Agent des Gebäudes gekoppelt. Unter Verwendung der Ampelphasen (grün-gelb-rot) wurde der Geschirrspüler bei entsprechender Konfiguration der gewünschten Abschlusszeit durch den Benutzer automatisch in den grünen Phasen betrieben. Das verwendete Gerät bot diese Funktionalität an, eine Bedienung über das Smart Center war allerdings nicht möglich.

Interaktionstechnologie 5: Energie Cockpit inkl. monatlichem Newsletter

Zusätzlich erhielten alle BewohnerInnen der insgesamt 129 Wohnungen das Angebot, das Energie Cockpit der Salzburg AG kostenlos zu nützen. 85 Wohnungen nahmen diese Möglichkeit wahr. Diese BewohnerInnen erhielten zusätzlich einen monatlichen Newsletter (Verbrauchsinformation mit Tipps, siehe Abbildung 16) per Post zugesandt.

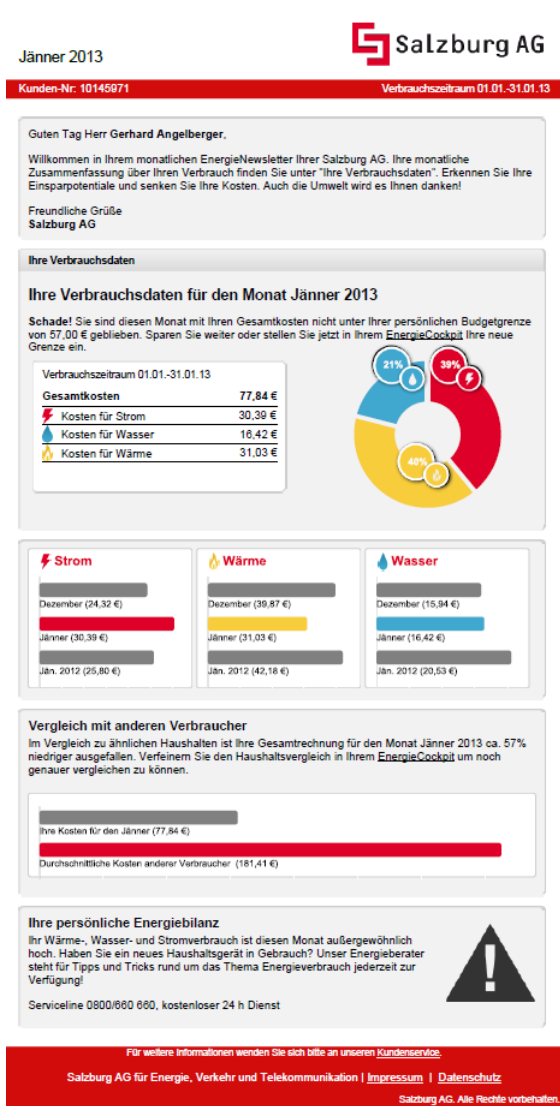


Abbildung 16: monatlicher Newsletter

3.2.2 Optimierung des Gebäudeverhaltens aus Netzsicht

Bei den Anforderungen aus Netzsicht spielen teilweise unterschiedliche Interessen von Stromnetz und –markt eine wichtige Rolle. Bei der Berücksichtigung von Lastflexibilitäten in Gebäuden stellt sich die Frage nach Art und Weise der Berücksichtigung der Flexibilitäten im elektrischen Energiesystem. In Abbildung 17 wird dieser Zusammenhang grafisch dargestellt. Die Verbraucher und Erzeuger sind grundsätzlich an zwei Verträge gebunden: Den Netzanschluss- und Netznutzungsvertrag mit dem Verteilernetzbetreiber und den Energiebezugs- oder Einspeisevertrag mit einem Energielieferanten. Diese spiegeln auch die unterschiedlichen Interessen bei der Verwendung von flexibilisierten Lasten wider. Unter flexible Lasten werden sämtliche Objekte miteinbezogen, die prinzipiell zu einer Verschiebung von Verbrauch oder Einspeisung in der Lage sind. Dazu gehören, wie die unterste Ebene der Abbildung 17 zeigt, Gebäude, Elektromobilität, Speicher, dezentrale Erzeugung sowie auf Wohnanlagen und Gebäudekomplexe aggregierte Flexibilitäten. Die Bündelung und das Anbieten dieser vergleichsweise kleinen Verschiebepotentiale kann durch einen Flexibility Operator übernommen werden.

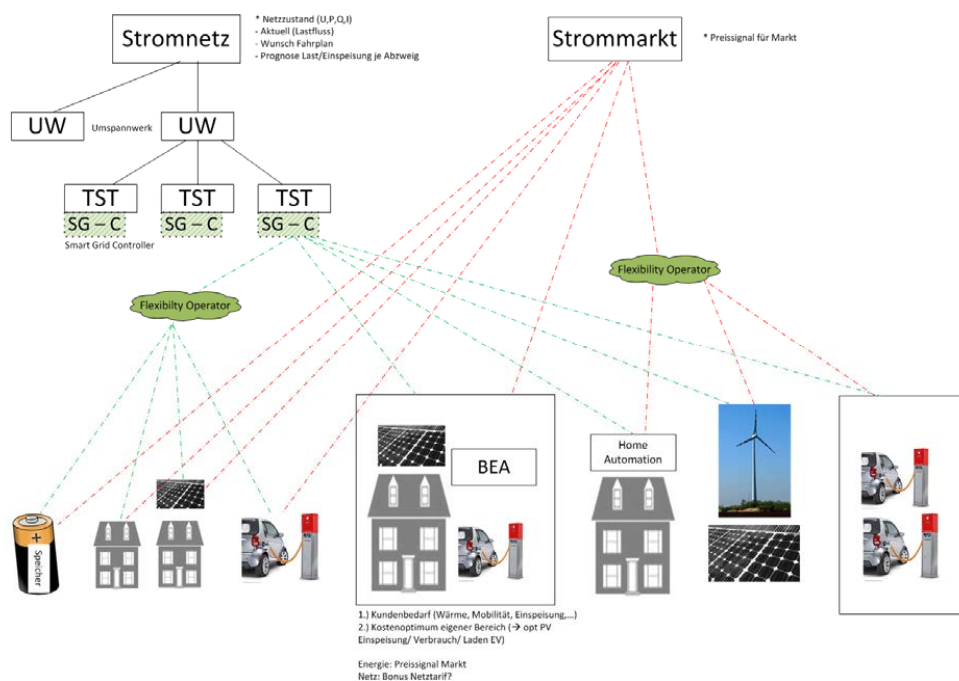


Abbildung 17: Beispielhafte Darstellung der Marktmechanismen im Smart Grid

Grundsätzlich können die Bedürfnisse der Flexibilitätsanbieter folgendermaßen beschrieben werden:

- Konsum von Energiedienstleistungen,
- Kosten-, und Komfortoptimum im eigenen Bereich, was auch die Eigenverbrauchsoptimierung unter Nutzung von Eigenerzeugungsanlagen wie z.B. Photovoltaik umfassen kann.

Diese Bedürfnisse sollten im Smart Grid möglichst breit und uneingeschränkt Berücksichtigung finden. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten Flexibilitäten optimiert einzusetzen: strommarkt- und stromnetzoptimiert. Im HiT Gebäude wurde versucht Teile dieser Marktmechanismen abzubilden. In mehreren Workshops wurde ein Konzept erarbeitet, wie das Gebäude in das Smart Grid und seine Marktmechanismen bestmöglich eingebunden werden kann, wobei in Maßnahmen, welche die Energiezentrale betreffen, und Maßnahmen, welche direkt die Nutzer und Wohnungen betreffen, unterschieden werden kann. Dabei sollen beide Maßnahmenpakete derselben übergeordneten Strategie folgen, die das Stromnetz entsprechend den Netzzuständen entlastet bzw. belastet. D.h. die

Gesamtanlage soll zu Zeiten in denen ein Überschuss im Netz besteht viel Strom verbrauchen und in Zeiten in denen Engpässe herrschen wenig verbrauchen bzw. nach Möglichkeit zusätzlich einspeisen.

Als geeignetes Werkzeug zur Abbildung der übergeordneten Strategie wurde eine gemeinsame Preiskurve (Gesamtpreiskurve) aus Markt- und Netzkomponenten entwickelt. Abbildung 18 zeigt diese sogenannte Gesamtpreiskurve beispielsweise für den 28.10.2013. Dabei werden die 6 teuersten Stunden des Tages mit „rot“ gekennzeichnet, die 6 günstigsten Stunden hingegen mit „grün“. Die Stunden dazwischen werden „gelb“ markiert. Diese Farben sollen einerseits den Bewohnern über die Prognose-Uhr angezeigt werden sowie zur Steuerung des Smart Grid-fähigen Miele Geschirrspülers verwendet werden, andererseits soll die Energiezentrale im „Smart Grid optimierten Betrieb“ (siehe 3.3.2) danach gesteuert werden.

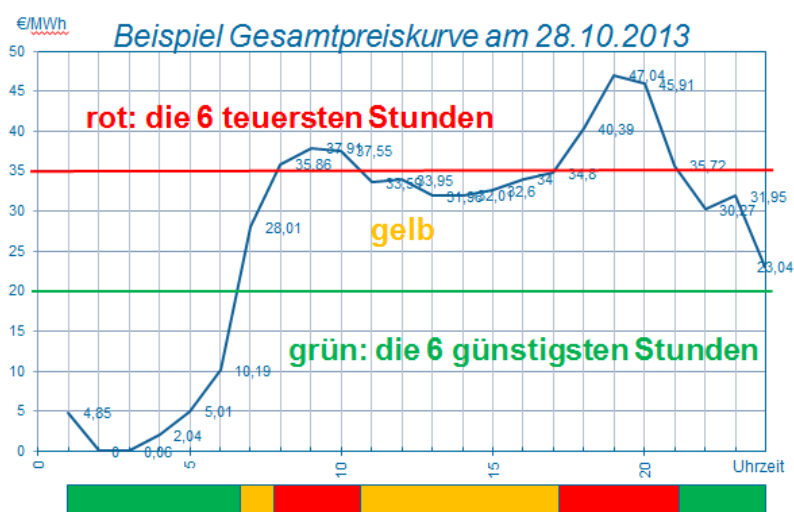


Abbildung 18 Gesamtpreiskurve

Die technische Umsetzung dieses Konzeptes mittels des Building Energy Agent (BEA) wird im folgenden Kapitel 3.2.3 erläutert.

3.2.3 Anpassung des Building Energy Agent (BEA)

Der Building Energy Agent (BEA) wurde hinsichtlich der technischen Anbindung des Gebäudes an ein übergeordnetes Netz- und Energiemanagementsystem erweitert. Die zuvor beschriebene Gesamtpreiskurve wird am Vortag an das Gebäude (den BEA) übermittelt. Das Gebäude nutzt seine Flexibilitäten, um eine Kostenoptimierung durchzuführen und meldet den prognostizierten Energieverbrauch (relativ zur unbeeinflussten Baseline) an das Managementsystem zurück.

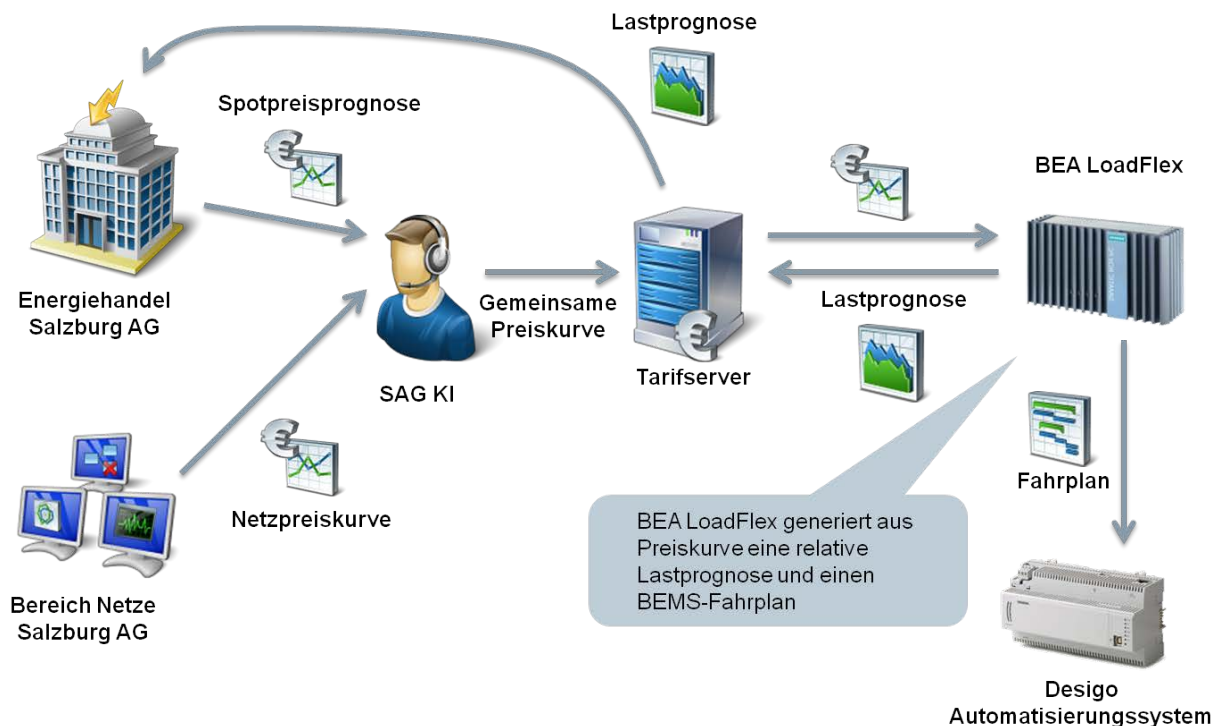


Abbildung 19: Anwendungsfall für Gebäudeagent

Abbildung 19 zeigt den umgesetzten Anwendungsfall. Es wird die Gesamtpreiskurve für das Gebäude, bestehend aus einem Netz- und einem Energieanteil, erstellt. Diese wird jeweils am Vortag (day-ahead) an das Gebäude gesandt und dort verarbeitet. Der Building Energy Agent generiert einen Fahrplan für das Automatisierungssystem und eine relative Lastprognose (basierend auf dem unbeeinflussten Normalbetrieb) für den Energiehandel. Dieser könnte die Lastprognose für den optimierten Einkauf an der Spotmarktbörse einsetzen.

Folgende Auflistung beschreibt den täglich stattfindenden Prozess:

- (1) Der Energiehandel (EH) der Salzburg AG erstellt täglich zwischen 8:00 und 9:30 eine Spotpreisprognose für den nächsten Tag in einem Intervall von 15 Minuten (in Summe 96 Werte)
- (2) Die Salzburg Netz GmbH erstellt eine Netzpreiskurve für den gleichen Zeitraum und im selben Intervall (ebenfalls 96 Werte)
- (3) Die beiden Preiskurven werden zu einer resultierenden Preiskurve kombiniert und über den Tarifserver zur Abholung zur Verfügung gestellt
- (4) Der Building Energy Agent holt die Preiskurve täglich um 10 Uhr beim Tarifserver ab und berechnet direkt im Anschluss den Fahrplan und die resultierende elektrische Leistung im Vergleich zum Normalbetrieb (ohne Beeinflussung durch den BEA)
- (5) Die Leistungsprognose wird in einem Intervall von 15 Minuten für den Zeitraum der Preiskurve (nächster Tag) erstellt und bis 11 Uhr an den Tarifserver zurückgemeldet. Bezugspunkt ist dabei der Energieverbrauch des Gebäudes ohne Optimierung. Negative Leistungswerte bezeichnen eine Verringerung des elektrischen Bezugs um den jeweiligen Wert, positive Leistungswerte bezeichnen eine Erhöhung des elektrischen Bezugs um den jeweiligen Wert. Die Einheit ist Kilowatt (kW).
- (6) Der Energiehandel der Salzburg AG verwendet die zurückgemeldete Leistung zur Kostenoptimierung an der Spotmarkt-Börse

Durch den beschriebenen Anwendungsfall entstehen Vorteil bzw. Anreize für alle involvierten Teilnehmer. Der Gebäudebetreiber kann durch den Einsatz seiner Flexibilität die Energiebezugskosten (inkl. dem Netzanteil) ohne Komfortverlust minimieren. Der Energiehandel kann diese Flexibilität an der Spotmarkt-Börse einsetzen und so ebenfalls seine Bezugskosten minimieren. Der Netzbetreiber schließlich kann durch die Vorgabe eines zeitvariablen Netztarifs steuernd in die Auslastung eingreifen und so eventuelle Spitzenlasten abfangen.

Der Prototyp des Building Energy Agent wurde im Projekt implementiert und in der Energiezentrale der Wohnanlage eingebaut. Die Software wurde in Java geschrieben und kommuniziert über das BACNet-Protokoll mit dem Automationssystem. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass der Building Energy Agent nicht direkt auf einzelne Geräte wirkt (zum Beispiel mit Schaltbefehlen), sondern einen Gesamtfahrplan an das Automatisierungssystem weiter gibt. Dieses ist für die Umsetzung des Fahrplans inkl. aller erforderlichen Steuerungs- und Regelfunktionen verantwortlich. Die Software wurde auf einem Industrie-PC installiert, der in Abbildung 20 dargestellt ist. Als Betriebssystem wurde Linux Debian eingesetzt.



Abbildung 20: Building Energy Agent Hardware

Eine detailliertere Beschreibung dieser Konzepte ist im Deliverable „**D3.1 Bericht über die Optimierung und Umsetzung der verbraucherseitigen und gebäudetechnischen Komponenten**“ zu finden.

3.3 Planung des Feldversuches

Es wurde ein empirische Studienkonzept für die BewohnerInnen entwickelt, welche eine Reihe von Befragungen, die mit den BewohnerInnen der Monitoring Wohnungen als auch den BewohnerInnen der restlichen Wohnungen vorgesehen sind, umfasst. Die Befragungen dienen der Beantwortung der zentralen Forschungsfragen nach Akzeptanz der eingesetzten Technologien und mögliche Änderungen im Energieverhaltensverhalten.

Weiters wurde ein Evaluierungskonzept für das Gebäude erstellt, wobei hier die Evaluierung der Wärmebereitstellung an sich und die Evaluierung des Gebäudeverhaltens unterschieden wird. Bei der Wärmebereitstellung wird dabei untersucht, wie effizient die benötigte Wärme aus den unterschiedlichen Energieträgern erzeugt wird, bei der Evaluierung des Gebäudeverhaltens, wie effizient von Strom und Wärme im Gebäude verwendet werden.

Das gesamte empirische Studienkonzept sowie das Evaluierungskonzept für das Gebäude sind dem Deliverable „**D4.1 Evaluierungskonzept Rosa-Hofmann-Straße**“ zu entnehmen. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick gegeben.

3.3.1 Formulierung des empirischen Studienkonzeptes für die BewohnerInnen-Evaluierung

Die empirische Evaluierung der Wohnanlage zielte darauf ab zu untersuchen, wie die eingesetzten Technologien von den BewohnerInnen aufgenommen werden und inwieweit eine Auseinandersetzung, Einstellungsveränderung, oder Verhaltensveränderung im Kontext von Energieverbrauch stattfindet. Dabei wurde ein nutzerzentrierter Designansatz verfolgt, der künftige NutzerInnen von Beginn an in den Innovationsprozess mit einbezieht. Durch die Evaluierung der Wohnanlage aus Perspektive der BewohnerInnen in einem realen Setting ist es möglich, Potentiale bisherig erforschter Smart Grid Konzepte in einem integrativen, realistischen Rahmen zu identifizieren.

Folgende **Forschungsfragen** wurden im empirischen Studienkonzept definiert:

- Weiterentwicklung der Interaktionstechnologien (IAT)
 - Wie werden Usability und User Experience Faktoren wie Nützlichkeit, Verlässlichkeit, Performance, Emotionale Zuschreibungen, Vertrauen gesehen?
 - Wie verändert sich Akzeptanz und User Experience der Technologien über den Studienzeitraum?
 - Welche weiteren Funktionen werden von BenutzerInnen gewünscht?
- Akzeptanz und Nutzung
 - Wie werden die Technologien im Haushalt genutzt (wer, wann, wie, aus welchen Gründen) und diskutiert (Gespräche über Technik oder Energieverhalten)?
 - Welchen Stellenwert haben die Technologien für die Haushalte?
 - Welche Bedenken bestehen gegenüber den eingesetzten Technologien im Haus und in der Wohnung hinsichtlich Kontrolle, Datenschutz und Funktionalität?
- Bewusstseinsbildung
 - Wie verändern sich Einstellungen und Werte zum Thema „Energiesparen im Haushalt“ über den Studienzeitraum?
 - Wie verändert sich der Wissensstand zum Thema Energiesparen über den Studienzeitraum? Bei welchen Haushaltsmitgliedern?
- Verhaltensänderung
 - Wie verändert sich das Verbrauchsverhaltens bei Strom, Wasser, und Wärme während des Studienzeitraums?
 - Wie verändert sich die Bereitschaft, Stromverbrauch an die FORE-Watch (Lastverschiebung) anzupassen, über den Studienzeitraum?
- Persuasive Strategien
 - Wie bewerten die Bewohner die Präsenz persuasiven Interaktionstechnologien (Watson, Eco-Button und Tablet inkl. FORE-Watch, Energie-Cockpit, und personalisierte Empfehlungen der Home Automation App)?
 - Wie wirkt sich die Präsenz der eingesetzten persuasiven Interaktionstechnologien auf den Verbrauch aus?
- Barrieren
 - Welche Barrieren bestehen, die die BewohnerInnen davon abhalten, ihren Energieverbrauch zu reduzieren?
 - Welche Barrieren bestehen, die die BewohnerInnen davon abhalten, den Energieverbrauch in andere Tageszeiten zu verlagern?
- Lebenssituation
 - Welche Unterschiede zwischen den untersuchten Haushalten stehen in Zusammenhang mit unterschiedlichem Energieverbrauchsverhalten?

Die BewohnerInnen der speziell ausgestatteten Monitoring-Wohnungen (MW) der HiT Wohnanlage stellten im Feldtest die Interventionsgruppe dar. Zusätzlich existierte eine Kontrollgruppe (KG), bestehend aus den restlichen Wohnungen, deren Mitglieder keine Interventionen und qualitativen Erhebungen erfahren, die jedoch ebenfalls befragt wurden. Die Ergebnisse dieser Befragungen dienen als Vergleichsgrundlage mit den Daten der Monitoring-Wohnungen. So war es möglich, intra-individuelle

Veränderungen über den Zeitverlauf, sowie inter-individuelle Veränderungen über den Gruppenvergleich nachzuvollziehen.

Die Evaluation der Studie benutzte ein gemischt qualitatives und quantitatives Forschungsdesign. Die quantitative Erhebung basierte auf einem Vorher-Nachher Vergleich zu drei Messzeitpunkten mittels Fragebögen. Selbstberichtetes Verhalten und psychologische Variablen wurden zu Beginn, nach 6 Monaten und nach Abschluss des Feldtests nach 12 Monaten erhoben. Differenzen zwischen den Messzeitpunkten wurden als Effekte der Interventionen im Rahmen des Feldtests interpretiert. Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie biografische Ereignisse in den teilnehmenden Haushalten über den Testzeitraum (z.B. Änderung der Haushaltsgröße, Zusammensetzung, etc.), die Störfaktoren darstellen und die Ergebnisse des Feldtest verzerren können, wurden ebenfalls berücksichtigt, quantifiziert und auf ihren Einfluss hin überprüft.

Die Fragebögen wurden mit Fokus auf die reliable und valide Erfassung der zu erhebenden Konzepte konzipiert und basierte dabei zum Großteil auf etablierten Erhebungsskalen und Fragenformulierungen aus anderen Studien, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen (z. B. Seebauer & Wolf, 2013; Schahn et al., 2000; Worsley & Skrzypiec, 1998). Die Fragebögen enthielten Fragen zu folgenden Themen: Haushalts- und Personenmerkmale, Energieverbrauchsverhalten: Stromverbrauchs-, Wasserverbrauchs-, Heiz- und Lüftungsverhalten, vergangenes Verhalten, Intention zu Energiesparen, Psychologische Einflussfaktoren auf das Energieverbrauchsverhalten, Teilnahmemotive, Nutzung und Bewertung von Tablet, Webportal und Eco-Button. Zur Erhebung, wie die eingesetzten Interaktionstechnologien von den BewohnerInnen bewertet werden, wurde Usability mittels der UMUX Skala (Finstad, 2010) und der UPScale (Karlin & Ford, 2013) erhoben. User Experience wurde über HED/UT Skala (Voss, Spangenberg & Grohmann, 2003) gemessen. Vertrauen in die Technik und Bedenken zum Datenschutz wurden entsprechend McKnight, Carter, Thatcher und Clay (2011) gemessen. Als Kontrollfragen wurden besondere Ereignisse während des Testzeitraums (z.B. Änderung des Haushaltszusammensetzung), Technikaffinität und Mobilitätsverhalten erhoben. Im Rahmen der Befragung wurde zusätzlich zum Fragebogen ein Quiz durchgeführt, bei dem der Wissensstand der TeilnehmerInnen zum Thema Energie erhoben wurde. Die meisten Konstrukte wurden zu mehreren Zeitpunkten erhoben, um Veränderungen über die Zeit feststellen zu können.

In Ergänzung und Vertiefung zu den quantitativen Instrumenten kamen eine Reihe von qualitativen Methoden zum Einsatz. Konkret waren dies:

- 2 Runden an Fokusgruppen
- 2 Tagebuchphasen
- 2 Runden an persönlichen Interviews

Diese hatten den Zweck ein tieferes Verständnis für den Alltag der BewohnerInnen mit den eingesetzten Technologien, die Barrieren und Verstärker, die die Nutzung und Verhaltensänderungen beeinflussen, sowie deren Hintergründe, zu entwickeln.

3.3.2 Formulierung eines Evaluierungskonzeptes für die Gebäude-Evaluierung

Im Evaluierungskonzept für das Gebäude wurden die Evaluierung der Wärmebereitstellung an sich und die Evaluierung des Gebäudeverhaltens unterschieden. Bei der Wärmebereitstellung wurde untersucht, wie effizient die benötigte Wärme aus den unterschiedlichen Energieträgern erzeugt wird. Bei der Evaluierung des Gebäudeverhaltens wurde untersucht, wie effizient Strom und Wärme im Gebäude verwendet werden.

Ziel der Evaluierung des Betriebs der Gebäudetechnik war die Beantwortung der folgenden **Forschungsfragen**:

- Haben die für die definierten Betriebsarten berechneten Parameter bzw. Regel- und Steuerstrategien eine messbare Auswirkung auf den CO₂ Ausstoß bzw. auf die Energiekosten?

- Ist der netzfreundliche Betrieb der Anlage möglich und führt dieser unter der Voraussetzung variabler Tarife zu Kostenersparnissen?
- Beeinflusst der netzfreundliche Betrieb der Anlage die Effizienz der einzelnen Aggregate?
- Beeinträchtigt der netzfreundliche Betrieb der Anlage den Innenraumkomfort?

Bei der Wärmebereitstellung wurden **4 Betriebsarten** gegenübergestellt:

- Normalbetrieb – kostenoptimiert
- Normalbetrieb – CO₂ optimiert
- Smart Grid Betrieb – kostenoptimiert
- Smart Grid Betrieb – CO₂ optimiert

Der CO₂ optimierte und der kostenoptimierte Betrieb unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Ein- und Ausschaltzeitpunkte der unterschiedlichen Wärmequellen, die je nach Ziel im Rahmen des Vorprojektes HiT Planung und Bau mittels Simulation bestimmt wurden.

Der Smart Grid Betrieb (kostenoptimiert und CO₂ optimiert) unterscheidet sich vom Normalbetrieb insofern, als dass beim Smart Grid Betrieb die Anlagen auf die Anforderungen aus dem Stromnetz reagieren. Beim Normalbetrieb ist dies hingegen nicht der Fall. Der Smart Grid Betrieb stellt somit eine Erweiterung des Normalbetriebes dar. Dies soll in Abbildung 21 veranschaulicht werden.

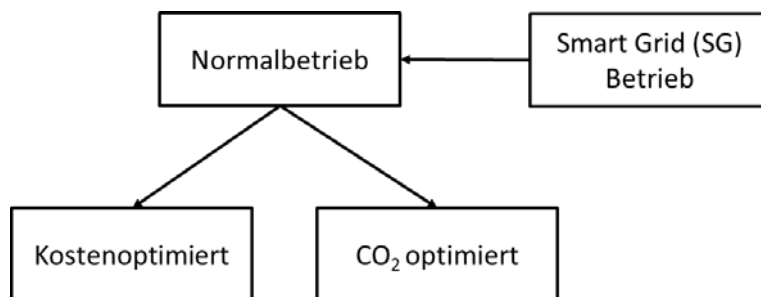


Abbildung 21: Der Smart Grid Betrieb erweitert den Normalbetrieb

Beim Smart Grid Betrieb wird die Energiezentrale nach den Farben lt. Gesamtpreiskurve (siehe 3.2.2) gesteuert. In Tabelle 3 ist die Reihenfolge der betriebenen Anlage je Preis-Signal (rot, gelb, grün) ersichtlich.

Tabelle 3: Steuerung der Energiezentrale nach Gesamtpreiskurve

Preis-Signal lt. Gesamtpreiskurve	Netzanforderung	Reihenfolge der betriebenen Anlagen
rot = teuer	Lastverschiebung	BHKW, Fernwärme (keine Wärmepumpe)
gelb = teuer	keine	Winter: Wärmepumpe, BHKW, FW Sommer: FW, Wärmepumpe, BHKW
grün = günstig	Lastforcierung	Wärmepumpe, Fernwärme (kein BHKW)

Der Smart Grid – Betrieb verwendet zusätzliche Betriebsmodi um je nach Netzanforderung eine Lastverschiebung oder Lastforcierung durchzuführen. Diese sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: übergebene Betriebsmodi des Building Energy Agent ans Gebäudeautomationssystem

Betriebsmodi	Beschreibung
Normalbetrieb	Normalbetrieb
Preconditioning Shift	Vorkonditionierung für geplante Lastverschiebung
Peakttime Shift	Eigentliche Phase der Lastverschiebung
Rebound Shift	Optionale Nachkonditionierung für Lastverschiebung
Preconditioning Force	Vorkonditionierung für geplante Lastforcierung
Peakttime Force	Eigentliche Phase der Lastforcierung
Rebound Force	Optionale Nachkonditionierung für Lastforcierung

Der Building Energy Agent bestimmt die Betriebsmodi anhand des Preis-Signals. Bei einem „grünen“ Signal soll eine Lastforcierung, bei einem „roten“ Signal eine Lastverschiebung stattfinden.

Der in der HiT Wohnanlage installierte thermische Pufferspeicher wird in grünen Phasen möglichst geladen und in roten Phasen entladen um Stromverbrauch während der roten Phasen im Stromnetz zu vermeiden.

Die Betriebsarten wurden über die 1-jährige Studienzeit hinweg im 14-Tages Rhythmus abgewechselt und hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien evaluiert. Ziel war es, die Vor- und Nachteile des Smart Grid Betriebes gegenüber dem Normalbetrieb aufzuzeigen.

Dabei wurden für Energiezentrale die Faktoren

- CO₂ Äquivalent
- Primärenergie
- Kosten
- Betrieb in den einzelnen Phasen

sowie für die Wohnungen des HiT Gebäudes

- Raumkomfort
 - CO₂ Konzentration
 - Temperatur
 - Luftfeuchtigkeit
- Verbräuche
 - Elektrische Energie
 - Thermische Energie
 - Wasser

berücksichtigt, und entsprechende Kennzahlen und Schwellenwerte definiert.

3.4 Durchführung des 1-jährigen Feldversuches

3.4.1 Durchführung der empirischen Evaluierung

Die Feldstudie begann im April 2014 und dauerte bis März 2015. Die folgende Tabelle 5 gibt einen Überblick über die zeitliche Abfolge der durchgeführten Aktivitäten im Rahmen der empirischen Evaluierung der HiT Wohnanlage.

Tabelle 5: Zeitplan der Feldstudie. MW = Monitoring-Wohnungen, KG = Kontrollgruppe, alle anderen Wohnungen

Monat	Zeitpunkt	Erhebung	Stichprobe
	13.03.2014	Infoveranstaltung + Übergabe Tablets	MW
	Ende März 2014	Übergabe Wattson, Technikberatung	MW
	25. März 2014	Versand des 1. Fragebogens (t1)	MW, KG
1	1. April 2014	Start Nutzung	MW
1	7. April 2014	Interview mit Technikberatern	Technikberater
2	9. Mai 2014	1. Fokusgruppen vor Ort	MW
2	10. Mai – 10. Juni 2014, 2 Wochen	1. Tagebuch	MW
3	5. und 6. Juni 2014	1. Interviews vor Ort	MW
6	September 2014	Abholung Wattson	MW
6	7. Oktober 2014	Versand des 2. Fragebogens (t2)	MW, KG
10	29. Jänner – 19. Februar 2015, 3 Wochen	2. Tagebuch	MW
11	19. und 20. Februar 2015	2. Interviews vor Ort	MW
12	31. März 2015	Versand des 3. Fragebogens (t3)	MW, KG
13	9. April 2015	2. Fokusgruppe vor Ort	MW
14	13. Mai 2015	Abschlussveranstaltung	MW

Vor Beginn der Studie wurde am 13.3.2014 eine Infoveranstaltung für die Monitoring-Wohnungen im Gemeinschaftsraum der HiT Wohnanlage abgehalten. Abbildung 22 zeigt Impressionen dieser Veranstaltung, dessen Ziel die Präsentation und Erläuterung der Studie und der bereitgestellten Interaktionsmöglichkeiten war.



Abbildung 22: BewohnerInnen bei der Informationsveranstaltung

Nach einem allgemeinen Vortrag zum Projekt wurden die BewohnerInnen in Gruppen eingeteilt und durch die einzelnen Stationen geführt. So wurden bei den unterschiedlichen Stationen folgende Schwerpunkte behandelt:

- Komponenten in der Wohnung (Ecobutton, Raumlufthygiene Fühler,...)
- Tablet PC inklusive Einweisung in das Smart Center
- Wattson
- Ablauf der Studie
- Terminvereinbarung für die Technikberatung
- Ausgabe der Tablets mit vorinstallierter Smart Center Applikation

Jede/r BewohnerIn einer Monitoring-Wohnung bekam vor Start des Feldversuches einen Termin für eine persönliche Technikberatung. Hierbei wurden bei vor-Ort Terminen in der jeweiligen Wohnung die technischen Einrichtungen nochmals detailliert erklärt und vorgeführt. Die Empfangsgeräte für den Wattson wurden bei diesem Termin übergeben und die angeschlossenen Geräte auf den ECO-Steckdosen erhoben. Die Technikberatung lief durch Einsatz eines Leitfadens in allen Haushalten standardisiert ab. Nach Abschluss der Energieberatungen wurden der Energieberater zu seinen Eindrücken und besonderen Auffälligkeiten in den Testhaushalten befragt. Dabei stand die subjektive Bewertung von Technikaffinität, Energiesparbewusstsein und Bereitschaft an der Teilnahme im Vordergrund.

Basis der empirischen Evaluierung stellte die Erhebung quantitativer sowie qualitativer Daten im Rahmen der einjährigen Feldstudie dar. Die quantitative Erhebung der selbstberichteten Daten wurde mittels standardisierten Fragebögen durchgeführt. Für die Mehrheit der Haushalte erfolgte dies per E-Mail. 20 Haushalte entschieden sich allerdings für die Papier-Variante, da sie keine E-Mailadresse besaßen und/oder sich nicht sicher im Umgang mit dem PC fühlten. Alle teilnehmenden Haushalte wurden zu drei Zeitpunkten befragt, jedoch füllten nicht immer alle Haushalte die Fragebögen aus. Die erste Befragung fand vor Beginn, am 25.3.2014 statt (t1). Die zweite Befragung wurde nach 6 Monaten, am 7.10.2014 (t2) durchgeführt. Die dritte und letzte Befragung fand nach 12 Monaten, am 31.3.2015 (t3) statt. Die Fragebögen waren zu allen Zeitpunkten von derselben Person auszufüllen. Diese sollte auch an der Technikberatung teilgenommen haben. Zur Kontrolle wurde zu t2 und t3 explizit abgefragt, ob die Person auch den vorherigen Fragebogen ausgefüllt hatte. Im Rahmen der Befragung zu t1 und t3 wurde zusätzlich zum Fragebogen ein Wissens-Quiz durchgeführt.

Die qualitative Datenerhebung erfolgte durch Fokusgruppen, Tagebuchphasen und Interviews. Die beiden Runden an Fokusgruppen bestanden jeweils aus 2 Gruppen zu je ca. 8-10 Personen. TeilnehmerInnen waren die StellvertreterInnen der Haushalte. Die ersten beiden Fokusgruppen (siehe Abbildung 23) fanden etwa einen Monat nach Beginn des Feldtests (9.5.2014) statt und hatten zwei Themen. Einerseits behandelten sie die Erfahrungen, die die BewohnerInnen mit der in den Monitoring-Wohnungen eingesetzten Technik in den ersten Wochen gesammelt hatten. In diesem Zusammenhang wurde auch diskutiert, inwiefern sich die Technik auf das Verhalten der BewohnerInnen ausgewirkt hat. Andererseits wurde in den ersten Fokusgruppen auch über mögliche zukünftige Entwicklungen von Smart Grids diskutiert. Diese Aspekte zukünftiger Entwicklungen wurden im Rahmen der zweiten Fokusgruppen (siehe Abbildung 24) ausgebaut, welche am 9.4.2015 stattfanden. Nach einem Jahr Erfahrung mit der eingesetzten Technik sollten die TeilnehmerInnen neue Ansätze andenken, die das Smart Grid der Zukunft attraktiv und nachhaltig macht.



Abbildung 23: TeilnehmerInnen einer der 1. Fokusgruppen im Gemeinschaftsraum der Rosa Zukunft



Abbildung 24: TeilnehmerInnen einer der 2. Fokusgruppen im Gemeinschaftsraum der Rosa Zukunft

Weiters wurden zwei Tagebuchphasen bezüglich des Energieverbrauches der Monitoring-Bewohner durchgeführt. Das erste Tagebuch war ein A5-Heft mit einem vorgedrucktem Raster, in dem die TeilnehmerInnen jeden Tag jene Situationen festhalten sollten, in denen sie Informationen bzw. Interaktionsmöglichkeiten von Tablet-App, Wattson oder Eco-Button bewusst wahrnehmen und daraufhin aus bestimmten Gründen ihr Verhalten änderten bzw. nicht änderten. Um Erinnerungseffekte zu vermeiden, sollten die Situationen idealerweise direkt festgehalten werden, konnten notfalls aber retrospektiv am Abend niedergeschrieben werden.

Für das zweite Tagebuch wurde das Tagebuch angepasst. Anstatt eines Hefts bekamen die TeilnehmerInnen 18 sogenannte Aktionskärtchen. Auf jedem Kärtchen stand eine Aufforderung etwas in Bezug auf den Energieverbrauch oder die Smart Grids Technologien im Haushalt zu tun. Die TeilnehmerInnen hatten drei Wochen Zeit in beliebiger Reihenfolge Kärtchen auszuwählen und den Aufforderungen bzw. Herausforderungen auf den Kärtchen zu folgen – oder auch nicht. Die TeilnehmerInnen waren nicht verpflichtet alle Aktionen durchzuführen, wurden jedoch aufgefordert zu begründen, warum dies nicht geschah.

Zwei Mal wurden mit jeweils etwa 10 Haushalten persönliche qualitative Interviews vor Ort geführt. Die Interviews fanden jeweils im Anschluss an das Tagebuch bzw. die Aktionskärtchen statt. Auf Basis der Online-Umfragen, Fokusgruppen, Tagebücher und Verbrauchsdaten wurden StellvertreterInnen der Monitoring-Wohnungen für die Teilnahme an einem Interview ausgewählt. Mit diesen wurden während des Feldtests zwei semi-strukturierte Interviews durchgeführt. Bei Interesse konnten neben dem/der StellvertreterIn auch andere Haushaltsmitglieder anwesend sein, was beim ersten Interview zwei, beim zweiten Interview einer der Haushalte in Anspruch nahmen. Die Fragen bezogen sich auf die Nutzung

bzw. Nicht-Nutzung von Tablet-App, Wattson und Eco-Button und wie deren Verfügbarkeit sich auf den Alltag und das Verhalten der BewohnerInnen ausgewirkt hat.

Zusätzlich zu diesen selbstberichteten Daten basiert die empirische Begleitforschung auch auf den aufgezeichneten Energieverbrauchsdaten der Haushalte und die mitgeloggte Nutzungshäufigkeit der Applikationen während des Testzeitraums.

Im Zuge der Abschlussveranstaltung am 13.05.2015 wurden den Monitoring-Bewohnern die Ergebnisse des Feldversuches präsentiert und erklärt. Abbildung 25 zeigt Eindrücke dieser Veranstaltung.



Abbildung 25: Abschlussveranstaltung

Die Wohnungen der Kontrollgruppe hatten außer dem Webportal und dem Newsletter keine Interventionen und keine der qualitativen Erhebungen erfahren. Sie wurden jedoch ebenfalls mittels Fragebögen befragt. Die Ergebnisse dieser Befragungen dienten als Vergleichsgrundlage mit den Daten der Monitoring-Wohnungen. So war es möglich, intra-individuelle Veränderungen über den Zeitverlauf, sowie inter-individuelle Veränderungen über den Gruppenvergleich nachzuvollziehen.

3.4.2 Durchführung der Teststellungen der Gebäudesteuerung

Für die gebäudetechnische Evaluierung wurden für den Zeitraum des 1-jährigen Feldversuches für die vier Betriebsarten

- Normalbetrieb – kostenoptimiert
- Normalbetrieb – CO₂ optimiert
- SG-Betrieb – kostenoptimiert
- SG-Betrieb – CO₂ optimiert

sogenannte Teststellungen definiert. Als Teststellungen wurden im 14-tägigen Rhythmus Wechsel zwischen den einzelnen Betriebsarten gewählt. Für die ersten drei Betriebsarten gab es genug Teststellungen, um eine Evaluierung zu ermöglichen. Dies ist damit zu begründen, dass durch teilweise Ausfälle des Building Energy Agent nicht alle Teststellungen erfolgreich waren, und daher der SG-Betrieb – CO₂ optimiert nur probeweise im Februar 2015 getestet wurde, um die grundsätzliche Funktionalität nachzuweisen.

Während des Versuchsjahres wurden die in Tabelle 6 und

Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Tabelle 7 aufgelisteten Daten aufgezeichnet. Die Verbräuche (thermische Energie, elektrische Energie, Wasserverbrauch) wurden über Smart Meter der Salzburg AG aufgezeichnet, alle Daten über die Energiezentrale und die Komfortparameter der Monitoring-Wohnungen über die Gebäudeleittechnik.

Tabelle 6: Aufgezeichnete Daten in Monitoringwohnungen und Vergleichswohnungen

Wert	Einheit	Monitoring- wohnung	Vergleichs- wohnung
Wärmeverbrauch der Nutzungseinheit	kWh	X	X
Stromverbrauch der Nutzungseinheit	kWh	X	X
Wasserverbrauch der Nutzungseinheit	m ³	X	X
Basistemperatur Wohnzimmer	°C [K]	X	
Sollwertkorrektur Wohnzimmer	°C [K]	X	
Raumtemperatur Wohnzimmer	°C [K]	X	
Raumtemperatur Schlafzimmer	°C [K]	X	
CO ₂ -Messwert Wohnzimmer	ppm	X	
CO ₂ -Messwert Schlafzimmer	ppm	X	
relative Feuchte-Messwert Wohnzimmer	%	X	
relative Feuchte-Messwert Schlafzimmer	%	X	

Tabelle 7: wesentliche Daten der Energiezentrale

Wert	Einheit	Wert	Einheit
Laufzeit WP	min	Erzeugte Wärmemenge, BHKW (Input Speicher)	kWh
Laufzeit BHKW	min	Erzeugte Wärmemenge, FW (Input Speicher)	kWh
Laufzeit FW	min	Stromerzeugung, PV	kWh
Verbrauch Strom, Wärmepumpe	kWh	Einspeisung Strom ins Netz, PV	kWh
Verbrauch Biogas, BHKW	m ³	dem Speicher entnommene Wärmemenge	kWh
Stromerzeugung, BHKW	kWh	Entnahmetemperaturen Speicher	°C [K]
Verbrauch, FW	kWh	Betriebsweise Anlage Kosten oder CO ₂	0/1
Verbrauch Hilfsstrom, Anlage	kWh	Betriebsweise via. BEA	Status
Erzeugte Wärmepumpe (Input Sekundärseite)	Wärmemenge, kWh		

Durch technische Limitierung in der Gebäudeleittechnik war dort eine Vorhaltung der Daten nur maximal zwei Monate möglich, danach wurden die ältesten Daten wieder gelöscht (first-in-first-out Prinzip). Daher wurden regelmäßig Daten aus der Gebäudeleittechnik zugrunde liegenden MSSQL Datenbank ausgelesen und in eine Monitoring und Speicherlösung des AIT Energy Departments (OpenJEVIS) übertragen.

Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Da sich bei der Zwischenauswertung zeigte, dass die Anpassungen des Verbrauchsverhaltens der Bewohner an die Phasen statistisch nicht signifikant waren, wurde mit ersten Februar der Algorithmus für die Bestimmung der Ampelphasen durch den Building Energy Agent von je sechs Stunden „grün“ und „rot“ und zwölf Stunden „gelb“ auf je acht Stunden „rot“, „grün“ und „gelb“ geändert.

Das **Deliverable „D5.1 Bericht über die Durchführung der Feldstudie“** beschreibt den Ablauf sowohl der empirischen als auch der gebäudetechnischen 1-jährigen Evaluierung der Wohnanlage.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

4.1.1 Ergebnisse BewohnerInnen-Studie

Auf BewohnerInnenseite zeigte sich im Feldversuch, dass sich die Haushalte der Monitoring-Gruppe in Bezug auf soziodemographische Merkmale nicht von denen der Kontrollgruppe unterschieden. Die meisten teilnehmenden Haushalte waren Single-Haushalte (42%), das Durchschnittsalter betrug zum ersten Erhebungszeitpunkt 55,6 Jahre und über die Hälfte der TeilnehmerInnen waren PensionistInnen (53%). Das Geschlechterverhältnis war nahezu ausgeglichen.

Die Haushalte der Monitoring-Gruppe wurden im Rahmen des Feldversuchs mit einer Reihe von unterschiedlichen Interventionstechnologien ausgestattet. Diese wurden unterschiedlich stark genutzt, am häufigsten wurden – nach eigenen Angaben der Testpersonen – Eco-Button und Prognose-Uhr verwendet (siehe Abbildung 26).

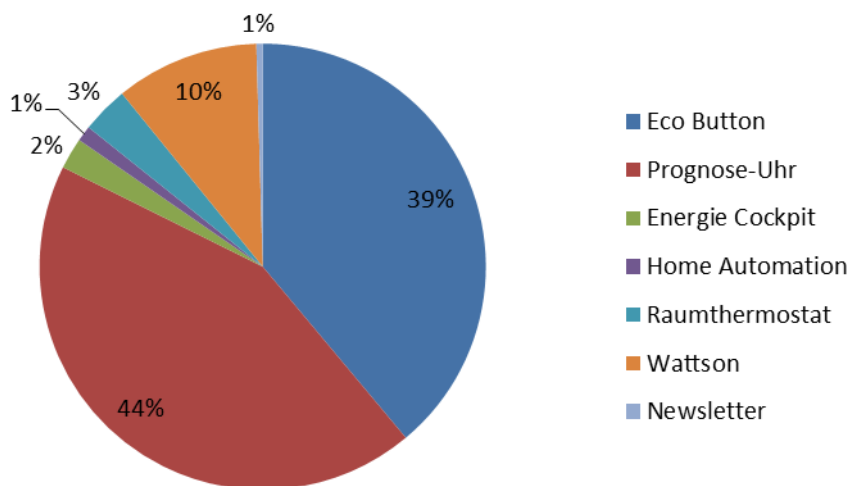


Abbildung 26: Relative Häufigkeit von selbstberichteten Situationen im Rahmen des 1. Tagebuchs, in denen mit den eingesetzten Technologien interagiert wurde

Die durchschnittliche Nutzung des Smart Centers am Tablet mehrmals pro Woche war nach der Anfangsphase der Feldstudie relativ konstant, mit einigen Spitzen, welche sich den Interventionen im Rahmen der Feldstudie zuordnen lassen (siehe Abbildung 27). Für Prognose-Uhr und Eco-Button war jedoch eine Tendenz erkennbar, nach der sich zum Ende der Feldstudie eine geringere Nutzung abzeichnete, als zu Beginn. Dies bestätigte sich auch in den zweiten Interviews.

Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

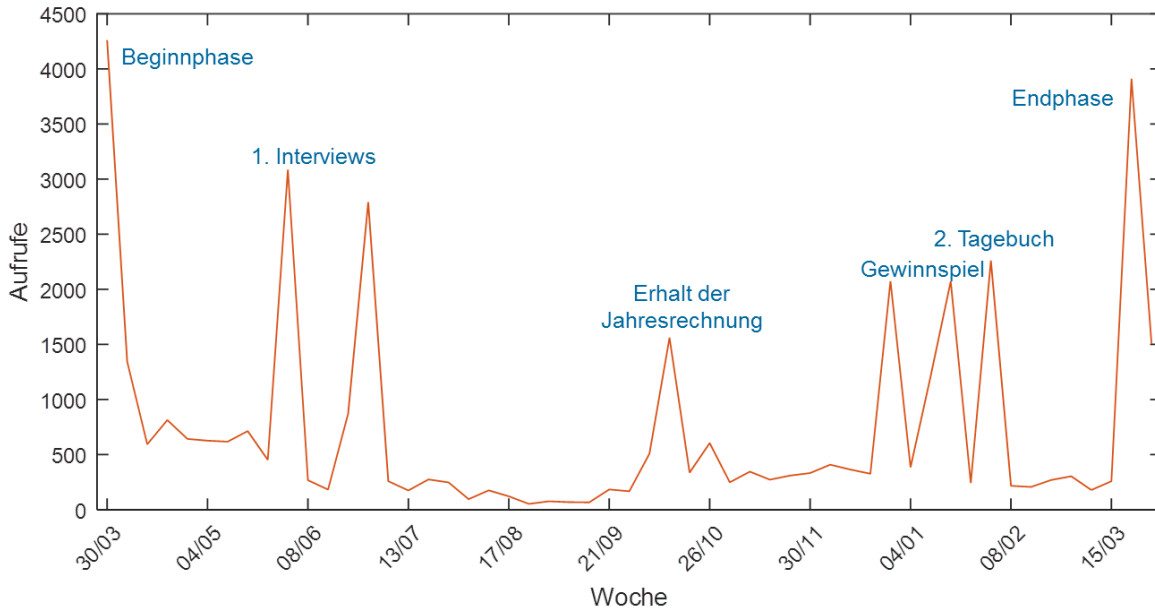


Abbildung 27: Nutzung des Tablets (Anzahl der Aufrufe des Smart Centers) pro Woche über den Studienverlauf inkl. Interventionen

Dabei unterschieden sich die NutzerInnen in der Nutzung des Smart Centers stark. Manche nutzten das Smart Center im gesamten Feldstudienverlauf nur fünf Mal (niedrigster Wert), andere hingegen bis zu 2569 Mal (höchster Wert).

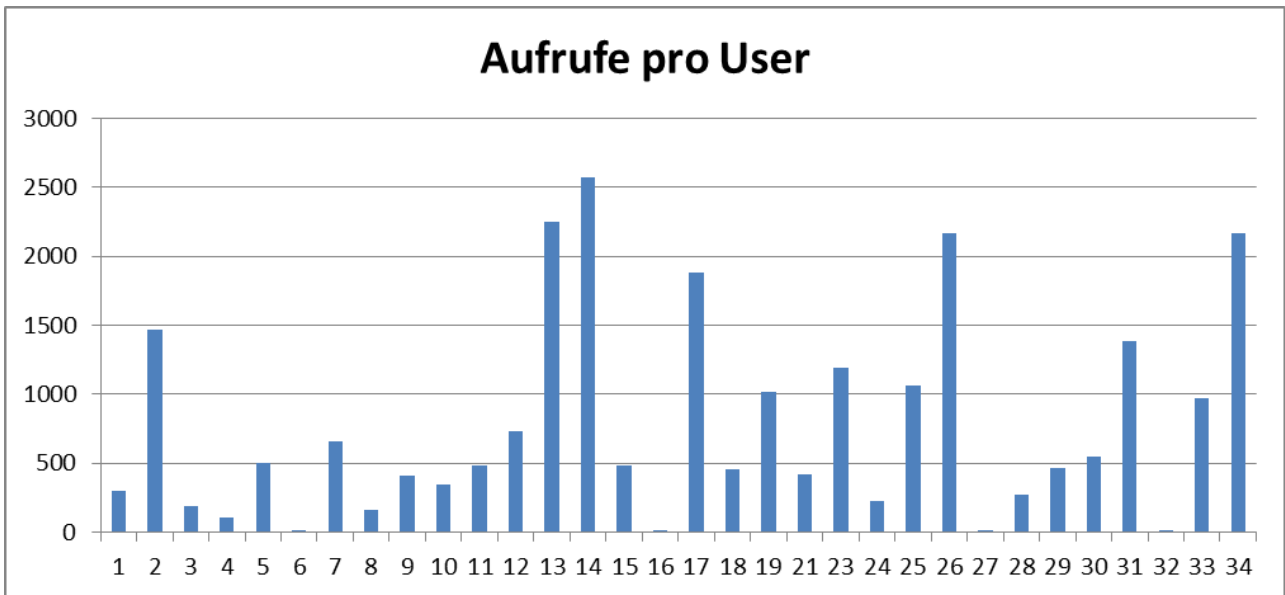


Abbildung 28: Anzahl der Aufrufe des Smart Centers, aufgeteilt nach User ID

Im Rahmen der 1. Tagebuchstudie wurde auch erhoben, in welchen Situationen die BewohnerInnen mit der Prognose-Uhr interagieren. Dabei zeigte sich, dass ein Großteil der Situationen, in denen die BewohnerInnen berichteten auf die Uhr geblickt zu haben, mit Haushaltsarbeiten wie Wäschewaschen, Geschirrspülen, Kochen, Bügeln und Staubsaugen zu tun hatte. Insgesamt 78% der berichteten Situationen fielen in diese Kategorie. Davon hatten Wäschewaschen und Kochen mit je 28% den größten Anteil, gefolgt von Geschirrspülen mit 15%. In nur 6% der Situationen ging es um die Nutzung des Computers oder von Unterhaltungselektronik wie Fernseher oder Radio.

Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

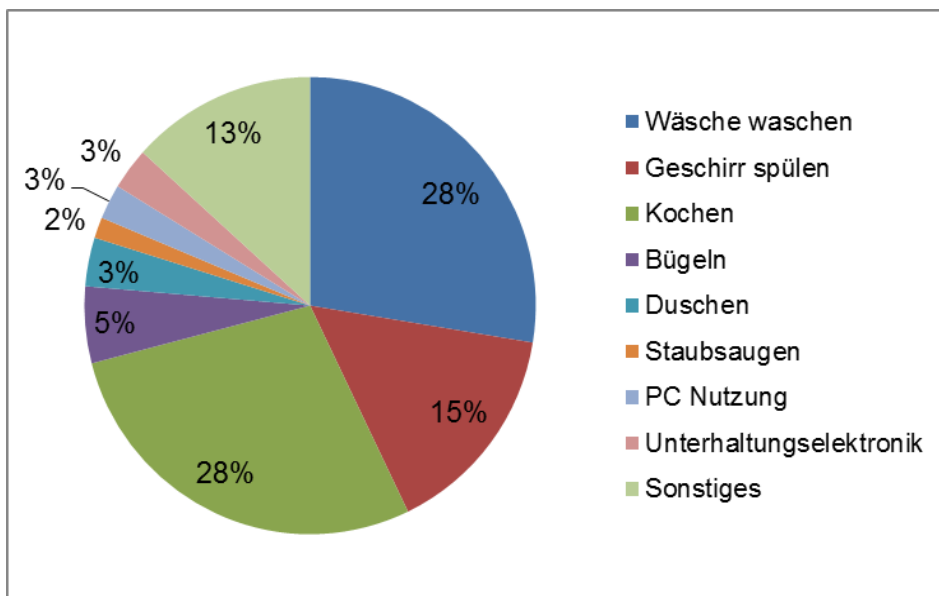


Abbildung 29: Situationen, in denen die BewohnerInnen nach eigenen Angaben mit der Prognose-Uhr interagierten

Für das Energie-Cockpit der Salzburg AG ergab sich ein ähnliches Bild wie für das Smart Center. Insgesamt verbrachten die Haushalte der Monitoring-Gruppe jedoch deutlich mehr Zeit (in Minuten, $M = 626,38$, $SD = 367,26$) auf der Website des Energie-Cockpits als die Haushalte der Vergleichsgruppe ($M = 247,03$, $SD = 169,26$, $t(22) = 3,25$, $p = ,004$; siehe Abbildung 30).

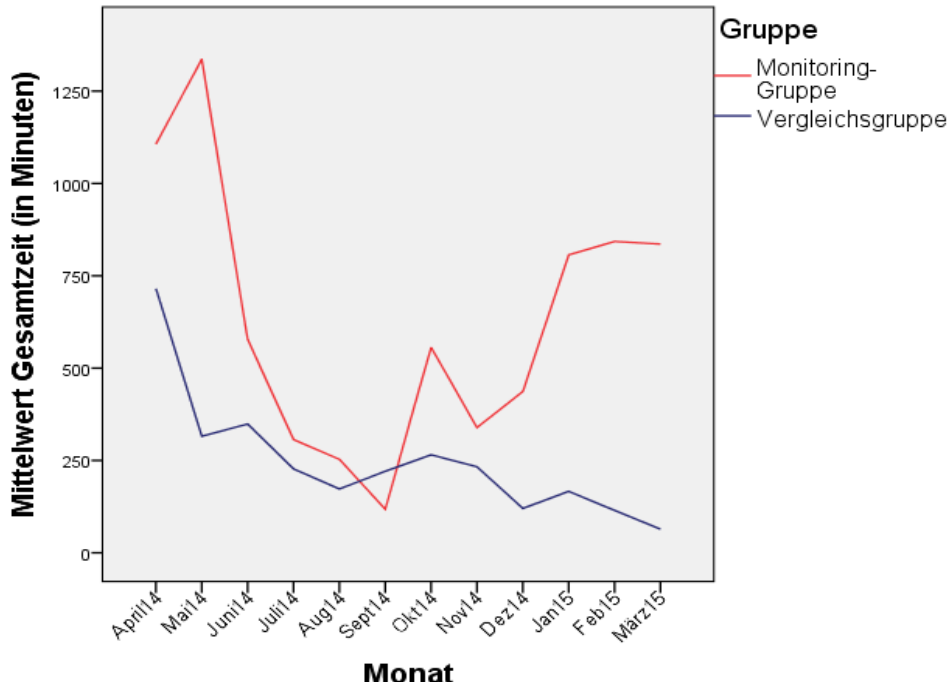


Abbildung 30: Im Energie-Cockpit durchschnittlich verbrachte Gesamtzeit pro Monat nach Gruppen

Die meistgenutzten Unterseiten des Energie-Cockpits nach der Startseite und der Login-Seite über den gesamten Studienverlauf waren „Strom“, „Wärme“ und „Wasser“. Diese wurden am häufigsten aufgerufen (siehe Abbildung 31) sowie am längsten betrachtet (siehe Abbildung 32).

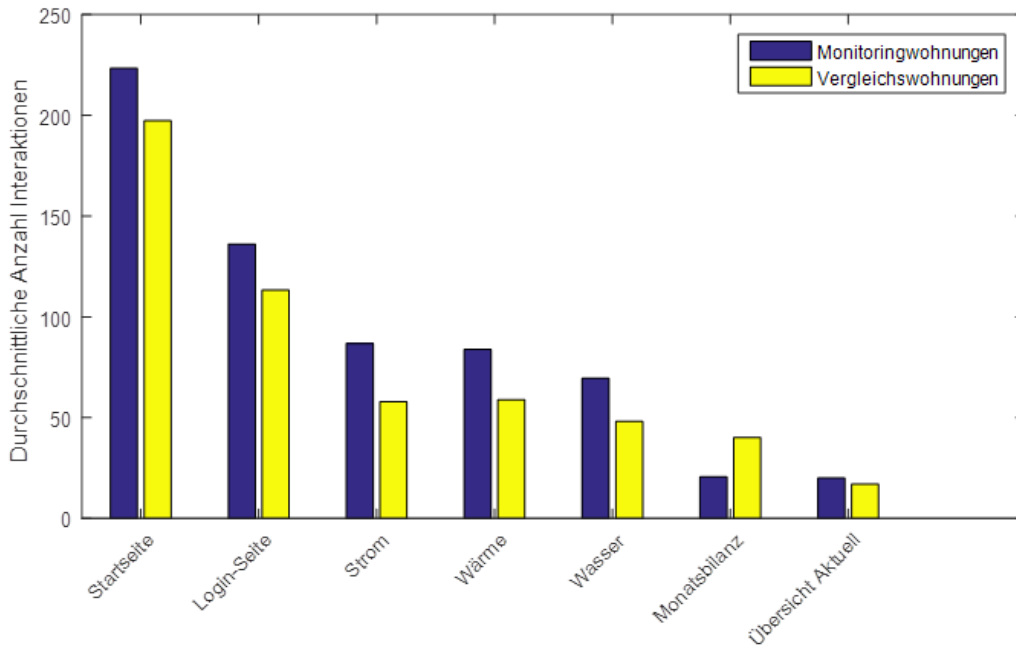


Abbildung 31: Anzahl der Aufrufe der wichtigsten Energie-Cockpit-Unterseiten

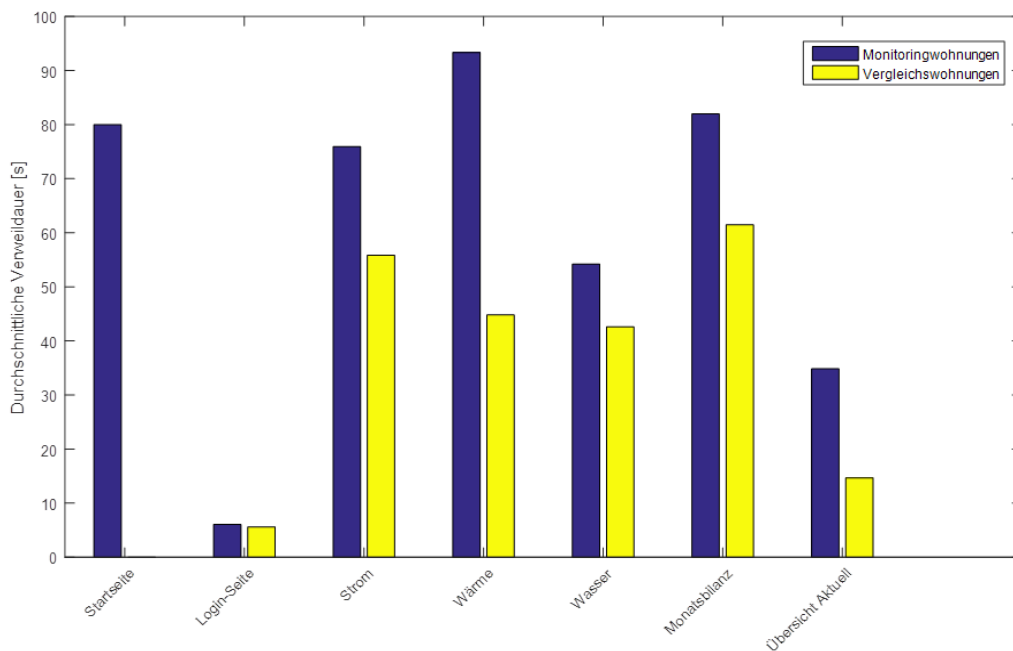


Abbildung 32: Durchschnittliche Verweildauer auf den wichtigsten Energie-Cockpit-Unterseiten

Während sich die beiden Studiengruppen vom Muster her bei der Anzahl der Aufrufe nicht unterschieden, zeigten sich bei der Verweildauer auf den Unterseiten des Energie-Cockpit Unterschiede. So wurde die Startseite ausschließlich von den Monitoring-Haushalten betrachtet, diese Haushalte betrachteten die einzelnen Unterseiten insgesamt länger, als die Haushalte der Vergleichsgruppe.

Das Smart Center wurde von den Teilnehmenden als etwas bis mittel brauchbar, praktisch und hilfreich eingeschätzt (HED/UT-Skala „Utility“ von 1 = „überhaupt nicht“ bis 5 = „sehr“, $M_{t2} = 2,41$, $SD_{t2} = 1,14$). Auf der HED/UT-Skala „Hedonism“ wurde das Smart Center als ziemlich unterhaltsam, spannend und aufregend beurteilt ($M_{t2} = 3,74$, $SD_{t2} = 1,0$; bei beiden Skalenmittelwerten keine Unterschiede zu t3). Hier sind mehrere Interpretationen denkbar.

Einerseits wäre es möglich, dass das Design mancher Unterfunktionen hinsichtlich der Brauchbarkeit noch optimiert werden sollte, damit das Smart Center leichter und intuitiver bedienbar und dadurch als hilfreicher eingeschätzt werden würde. Die Einschätzungen des Smart Centers als spannend und aufregend beziehen sich jedoch möglicherweise eher auf die neuen Technologien an sich und weniger auf das Design des Smart Centers. Andererseits wirkt sich eventuell die relativ hohe Komplexität der (Prognose-)Daten negativ auf die User Experience aus, da ein Verständnis der Daten doch bei relativ vielen NutzerInnen eher begrenzt gegeben war.

Die Usability der einzelnen Unterfunktionen des Smart Centers wurden relativ hoch eingestuft (Mittelwerte zwischen $M=5,56$ für die Home Automation Applikation und $M=6,47$ für die Prognose-Uhr auf einer Skala von 1 = „lehne voll ab“ bis 7 = „stimme voll zu“). Für die Energie-Unterfunktion im Smart Center gab es eine signifikante Abnahme der Usability zu t3 ($t(16) = 2,40, p = ,029$). Auch bei den UPScale-Unterskalen „Bedienbarkeit“ und „Nützlichkeit“ schnitt die Prognose-Uhr im Vergleich zu den anderen Smart Center-Unterfunktionen am besten ab ($M=4,23$ bzw. $M=3,80$ auf einer Skala von 1 = „lehne voll ab“ bis 5 = „stimme voll zu“).

Qualitativ ergab sich eine durchwegs positive Einschätzung der Usability und User Experience. Ein häufiges Problem, das die User Experience negativ beeinflusste, waren jedoch Datenausfälle. Das Smart Center wurde als verlässlich wahrgenommen, das Vertrauen ins Smart Center war mittelhoch ($M = 3,45, SD = 0,60$, auf einer Skala von 1 = „lehne voll ab“ bis 5 = „stimme voll zu“). Bedenken bezüglich der Nutzung des Smart Centers und des Energie-Cockpits wurden hinsichtlich der Sicherheit und Transparenz der aufgezeichneten Daten geäußert. Mehrere Testpersonen äußerten außerdem Angst vor der Weitergabe dieser Daten an Dritte.

In Bezug auf Bewusstseinsbildung und umweltbezogene Einstellungen zeigte sich im Gruppenvergleich, dass zumindest teilweise eine Bewusstseinsbildung stattgefunden hatte. Die technische Ausstattung half vielen BewohnerInnen, ihr Bewusstsein über ihr Energieverhalten zu steigern. Ein wichtiges Element dabei war die Sichtbarmachung von Energie. Dieses gesteigerte Bewusstsein resultierte bei den Haushalten der Monitoring-Gruppe auch in Verhaltensänderungen hin zu energiesparenden Maßnahmen. Der Eco-Button war insgesamt das am häufigsten eingesetzte Mittel, um eine Energiesparmaßnahme zu setzen (siehe Abbildung 33) und auch das bewusste Ausschalten von Stand-by Geräten nach Gebrauch steigerte sich im Studienverlauf ($M_{\text{Studienbeginn}} = 3,53, M_{\text{Studienende}} = 4,00, t(46) = -2.54, p = ,015$).

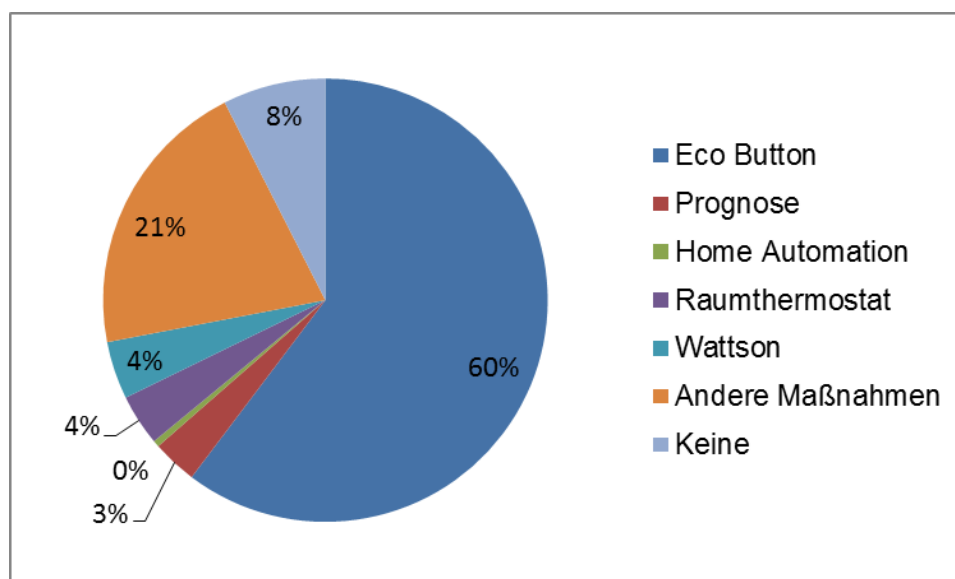


Abbildung 33: Aufteilung, welche Interaktionstechnologien bei Energiesparmaßnahmen zum Einsatz kamen (auf Basis der Angaben in der 1. Tagebuchphase). Mehrfachklassifizierungen möglich.

Viele BewohnerInnen drückten vor dem Schlafengehen oder beim Verlassen der Wohnung den Eco-Button und warfen nach dem Aufstehen einen Blick auf die Prognose-Uhr. Die Prognose-Uhr wurde besonders gerne vor zeitlich gut abgrenzbaren Aktivitäten wie Waschen, Geschirrspülen, Bügeln, oder Kochen beachtet. Nach subjektiver Einschätzung der Bewohner konnten die Aktivitäten Wäschewaschen und Geschirrspülen besonders oft in grüne Phasen verschoben werden. TeilnehmerInnen, die täglich arbeiteten und/oder Kinder zu betreuen hatten, sahen sich jedoch deutlich weniger in der Lage, Aktivitäten wie Kochen oder Baden zu verschieben. Bei Kindern schien der Tagesablauf besonders starr vorgegeben zu sei.

Auch beim gemessenen Verbrauchsverhalten zeigte sich, dass die **Haushalte der Monitoring-Gruppe signifikant weniger Strom verbrauchten**, als die Haushalte der Kontrollgruppe (siehe Abbildung 34). Diese **Einsparung von 14,88%** auf Seiten der Monitoring-Haushalte lässt sich auf die im Rahmen der Feldstudie gesetzten Interventionen zurückführen.

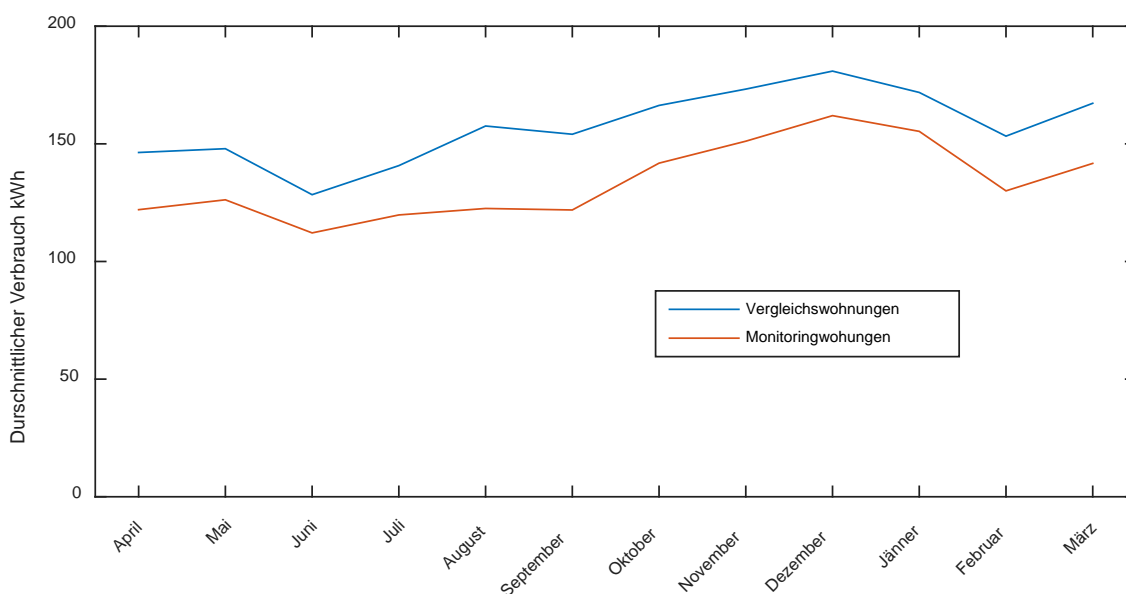


Abbildung 34: Durchschnittlicher Stromverbrauch in kWh über den Studienverlauf

Am meisten Strom wurde von den Monitoring-Haushalten in den gelben Phasen verbraucht (siehe Abbildung 35). Es zeigten sich fast keine Unterschiede zur Vergleichsgruppe, diese verbrauchte in der grünen Phase 13,8%, in der gelben Phase 52,7% und in der roten Phase 33,5%.

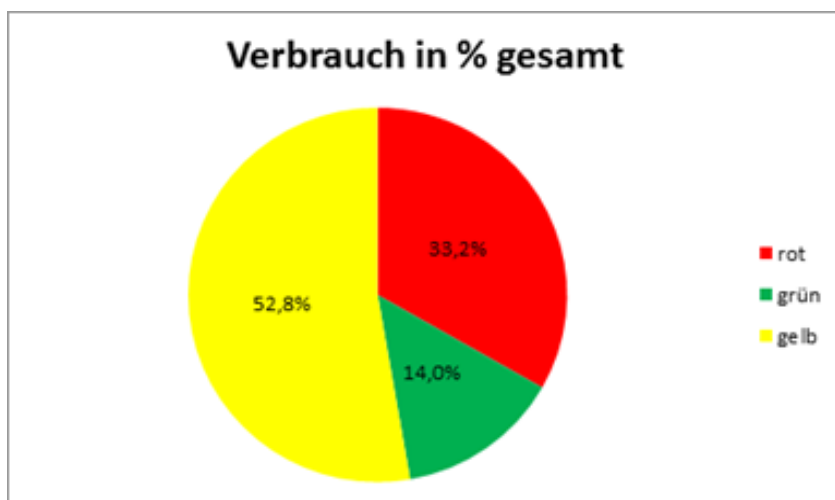


Abbildung 35: Verbrauch anteilig für alle Monitoring-Haushalte zusammengenommen

Die schwarzen Linien in Abbildung 36 zeigen an, wo sich die entsprechenden Grenzen bei den Vergleichswohnungen befinden. Um nachzuweisen, dass die Prognose Uhr einen Einfluss auf das Verbrauchsverhalten in Bezug auf die verschiedenen Phasen hat, müssten die beiden schwarzen Linien über dem jeweiligen Farbwechsel liegen.

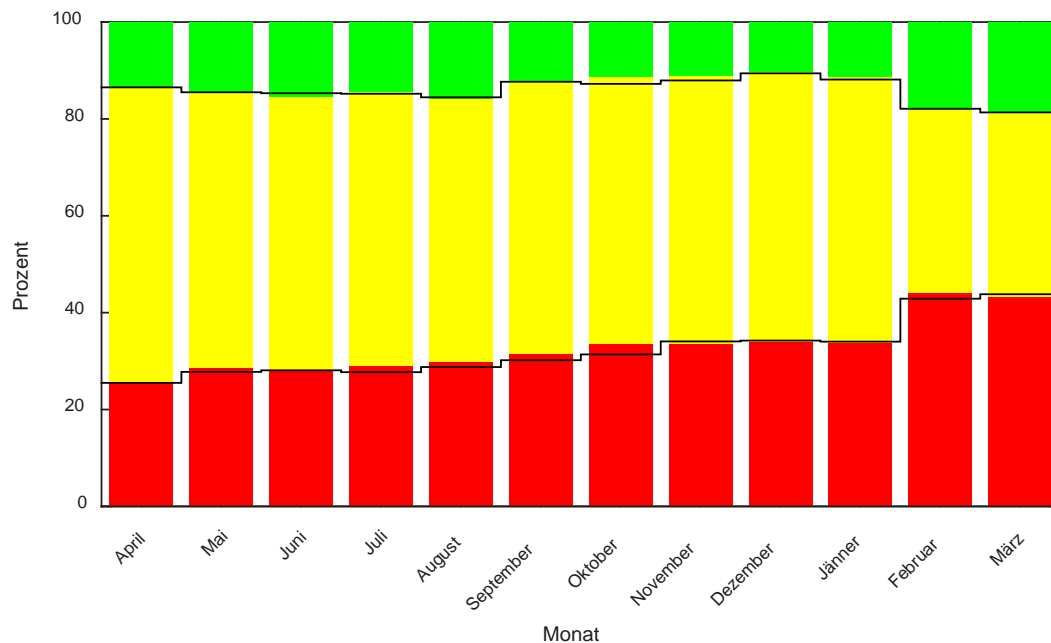


Abbildung 36: Stromverbrauch der Monitoring-Haushalte nach Farben über den Studienverlauf

Im Sommer wurde minimal mehr Strom in grünen Phasen verbraucht, als im Winter, jedoch immer noch weniger, als in den roten Phasen. Ab Februar gab es eine Umstellung des zugrunde liegenden Algorithmus von 6/12/6 Stunden rot/gelb/grün auf 8/8/8 Stunden rot/gelb/grün, daher weichen diese beiden Monate leicht von den anderen Monaten ab. Diese Umstellung geschah als Reaktion auf die bis dahin eher mäßigen Veränderungen und diente zu Testzwecken, ob sich mit einem anderen Algorithmus eventuell höhere Einsparungen erzielen ließen. Nach der Umstellung wurde allerdings mehr Strom in roten Phasen verbraucht, was zum Teil auf die ohnehin schon geringe Lastverschiebung der Haushalte zurückzuführen sein könnte. Der Anteil der grünen Phasen stieg jedoch durch die Umstellung ebenfalls leicht an.

Die leicht steigende Tendenz, nach der in roten Phasen zunehmend mehr Strom verbraucht wurde, lässt sich damit erklären, dass im Winter rote Phasen bereits häufig um 17:00 Uhr beginnen, während dies im Sommer oft erst ab 21:00 Uhr der Fall ist und es daher im Winter wahrscheinlicher ist, mit unverändertem Verhalten in einer roten Phase Strom zu verbrauchen.

Den Verbrauchsphasen lag dabei ein variabler fiktiver Tarif zugrunde, nachdem sich der Strompreis berechnete. Im Falle von Einsparungen wurden diese den Haushalten tatsächlich gutgeschrieben, im Falle einer Nachzahlung wurden die Haushalte informiert, mussten jedoch keine entsprechende Zahlung leisten.

Tabelle 8: variabler Tarif für den Verbrauch nach Farben

Farbe	Preis [€/kWh]
rot	0,21528
gelb	0,16536
grün	0,11136

Insgesamt gesehen erzielte keiner der teilnehmenden Monitoringhaushalte eine Gutschrift, alle Haushalte hätten eine Nachzahlung von durchschnittlich 14,08€ leisten müssen. Bei den Vergleichshaushalten betrug die durchschnittliche Nachzahlung 17,39€, dies lag am höheren Verbrauch der Vergleichswohnungen. Wenn man diese Nachzahlungen auf kWh normieren würde, ergäbe sich ein Unterschied von 3%, dies wäre bei einem theoretischen Normalverbrauch von 3.000 kWh pro Wohnung im Jahr eine Einsparung von 0,9€ pro Jahr. Mögliche Lastverschiebungen werden derzeit auch dadurch erschwert, dass es im Energiesystem der Gegenwart relativ wenige Möglichkeiten gibt aus den roten Phasen „auszubrechen“. Dies sollte in Zukunft durch erneuerbare Energien einfacher werden.

4.1.2 Ergebnisse der Gebäude-Evaluierung

Parallel zur Auswertung der Nutzerstudie erfolgte die Auswertung der Messdaten aus der Gebäudeleittechnik, den Smart Meter Daten aus dem Meter Data Management der Salzburg AG, sowie Zeitreihen über die Energiepreise und die daraus resultierenden Ampelphasen des Building Energy Agent.

Um die Ergebnisse der Gebäudeauswertung interpretieren zu können, werden hier zunächst die Eckdaten der Energiezentrale der HiT Wohnanlage unkommentiert wiedergegeben.

- Blockheizkraftwerk: Elektrische Leistung 33kW, Thermische Leistung 71,6 kW
- Wärmepumpe: Nennaufnahme elektrische Energie 10,6 kW, Heizleistung 45,8 kW
- Fernwärmestation: Thermische Leistung: 500 kW
- Photovoltaikanlage 71,94 kW peak oder 359 m²

Wie zuvor erwähnt wurden nur 3 der 4 definierte Betriebsarten hinreichend lang verwendet, die vierte Betriebsart „Smart Grid Betrieb – CO₂ optimiert“ kommt demnach nicht in der Auswertung vor.

Für die Auswertung der **Stromkosten** wurde die Gesamtpreiskurve, bestehend aus Markt- und Netzkomponenten, zugrunde gelegt, welche in 3.2.2 beschrieben ist. Diese Preiskurve bewegt sich zwischen 0,0031 und 0,107 €/kWh und beinhaltet keine Steuern und Abgaben. Dieser Betrachtungsfall wurde als „Volleinspeiser mit Netzkomponenten“ definiert.

Wird hingegen angenommen, dass der vom BHKW erzeugte Strom zu 100% im Gebäude verbraucht wird und dadurch „Netzstrom substituiert“ wird (ein „Überschusseinspeiser“ bei dem allerdings kein Überschuss anfällt), muss die Gesamtpreiskurve um die Steuern und Abgaben angehoben werden um diese auf das Niveau der Endverbraucherpreise zu bringen.

Dazu wurde eine additive Korrektur von 0.075 €/kWh gegenüber der ursprünglichen Preiskurve durchgeführt, sodass der Mittelwert der zweiten Preiskurve mit 0.1212 cent/kWh dem April 2012 gültigen Wärmepumpentarif der Salzburg AG entsprach. Abbildung 37 zeigt einen Ausschnitt aus den beiden Preiskurven.

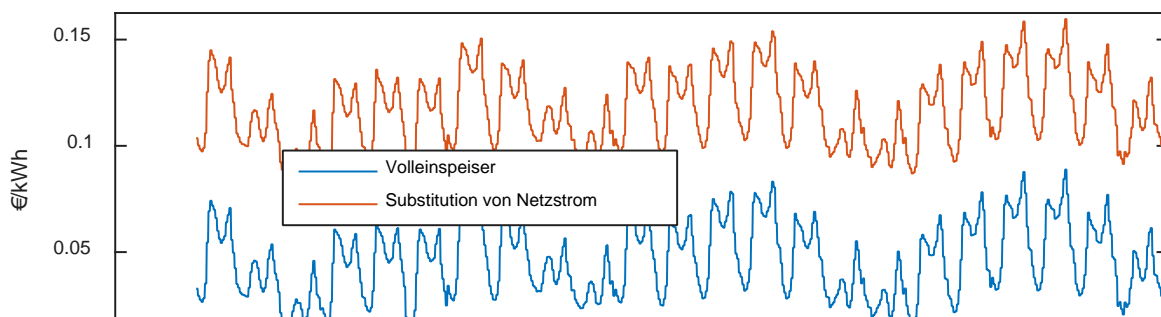


Abbildung 37: Ausschnitt der beiden Preiskurven

In Abbildung 38 sind die durchschnittlichen Kosten der drei betrachteten Betriebsarten mit den beiden Preiskurven „Volleinspeiser“ und „Substitution von Netzstrom“ zu sehen. Mit beiden Preiskurven ist eine wesentliche Einsparung des Smart Grid Betriebes - kostenoptimiert gegenüber dem Normalbetrieb - kostenoptimiert zu sehen. Wie zu erwarten, rechnet sich jedoch die „Substitution von Netzstrom“ deutlich mehr als der „Volleinspeiser“. Es ergibt sich eine Kostenersparnis von 6.9% beim „Volleinspeiser“ und 10.9% bei der „Substitution von Netzstrom“.

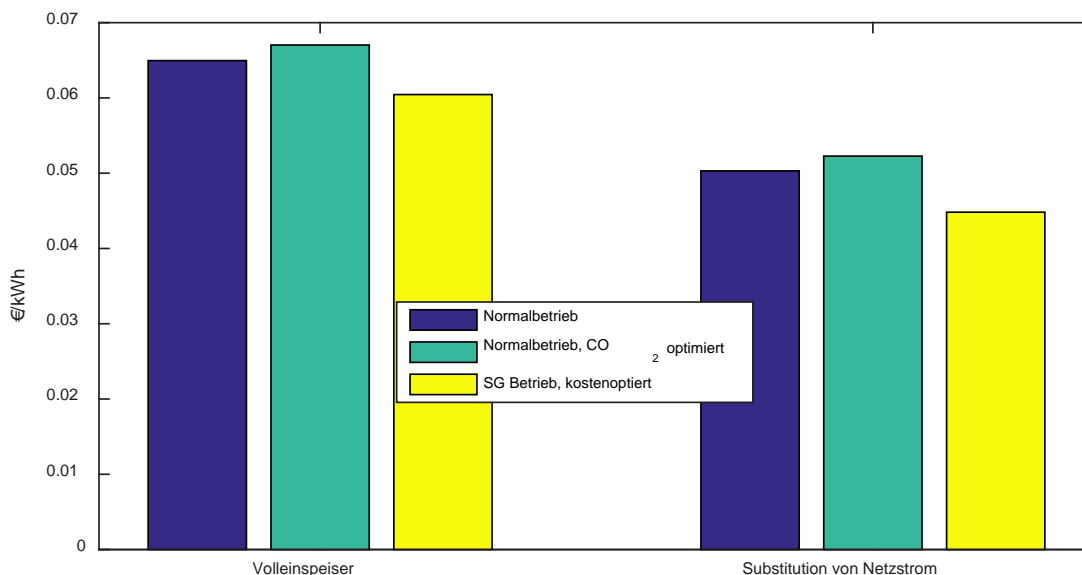


Abbildung 38: Durchschnittliche Kosten der drei Betriebsarten laut der zwei Berechnungen.

Auch bei der Bewertung der **CO₂ Emissionen** wurden zwei unterschiedliche Berechnungen angewandt, um die Übertragbarkeit der Erkenntnisse zu erleichtern. Zugrunde gelegt wurden einerseits die regionalen CO₂ Konversionsfaktoren der Salzburg AG aus dem Jahr 2012 und andererseits die nationalen Standardfaktoren lt. OIB Richtlinie 6, siehe Tabelle 9.

Tabelle 9: CO₂ Konversionsfaktoren der einzelnen Energieträger laut unterschiedlicher Normen

			regional	national
$f_{CO_2, BG}$	[g/kWh]	Biogas	0	4
$f_{CO_2, FW}$	[g/kWh]	Fernwärme	100	73
$f_{CO_2, NS}$	[g/kWh]	Netzstrom	54	417

Die Gegenüberstellung der drei Betriebsarten ist in Abbildung 39 zu sehen. Der CO₂ optimierte Normalbetrieb ist jeweils am besten, während der kostenoptimierte Normalbetrieb und der kostenoptimierte Smart Grid Betrieb beinahe gleichauf liegen. Generell ist allerdings das Ergebnis immer negativ, daher es liegt eine **CO₂ Gutschrift** durch das BHKW vor.

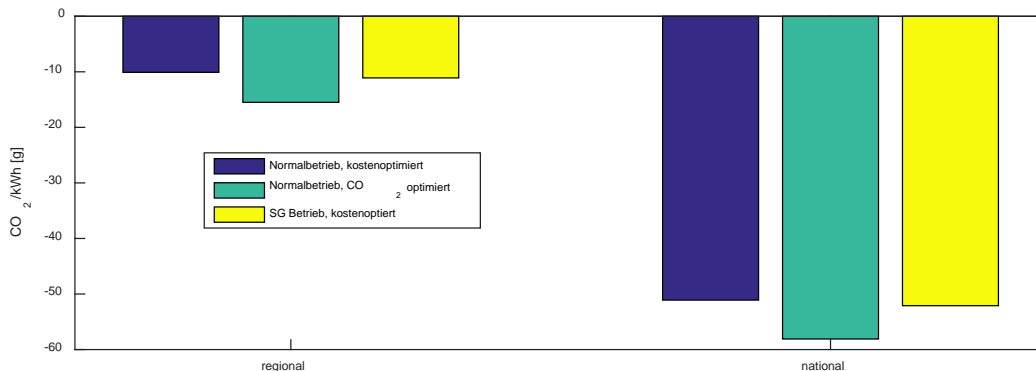


Abbildung 39: Durchschnittliche CO₂ Emission der drei Betriebsarten laut unterschiedlichen Konversionsfaktoren

In Abbildung 40 sind die Betriebszeiten des BHKW in den drei Phasen „rot“, „gelb“ und „grün“ je Betriebsart dargestellt. Man sieht, dass im Smart Grid Betrieb - kostenoptimiert eine **Verschiebung der Laufzeit** des BHKW von „grün“ und „gelb“ **auf „rot“** stattgefunden hat. In Summe wurden **17%** der Betriebszeiten des BHKW von der grünen (6%) und gelben (11%) Phase in die rote Phase **verschoben**. Das BHKW erzeugt kaum mehr in grünen=günstigen Phasen Strom. Eine noch größere Verschiebung wäre auf Grund der Verteilung des Wärmebedarfes, daher der Entnahme aus dem Speicher, in Relation zu den Zeitpunkten der Ampelphasen, kaum mehr möglich.

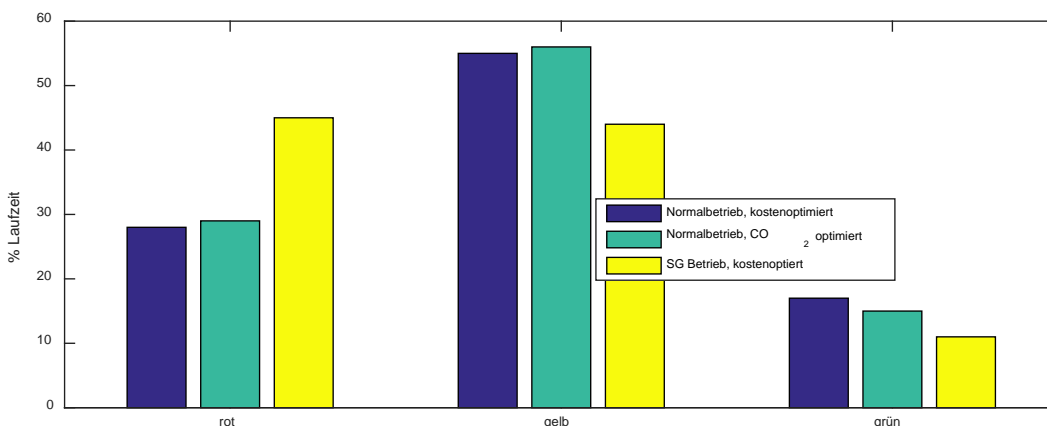


Abbildung 40: Betriebszeiten des BHKW

In Abbildung 41 sind die Betriebszeiten der Wärmepumpe ersichtlich. Bei der **Wärmepumpe** gelingt es im Smart Grid Betrieb - kostenoptimiert den Betrieb der Wärmepumpe im **roten Bereich komplett zu vermeiden**. Durch den geringeren Anteil an der Wärmeversorgung war dies allerdings leichter möglich. In Summe wurden **12%** der Laufzeit der Wärmepumpe von der roten Phase in die gelbe (9%) und in die grüne (3%) Phase **verschoben**.

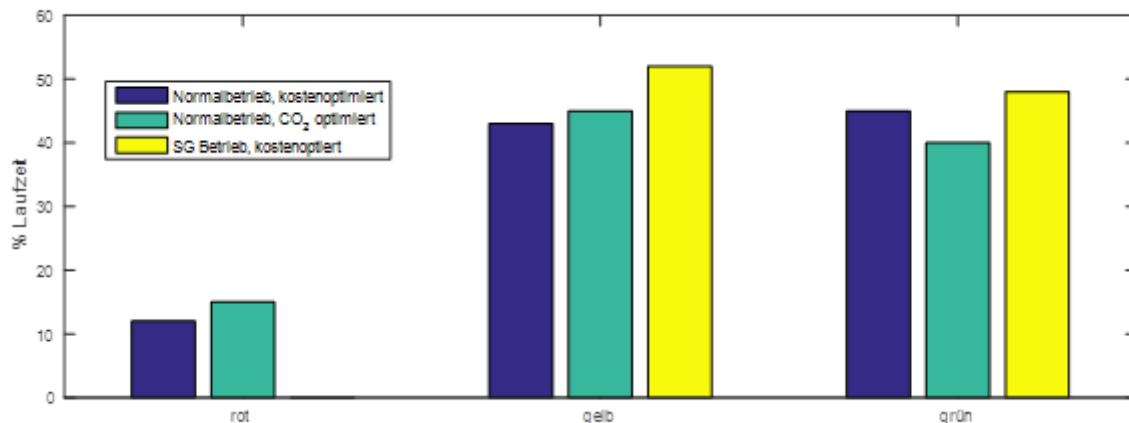


Abbildung 41: Betriebszeiten der Wärmepumpe

Tabelle 10 fasst die vom kostenoptimierten Normalbetrieb in den kostenoptimierten Smart Grid Betrieb stattgefundenen Verschiebungen zusammen.

Tabelle 10 Änderung in der Erzeugung zwischen kostenoptimiertem Normal- bzw. Smart Grid Betrieb in Prozent

Wärmequelle	rot	gelb	grün
BHKW	+17 %	-11 %	-6 %
WP	-12 %	+9 %	+5 %

Zusätzlich zeigte sich, dass die **Jahresarbeitszahl** sowohl der **Wärmepumpe** mit einem Wert von ungefähr 4,5 als auch der **Wirkungsgrad** des **BHKWs** mit über 95% über das gesamte Jahr hinweg **sehr gut** waren. Daraus kann geschlossen werden, dass das Regelkonzept für das HiT Gebäude für die beiden Energieerzeugungssysteme jeweils passende Vorlauftemperaturen lieferte, und die zusätzlichen Betriebsarten die individuelle Performance der beiden Komponenten nicht beeinträchtigte.

In Abbildung 42 ist die anteilige Wärmeerzeugung in MWh von Wärmepumpe, Fernwärme und BHKW über den Studienverlauf hinweg zu sehen. Die Anteile des BHKWs und der Wärmepumpe waren über das Jahr hinweg relativ konstant, während die Fernwärme einen typischen Jahresverbrauch, daher wenig im Sommer und viel im Winter, aufwies.

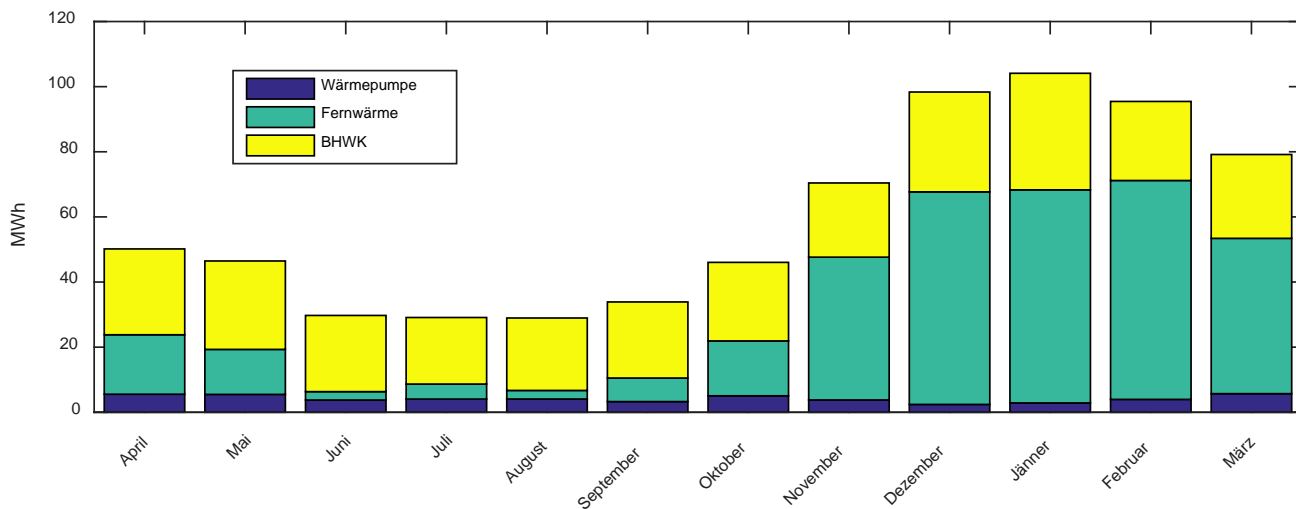


Abbildung 42: Anteil der einzelnen Versorgungsarten an der Wärmeerzeugung in MWh über den Studienverlauf

Abbildung 43 zeigt die insgesamt übers Jahr erzeugten Energiemengen und deren Anteile an der gesamten thermischen Erzeugung.

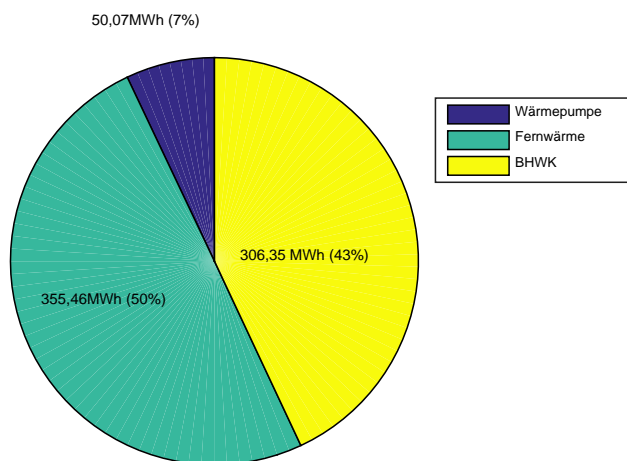


Abbildung 43: Über das Versuchsjahr erzeugte Energiemengen der drei Wärmequellen

Die PV Anlage der HiT Wohnanlage erzeugte im Versuchszeitraum 75.5 MWh. Der tatsächliche Strom-Eigenverbrauch der Wohnanlage kann allerdings nicht festgestellt werden, da die Haushaltstromverbräuche aller nicht am Versuch teilnehmenden Haushalte unbekannt ist, und so auch das gesamte Verbrauchsverhalten der Anlage nicht festgestellt werden kann.

Die Analyse der **Raumkomfort** relevanten Daten aus der Gebäudeautomatisierung, daher Temperatur Soll- und Ist-Werte sowie CO₂ Konzentrationen führte zu folgenden Erkenntnissen:

Bei keinem der Parameter kam es zu einer relevanten Anzahl von **Komfortverletzungen**. Es war zwar eine Tendenz zur sommerlichen Überwärmung feststellbar, allerdings lässt eine Korrelation aus Temperatur- und CO₂ Verlauf oft darauf schließen, dass diese Überwärmung auch durch unsachgemäße Benutzung, daher zu langes Lüften im Sommer, zurückzuführen ist.

Das **Deliverable D6.1 „Bericht über die Analyse und Interpretation der Daten und die Zusammenführung der Ergebnisse von Mensch und Gebäude“** beinhaltet die gesamten Ergebnisse der einjährigen Feldstudie in der HiT Wohnanlage.

4.1.3 Schlussfolgerungen Bewohner-Evaluierung

Auf Basis der Ergebnisse lassen sich eine Reihe von Schlussfolgerungen für die weitere Forschung und zukünftige Entwicklung von Smart Grids ziehen. Auf Seiten der BewohnerInnen ist vor allem die Frage relevant, inwieweit nachhaltiges Energieverhaltensverhalten erfolgreich langfristig unterstützt und gefördert werden kann.

▪ **Das Thema Energiesparen im Haushalt ist hoch relevant**

Die empirischen Erhebungen mit den BewohnerInnen der HiT Wohnanlage haben gezeigt, dass das Thema Energiesparen hohe Relevanz hat. Dies zeigt sich einerseits in den Einstellungen zu Umweltschutz und Energiesparverhalten, die bereits vor der Interventionsstudie stark ausgeprägt waren. Andererseits verdeutlicht auch das bereits bestehende Energiesparverhalten, dass die BewohnerInnen sehr bewusst mit Energie umgehen. Energiesparende Praktiken wie das Benutzen von schaltbaren Steckdosenleisten, das Abdrehen von Licht nach Verlassen eines Raumes, oder Stoßlüften statt Kippen sind weit verbreitet. Darüber hinaus bezeugt das hohe Interesse an den Interaktionstechnologien, die im Rahmen dieser Studie eingesetzt wurden, dass die BewohnerInnen offen sind für weitere Verbesserungen im Umgang mit Energie. Energie ist definitiv kein Thema, das ignoriert wird, sondern das im Haushalt, mit BesucherInnen, in der Wohnanlage und darüber hinaus diskutiert und verhandelt wird.

▪ **Durch Technologie lassen sich Lerneffekte erzielen**

Die technische Ausstattung der Monitoring-Wohnungen hatte einen Lerneffekt. Die Interaktionstechnologien, welche die oft unsichtbare Energie im Haushalt sichtbar machten, leisteten hier einen wesentlichen Beitrag. Der normalerweise nicht direkt wahrnehmbare Zusammenhang zwischen Energiekosten und dem Verbrauch einzelner Geräte wurde dadurch vielen BewohnerInnen zum ersten Mal bewusst. Die BewohnerInnen wussten am Ende der Studie mehr über ihre Stromverbraucher und ihr Energieverhaltensverhalten. Die Technik half auch, den BewohnerInnen das Thema der zeitlich variablen Netzlast zu vermitteln.

▪ **Die Nutzung von Interaktionstechnologien ist stark kontextabhängig**

Im Laufe dieser einjährigen Studie zeigte sich, dass die Nutzung der Interaktionstechnologien stark kontextabhängig ist. Die Platzierung der Geräte im Wohnraum spielt ebenso eine Rolle, wie die Tätigkeiten, die an bestimmten Orten, zu bestimmten Zeitpunkten, von bestimmten Personen durchgeführt werden. Diese Faktoren ermöglichen oder verhindern Sichtbarkeit und damit Interaktion mit der Technik und Bewusstsein über Energie. Eine weitere Rolle spielen andere Mitglieder im Haushalt oder im weiteren sozialen Umfeld. So können diese verstärkend oder hindernd wirkend, wenn es darum geht, energiesparendes Verhalten anzunehmen. Dies hat sich etwa in den Diskussionen, ob Wäsche waschen in der Nacht möglich sei, oder nicht, deutlich gezeigt. NachbarInnen, die aus dem Schlaf gerissen würden, wirken stärker als die Prognose-Uhr und ein günstigerer Tarif.

▪ **Die langfristige Einbindung der NutzerInnen ist entscheidend**

Die Nutzung der technischen Ausstattung ist trotz einiger Schwankungen insgesamt zurückgegangen. Dies lässt zweierlei Schlussfolgerungen zu. Einerseits zeigen die Schwankungen in der Nutzungsintensität, dass externe Ereignisse als weiterer Kontextfaktor einen großen Einfluss haben können. So ist vor oder während eines empirischen Erhebungszeitpunkts bzw. einer Intervention ein Anstieg der Nutzung zu verzeichnen. Ein System, das seine BenutzerInnen daher langfristig binden und interessieren möchte, darf nicht nur passiv Informationen bereitstellen, sondern muss auf balancierte Art und Weise die User aktiv adressieren. Ein kontinuierliches, sich veränderndes Angebot, sich mit dem Thema Energie auseinanderzusetzen, hat bessere Chancen, auf Dauer genutzt zu werden. Ein Beispiel dafür sind etwa Gamification-Ansätze. Als Gamification bezeichnet man den Einsatz spieltypischer Elemente in spielfremden Kontext (Deterding, Khaled, Nacke & Dixon, 2011). Durch die Integration spielerischer Elemente, wie Erfahrungspunkte, Highscores oder Auszeichnungen, in Feedbacksysteme soll eine Motivationssteigerung bei den NutzerInnen, sowie eine Verbesserung der User Experience erreicht werden. Dabei gibt es bereits mehrere Ansätze, die sich speziell im Energiebereich fokussieren

(siehe z.B. Gustafsson, Katzeff & Bang, 2009; Witzani, 2014) und in einer US-amerikanischen Meta-Studie Einsparungen von 3-6% erzielten (Grossberg, Wolfson, Mazur-Stommen, Farley & Nadel, 2015). Als wichtige Voraussetzung für dieses gamifizierte Feedback muss eine feingranulare Aufzeichnung und Bereitstellung der Verbrauchsdaten, möglichst in Echtzeit, gegeben sein. Die Aktionskärtchen, die als zweites Tagebuch eingesetzt wurden, waren letztendlich ein spielerisches Versuch die BewohnerInnenInnen wieder zu aktivieren, sich mit den Technologien und Energie auseinanderzusetzen. Die positiven Annahme der Kärtchen zeugt vom Erfolg dieser Maßnahme.

Auf der anderen Seite hat Technologie, die einen bewussteren Umgang mit Energie fördern möchte, keinen Selbstzweck. Das heißt, wenn ein verändertes Verhalten angenommen wird, aber die Technologie nicht mehr genutzt wird, ist dies trotzdem als Erfolg zu werten. Dass neue Geräte und Dinge zunächst sehr intensiv genutzt werden, weil sie aufgrund ihrer Neuheit interessant sind, die Nutzung aber stark abnimmt, sobald dieser Neuheitseffekt verfliegen ist, ist aus vielen Bereichen der Techniknutzungsforschung, besonders im Zusammenhang mit Langzeitstudien, bekannt. Relevant ist die Frage, inwieweit sich dauerhafte Veränderungen eingestellt haben. Dies kann im Fall der vorliegenden Studie zumindest teilweise positiv beantwortet werden. So wurden verschiedene Verhaltensänderungen berichtet, die sowohl Einmalmaßnahmen wie das Austauschen von Glühbirnen auf LED-Lampen, wie auch dauerhafte Umstellungen umfassen. So wurden Geräte wie etwa die Waschmaschine deutlich bewusster genutzt. Die BewohnerInnen machten sich Gedanken, wann sie diese Geräte nutzten. Außerdem integrierten die BewohnerInnen die Technik in ihre Alltagsroutinen. Viele BewohnerInnen drückten vor dem Schlafengehen oder beim Verlassen der Wohnung den Eco-Button und warfen nach dem Aufstehen einen Blick auf die Prognose-Uhr. Die Prognose-Uhr wurde besonders gerne vor zeitlich gut abgrenzbaren Aktivitäten wie Waschen, Geschirrspülen, Bügeln, oder Kochen beachtet. Nach subjektiver Einschätzung der Bewohner konnten dabei die Aktivitäten Wäschewaschen und Geschirrspülen besonders oft in grüne Phasen verschoben werden. Darüber hinaus wurden manche BewohnerInnen zu Advokaten des Energiesparens, wenn sie mit Verwandten oder FreundInnen sprachen und die Konzepte der Feldstudie erklärten oder ihren Energieverbrauch mit anderen verglichen.

▪ **Zukünftige Technologien müssen kontext- und zielgruppenspezifisch gestaltet sein**

Dennoch gibt es Barrieren, die Verhaltensänderungen verhindern oder erschweren. Wie auch bei der Techniknutzung an sich, spielt der Kontext, in der der Energieverbrauch stattfindet, eine große Rolle. So konnten die BewohnerInnen im Gegensatz z.B. zum Geschirrspülen die Zubereitung einer warmen Mahlzeit meist nicht verschieben, da sie nicht bereit waren, ihre Essgewohnheiten an die Prognose-Uhr anzupassen. Auch Gesundheit und Komfort war den TeilnehmerInnenInnen oft wichtiger als Energie zu sparen. Wenn es kalt oder die Waschmaschine in der Nacht zu laut war, wurden die Anzeigen der Technik ignoriert. Dies bedingt die Schlussfolgerung, dass der Energieverbrauch nicht losgelöst von den Praktiken betrachtet werden kann, in denen er entsteht. Zukünftige Technologien, die mit variablen Tarifen arbeiten, haben in dieser Hinsicht das Innovationspotential, beispielsweise durch feingranulare Echtzeitdaten nahe an den Lebensrealitäten der BewohnerInnen ausgerichtet zu sein. Dass die Bereitschaft oder Nicht-Bereitschaft, Aktivitäten zu verschieben, stark von der Lebenssituation abhängt, zeigte sich auch dadurch, dass etwa Alter, Berufstätigkeit oder Kinder diese stark beeinflussten. TeilnehmerInnen, die täglich arbeiteten und/oder Kinder zu betreuen hatten, sahen sich deutlich weniger in der Lage, Aktivitäten wie Kochen oder Baden zu verschieben. Bei Kindern schien der Tagesablauf besonders starr vorgegeben zu sei. Daher ist eine weitere Folgerung, dass zukünftige Technologien zielgruppenspezifisch auf individuelle Lebenslagen besser eingehen sollten, um die Wirkung zu verbessern. Hier könnten personalisierte Benachrichtigungen und Notifications, z.B. in Form von push messages innerhalb eines smarten Feedbacksystems, eingesetzt werden, die auf die jeweiligen NutzerInnen abgestimmte Vorschläge zum Energiesparen abgeben oder Verhaltensweisen und Zeitpunkte für günstigen Energieverbrauch empfehlen.

▪ **Interventionen können auf gesellschaftlicher Ebene wirken**

Bewusstsein für Kosten und Energieverbrauch und individuelle Anpassungen beim Verhalten sind ein erster wichtiger Schritt für eine nachhaltige Energiezukunft. Doch sollten Interventionen, die Entwicklungen in diese Richtung motivieren wollen, hier nicht stehen bleiben. Die empirischen

Ergebnisse dieser Studie haben auch gezeigt, dass jenseits des individuellen Verhaltens der sozialen Verantwortung des/der Einzelnen gegenüber der Gesellschaft und zukünftigen Generationen große Bedeutung zukommt. Diese Verantwortung zu schaffen und zu unterstützen, kann auch Aufgabe nachhaltiger Technologieinterventionen sein. Hierfür eignen sich auf der einen Seite soziale Strategien, die im Rahmen dieser Studie, wie oben berichtet, bereits interessante Ergebnisse erzielt haben. Menschen lernen gerne und besonders effektiv vom Verhalten anderer, und wenn dadurch nachhaltige Lebensweisen verbreitet werden, sollte Technik diesen sozialen Lernprozess ermöglichen und verstärken. Soziale Medien und (Online-)Communities könnten in diesem Sinne genutzt werden. Aber auch mit Hilfe von Technologie organisierte Treffen interessierter Personen, bei denen relevante Themen diskutiert werden und Wissen zugänglich gemacht und verbreitet wird, können positive Lerneffekte erzielen.

Darüber hinaus muss das Thema Energie auch jenseits des Haushalts und jenseits der Wohnanlage gedacht werden. Wie die Diskussionen der Fokusgruppen gezeigt haben, reichen technologische Entwicklungen auf Haushaltsebene nicht aus, um breite Veränderungen zu bewirken. Um auf globale Probleme wie den Klimawandel einzuwirken, benötigen sie die richtige politische und wirtschaftliche Unterstützung, damit kulturelle Veränderungen auf einem globalen Level erreicht werden. Dabei geht es nicht nur darum, diese Dimensionen bewusst zu machen, sondern auch Individuen und Gruppen zu befähigen, selbst Aktionen zu setzen und Einfluss auf Entscheidungsprozesse im Energiesystem der Zukunft zu nehmen. Richtig eingesetzt, hat Technologie dabei das Potential, schwächeren Akteuren eine stärkere Position zu geben.

Zusammenfassend hat die Evaluierungsstudie der Rosa Zukunft wichtige Erkenntnisse darüber gebracht, wie das Zusammenspiel eines Gebäudes sowie dessen BewohnerInnen mit einer Smart Grids Infrastruktur in einem realen Setting aussehen kann.

4.1.4 Schlussfolgerungen Gebäude-Evaluierung

Auf Seiten des Gebäudes wurde im laufenden Betrieb deutlich ersichtlich, dass die Entscheidungen die während der Bauphase - unter Berücksichtigung der Einhaltung des Kostenrahmens sowie den Anforderungen der Wohnbauförderung - getroffen wurden, weitreichende Konsequenzen für die tatsächliche Flexibilisierung von Last hat.

▪ **Die Steuerung der Energiezentrale führte zu einer messbaren Lastverschiebung**

Im „Smart Grid Betrieb – kostenoptimiert“ hat eine Verschiebung der Laufzeit des BHKW von „grün“ und „gelb“ auf „rot“ stattgefunden. In Summe wurden 17% der Betriebszeiten von den grünen (6%) und gelben (11%) in die roten Zeiten verschoben.

Bei der Wärmepumpe gelang es im „Smart Grid Betrieb – kostenoptimiert“ den Betrieb der Wärmepumpe im roten Bereich komplett zu vermeiden. In Summe wurden 12% der Laufzeit der Wärmepumpe von den roten Zeiten in die gelben (9%) und in die grünen (3%) Zeiten verschoben.

▪ **Im großvolumigen Wohnbau rechnet sich der Mehraufwand bezüglich Planung, Anlagensimulation und Optimierung**

Besonders bei großvolumigen Bauten kann sich der Mehraufwand in der Planung, Anlagensimulation und Optimierung durchaus rechnen, vor allem wenn im Sinne der Nachhaltigkeit die Beurteilung über den Lebenszyklus des Gebäudes und nicht nur über die ersten Jahre erfolgt.

Durch die Optimierung wird das gebäudetechnische Verhalten näher an die Grenze des machbaren gezogen und so die üblichen Toleranzen reduziert. Dies gilt genauso für die Energiekosten sowie für die CO₂ Emissionen.

▪ **Projektergebnisse führten zu einem Leitfaden zur Errichtung von netzfreundlichen Gebäuden**

Insbesondere bei Neubauplanungen mit bivalenten oder multivalenten Energiesystemen kommt den gewonnenen Ergebnissen und Erfahrungen eine erhebliche Bedeutung zu. Mit den Erfahrungswerten bezüglich Nutzungsgrad und Akzeptanz der Energiefeedbackmethoden, sowie deren einhergehendem Effekt, kann in zukünftigen Projekten den Bewohnern Kosten-Nutzen-optimiertes Energiefeedback angeboten werden. Vor allem für (Wohn-)Bauträger sind die gewonnenen Projektergebnisse interessant.

Mit dem Deliverable „**D7.2 Leitfaden zur Errichtung von netzfreundlichen Gebäuden**“ kann ein netzunterstützendes Energiesystem mit dem Versorgungsunternehmen abgestimmt werden.

▪ **Aktuelle Standards sind nur bedingt mit Netzfrendlichkeit vereinbar**

Das BHKW wurde nach dem Warmwasserbedarf im Sommer (Grundlast) ausgelegt und daher kleiner dimensioniert. Dies ist eine übliche Vorgehensweise nach heutigen Standards. Für einen netzfreundlichen Betrieb wäre jedoch eine größere elektrische Leistung des BHKWs vorteilhaft gewesen. Das BHKW deckte einen großen Teil des thermischen Energiebedarfes (>80%) ab. Der Wirkungsgrad des BHKWs wurde durch den Smart Grid freundlichen Betrieb sowie dem häufigen Wechsel der Betriebsarten nicht beeinträchtigt und war mit ca. 95% ausgezeichnet.

Die Wärmepumpe konnte aufgrund der Bodenbeschaffenheit und der Grundstücksgröße nur relativ klein ausgeführt werden. Daher konnten die beiden thermisch-elektrischen Kopplungen, Wärmepumpe und BHKW, den Wärmebedarf im Winter nicht decken, die zusätzliche Versorgung mit Fernwärme wurde daher notwendig. Über das Versuchsjahr hinweg wurden 7% der benötigten thermischen Energie durch die Wärmepumpe, 43% durch das BHKW und 50% durch Fernwärme bereitgestellt. Bei der Wärmepumpe konnte eine Jahresarbeitszahl von 4.5 erreicht werden, was ebenfalls als hervorragend einzustufen ist.

▪ **Für das Erreichen von Netzfrendlichkeit ist eine konsequente Planung noch wichtiger als bei herkömmlichen Gebäuden**

Durch die ursprüngliche Auslegung der Haustechnikzentrale auf eine große Solarthermie-Anlage wurde der Speicher verhältnismäßig groß gewählt. Hieraus lassen sich folgende Maßnahmen für ähnliche Projekte ableiten:

- Ein großer thermischer Speicher könnte durch mehrere kleinere (z.B. einen auf dem Temperaturniveau der Wärmepumpe, einen auf dem des BHKW) ersetzt werden. Dadurch würden Probleme wie das komplette Durchladen⁴ des Schichtspeichers, die wieder zu einer geringeren Verwendung der Wärmepumpe führte, vermieden werden.
- Für die Wärmepumpe könnte ein Modell mit einer niedrigeren JAZ aber einer höheren Vorlauftemperatur ausgewählt werden. Dadurch würde sich zwar der elektrische Energieverbrauch für die Wärmebereitstellung entsprechend erhöhen, allerdings eine größere Flexibilisierung durch die Möglichkeit der Warmwassererzeugung mit der Wärmepumpe und dem besseren Zusammenspiel mit dem BHKW aufgrund der ähnlicheren Vorlauftemperaturen ergeben. Diese größere Flexibilisierung würde unter der Annahme von zweitvariablen Tarifen noch einmal zu einer Kosteneinsparungen führen.

▪ **CO₂ Neutralität und Vergleichbarkeit braucht nachhaltige Standards**

Bei der Planung und im Betrieb ist der Erfolg oder Misserfolg eines Bauprojektes in Hinsicht auf CO₂ bzw. Primärenergie extrem von den zugrundeliegenden Konversionsfaktoren abhängig. Da diese in Österreich abhängig von Bundesland bzw. Energieversorgung (z.B. Fernwärme) sind, ist eine direkte Übertragung der Ergebnisse des Projektes SGMS HiT nur schwer möglich.

▪ **Bewusstseinsbildung bezüglich dem korrekten Umgang mit Energie in Niedrigenergiehäusern notwendig**

Die korrekte Nutzung von Niedrigenergiehäusern ist noch nicht im Bewusstsein der BewohnerInnen verankert. Durch vermehrtes Lüften bei hohen Außen- und den sich daraus ergebenden Innenraumtemperaturen werden die Raumtemperaturen im Sommer zusätzlich gesteigert, was zu einem Aufschaukeln führt.

⁴ Als Durchladen wird hier eine Maximierung der thermischen Energiemenge bezeichnet, d.h. der komplette Speicher war auf dem Temperaturniveau des BHKW, bezeichnet.

▪ **Die regulatorischen Rahmenbedingungen für Netzfrendlichkeit müssen erst geschaffen werden**

Unter den gegebenen projektspezifischen Rahmenbedingungen (z.B. variabler Tarif) waren folgende Einsparungspotenziale möglich:

- Im Fall der Betrachtung des BHKW als „Volleinspeiser“, der entsprechend des Spotpreises vergütet wird, liegt das Einsparungspotential bei 6,9 %. Somit rechnet sich die Flexibilität erst über einen längeren Zeitraum hinweg.
- Nimmt man an, dass der Strom aus dem BHKW innerhalb des Objektes verbraucht wird, ist das Einsparungspotenzial höher, da dadurch bei flexiblen Tarifen besonders teurer Spitzenstrom substituiert wird und liegt bei 10,9 %.

5 Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen

5.1 Verbreitung

Die Kommunikationsmaßnahmen für HiT Begleit-F&E wurden in das Kommunikationskonzept der SGMS eingebunden. Dementsprechend wurde das Projekt HiT Begleit-F&E gemeinsam mit dem Projekt HiT Planung&Bau als Leuchtturmprojekt „Rosa Zukunft“ der Smart Grid Modellregion Salzburg (SGMS) bei verschiedenen Presseberichten erwähnt bzw. kurz vorgestellt:

- „SOLID“ vom 18.06.2013, Seite 22-25: „Die denkende Wohnanlage“
- "Salzburger Wirtschaft" vom 07.06.2013, Seite 7-8: „Smarter Umbruch in der E-Wirtschaft“
- "Oesterreichs Energie" vom 30.01.2014, Seite 46, 47: „Bei Strom gibt es keine Insel der Seligen“
- "Oesterreichs Energie" vom 22.10.2013 Seite: S78, S79: „Smart Grids Modellregion Salzburg“
- "Oesterreichs Energie" vom 11.07.2013 Seite: 3, 30, 31, 32: „Köstendorf -Mekka der Stromzukunft“
- "Oesterreichs Energie" vom 09.07.2013, Seite 22-24: „Energie neu gedacht“
- "public" vom 17.02.2014 Seite: 52, 53, 54: „Energie trifft Intelligenz“
- "Salzburger Wirtschaft" vom 15.11.2013, Seite 35: „Salzburgs Zukunft ist smart“
- "Salzburger Wirtschaft" vom 07.06.2013, Seite 25: „Smarter Umbruch in der E-Wirtschaft“
- "Beilage" vom 18.06.2013 Seite: S22, S23, S24, S25, BAUPRAXIS Projekte unter der Lupe: „Die denkende Wohnanlage“
- "Umweltschutz" Nr. 03/2013 vom 17.06.2013 Seite 28,29 Ressort: Klima & Energie Von: TEXT: EBERHARD FUCHS: „Smarte Revolution“
- "Oesterreichs Energie" vom 28.06.2013, Seite 10, 11: „Das Stromnetz wird schlauer“
- „lebens.linien“ Nr. 63 / Juni 2014, Seite 26, 27: „So funktioniert ein Smart Home“, „Wohnzukunft durch die rosa Brille“

Eine komplette Sammlung aller Presseberichte befindet sich im „Pressespiegel“ zum Thema „Rosa Zukunft“.

Im Folgenden sind einige externen Veranstaltungen angeführt, auf denen Präsentationen mit Bezug zu dem Leuchtturmprojekt „Rosa Zukunft“ (inkl. HiT Begleit-F&E) abgehalten wurden:

- Smarte Energie Regionen und engagierte Kommunen als erfolgreiche Nutzer intelligenter (Energie-) Infrastrukturen, ExpertInnenworkshop im Rahmen des Strategieprozess Smart Grids 2.0, in Salzburg am 11.3.2014
- Workshop on DSM Potentials, Implementations and Experiences im Rahmen des IEA DSM Task 17 und des Projekts EcoGrid EU, in Graz am 20.5.2014
- Workshop mit dem Projektteam von S3C am 16.12.2013
- Veranstaltung für die Kammer der Architekten und Ingenieurskonsulenten am 12.04.2014
- Informationsveranstaltung mit den BewohnerInnen am 13.03.2014
- Anschlussveranstaltung mit den BewohnerInnen am 13.05.2015
- Besichtigungstermin für das Technische Museum Wien am 18.03.2015
- 1. Fokusgruppentermin mit den BewohnerInnen am 09.05.2014
- 2. Fokusgruppentermin mit den BewohnerInnen am 09.04.2015
- D-A-CH Treffen Salzburg am 19.11.2014
- Mehrere Besichtigungstermin mit Mitarbeitern von den Stakeholdern der Modelregion Salzburg (Stadt und Land Salzburg, Salzburg Wohnbau, Siemens, Salzburg AG)
- Mehrere Besichtigungstermin mit ausländischen Interessenten (z.b.: Murata Delegation aus Japan)
- Smart Grids Week - Graz 2014
- Smart Grids Dialog Salzburg 2015: Resultate und Erkenntnisse der Smart Grids Modellregion Salzburg; DI Michael Strebl

Neue Energien 2020 - 5. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

- Smart Cities Week – Salzburg 2015: Die Smart Cities Week 2015 startete am Mittwoch, den 4. März 2015, mit einer geführten Exkursion: Besichtigt wurde die Smart-Grids Wohnanlage "Rosa Zukunft".

Des Weiteren sind Informationen zum Leuchtturmprojekt „Rosa Zukunft“, zu dem auch HiT Begleit-F&E zählt, öffentlich über die Website der SGMS zugänglich, siehe Link:

<http://www.smartgridssalzburg.at/forschungsfelder/kunden-und-gebaeude/hit/>

Das in HiT Planung&Bau gebaute Smart Grid-fähige Wohngebäude, sowie das für HiT Begleit-F&E entwickelte Interaktionskonzept wurde bei dem On-site Dialog am 15. Mai 2013 im Zuge der Smart Grids Week - Salzburg 2013 (von 13. bis 17. Mai 2013, siehe Link:

<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/results.html/id7097>) vorgeführt. Für die Demonstration des Interaktionskonzeptes wurde ein klickbarer Mock-Up (Click Dummy) entwickelt, der über einen Tablet PC von den Konferenzteilnehmern ausprobiert werden konnte. Weiters wurde im Zuge der Smart Grids Week 2013 das Interaktionskonzept innerhalb der Gesamtkonzeptes von HiT (Planung& Bau und Begleit-F&E) präsentiert. Die Präsentation ist unter folgendem Link öffentlich zugänglich:

http://download.nachhaltigwirtschaften.at/edz_pdf/events/20130515_sgw_onsite_dialog_rosa_zukunft.pdf

Für die Smart Grids Week 2013 in Salzburg sowie für die Smart Grids Week 2014 in Graz wurde jeweils ein Poster vorgestellt.

Im Zuge der Smart City Week Salzburg wurde am ersten Tag 04.03.2015 eine Exkursion der Fachteilnehmer in der Rosa Zukunft vor Ort durchgeführt! Eine Nachlese zur Exkursion ist unter folgenden öffentlichen Link zugänglich: <http://www.smartcities.at/service/smart-cities-week-2015/exkursion/>

Die folgenden wissenschaftlichen Publikationen entstanden im Rahmen des Projekts:

- Prost, S., Mattheiss, E. & Tscheligi, M. (2015). From Awareness to Empowerment: Using Design Fiction to Explore Paths towards a Sustainable Energy Future. In: *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing (CSCW)*, pp. 1649-1658.
- Poster: Prost, S., Tscheligi, M., und Stutz, M. Interaction Design for Energy Saving and Shifting in Smart Grids-enabled Households. Smart Grids Week 2014, (2014).

Weitere Publikationen zu den zentralen Ergebnissen des Projekts in „Energy in Buildings“ sowie einschlägigen Fachzeitschriften aus dem Bereich und „Social Sciences“ sind geplant.

Sämtliche Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen wurden in dem **Deliverable D7.1 „Bericht über Wissenschaftliche und Wirtschaftliche Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen“** zusammengefasst.

5.2 Verwertung

Die im Rahmen des Projektes HiT Begleit-F&E gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf das Verhalten und die Interaktion der Gebäudenutzer sowie technologische Entwicklungen und Erkenntnisse werden in weiteren nationalen und internationalen Forschungsprojekten eingesetzt und zum Teil weiter entwickelt. Beispiele dafür sind das Projekt „Leafs“, das unter anderem eine Weiterentwicklung des Feldversuchs in der Salzburger Gemeinde Köstendorf vorsieht, das Projekt „EEPOS – Energy management and decision support systems for Energy POSitive neighbourhoods“, in dem ebenfalls durch das Management unterschiedlicher thermischer Energieerzeuger für den selben Pool an Verbrauchern eine Minimierung des CO₂ Ausstoßes erreicht werden soll, sowie das Projekt „Smart City Demo Aspern (SCDA)“.

In zuletzt genannten Projekt wurden die Erkenntnisse zum Thema Home Automation in die Planung aufgenommen. Das dort installierte System ist eine direkte Weiterentwicklung aus HiT Begleit-F&E. Die nächsten technologischen Herausforderungen bestehen in der exakten Vorhersage von Verbrauch und Erzeugung, um eine vorausschauende Optimierung zu ermöglichen. Dies ist die Basis für die Weiterentwicklung der Anwendungsfälle „Eigenverbrauchsoptimierung“ und „Teilnahme von Gebäuden an Energiemärkten“. Erweiternd zum Konzept der dynamischen Preissignale wird in Aspern die Teilnahme von Gebäuden am Tertiär-Regelenergiemarkt erprobt. Ein wesentlicher Input aus dem HiT Begleit-F&E Projektes ist dabei das Zusammenspiel zwischen herkömmlicher Gebäudeautomatisierung und den Smart Grids-Ansätzen und Anwendungsfällen.

Auch die sozialwissenschaftlichen Aspekte werden in Aspern weiter untersucht. So werden in den Projekten „Smart City Demo Aspern“ und „Architektur“ als Teil der Initiative „Referenzarchitektur für sichere Smart Grids in Österreich“ Teilaspekte aus HiT Begleit-F&E, wie die Incentivierung von Lastverschiebungs- und Energiesparmaßnahmen, oder Vertrauens- und Sicherheitsaspekte in Bezug auf Datenschutz, weiterführend untersucht. Dabei werden auch die im Rahmen von HiT Begleit-F&E entwickelten sozialwissenschaftlichen Forschungsmethoden weiterentwickelt und erweitert.

Weiters fließen die Erkenntnisse auch in das weiterführende interne Projekt „Lastflexibilisierung“ zwischen Salzburg AG und Siemens ein. Hier wird die „netzoptimierte“ Betriebsweise über einen längeren Zeitraum bei verschiedenen Gebäudetypen (Wohnbau, Industrie, Einkaufcenter, Bürogebäude, ...) getestet und unterschiedliche Bedingungen (Netzzustände) simuliert. Ziel ist es herauszufinden, ob der Building Energy Agent für einen Einsatz bei einer größeren Kundengruppe geeignet ist und wie sich die Lastverschiebung auf das Stromnetz auswirkt.

Aus Sicht der Wohnbauträger werden die erzielten Effekte sehr positiv bewertet und die entwickelten Anwendungen daher bei weiteren Projekten Einsatz finden. In den laufenden sowie neuen Projekten aus dem Förderprogramm Stadt der Zukunft werden diese auch weiterentwickelt und den Bedürfnissen der Bewohner weiter angepasst.

Basierend auf den Ergebnissen des Projektes wurde das **Deliverable D 7.2 - „Leitfaden für die Umsetzung eines netzfreundlichen Gebäudes“** verfasst. Für die Errichtung von netzfreundlichen Wohnbauprojekten sind eine Vielzahl von technischen Daten zu erheben, Abstimmungen mit den am Planungsprozess beteiligten Personen zu tätigen und Entscheidungen bereits vor Baubeginn zu treffen. Aufgrund der umfangreichen Arbeiten wurde eine Checkliste entwickelt, welche zukünftigen Bauträgern und deren Projektleitern bereits in der Entwicklungs- und Projektierungsphase eine koordinierte Abwicklung ermöglichen sollte. Unter den Punkte 1-11) der Checkliste sind unter anderen Themen angeführt, welche für den zukünftigen Betrieb der technischen Anlagen der Wohnhäuser von wesentlicher Bedeutung sind. Fokus wurde auch auf das Zukunftsthema - IKT-Einbindung – gelegt um ein entsprechendes Feedback an die Nutzer sicherstellen zu können.

6 Ausblick und Empfehlungen

Auf Seite der **BewohnerInnen** wurden erfolgreich Bewusstseins- und Verhaltensveränderungen erzielt, welche grundsätzlich den Einsatz und die Weiterentwicklung von Energiefeedbacksystemen rechtfertigen. Es wurden aber auch Barrieren identifiziert, die die Langzeitwirkung solcher Systeme abschwächen können. Folgeuntersuchungen sollten die Frage näher beleuchten, auf welche Weise flexible Stromtarife bestmöglich mit alltäglichen Energienutzungspraktiken vereinbart werden können. Außerdem sollten alternative Anreizsysteme, beispielsweise Gamification Konzepte erprobt werden, die in ihrer Wirkung über finanzielle Belohnungen, welche üblicherweise nicht den benötigten Umfang haben, hinausgehen. Nicht zuletzt bedarf auch die brennende Frage des Datenschutzes, sowohl was die Sensibilisierung dafür als auch die Kommunikation von Datenschutzmaßnahmen an die NutzerInnen umfasst, weiterer Forschung.

Die Methode des Feldversuchs ermöglichte durch das angewandte Kontrollgruppen-Design die vertrauenswürdige Bewertung der Effekte von optimierten Energiefeedback-Methoden im Alltagskontext. Darüber hinaus ermöglichte die starke qualitative Ausrichtung der begleitenden Benutzerforschung tiefgehende Einblicke in die Rolle alltäglicher Benutzungspraktiken im Kontext von Energieeffizienz und Lastverschiebung. Zukünftige Feldstudien sollten, sofern es organisatorisch möglich ist, das Studiendesign dahingehend erweitern, eine Baseline des Verbrauchsverhaltens einzuführen, in der eventuelle Einflussfaktoren der eigentlichen daran anschließenden Feldstudie eingeordnet werden können.

Auf Seite des **Gebäudes** konnten ein Lastverschiebungspotenzial sowie, unter der Annahmen der variablen Tarife, niedrigere Energiekosten für die Energiezentrale erreicht werden. Die Tatsache, dass das Projekt SGMS HiT Begleit-F&E im Rahmen des geförderten Wohnbaus stattfand, und daher die langfristige Wirtschaftlichkeit des Wärmeversorgungskonzeptes des HiT Wohngebäudes sowie die Randbedingungen der Wohnbauförderung, der Bauordnung und des gewöhnlichen Bauprozesses innerhalb des Forschungsprojektes eingehalten wurden, macht die Ergebnisse des Projektes sehr signifikant.

Wie sich bei der Analyse von CO₂ und Energiekosten gezeigt hat, ist das Verhältnis der unterschiedlichen Energieträger extrem ausschlaggebend, wie weit die Flexibilisierung des Lastverhaltens eines Gebäudes wirtschaftlich wird, besonders wenn flexible Stromtarife betrachtet werden. Hier würden sich die Forschungsfragen ergeben in wie weit, wenn zusätzlich zu den variable Stromkosten auch variable CO₂ Konversationsfaktoren, z.B. des gesamten Österreichischen Strommixes, energieoptimaler und CO₂ optimaler Betrieb, auseinandergehen.

Bei der Ausstattung des Gebäudes an der Schnittstelle zum Nutzer sollte untersucht werden, ob eine Low-Cost Variante von Teilen der umgesetzten Technologien, z.B. Eco Button normal ausgeführt statt über Gebäudeautomatisierung, dieselbe Nutzung und energetische Auswirkung hat, und ob eine Verpflichtung zum Einsatz solcher Technologien im geförderten Wohnbau volkswirtschaftlichen Gesamtnutzen bringt. Bei der Gebäudetechnik an sich blieb die Frage offen, in wieweit sich der Strommarkt bzw. die Strompreise ändern müssen, um die Wirtschaftlichkeit von z.B. dem BHKW bei flexible Tarifen auch bei weniger Vollaststunden gegeben zu sein.

7 Literaturverzeichnis

Collani, G. von, & Schyns, B. (2002). *Generalized Self-Efficacy Expectations: Constructing and Evaluating an Integrated Instrument for Assessing Personal Resources and Competence*. Manuskript, Universität Leipzig, Januar 2002.

Deutsche Kommission Elektrotechnik (DKE): Weißbuch zur Normungs-Roadmap Smart Home + Building. VDE, 2013.

Fielding, K. S. & Head, B. W. (2011). Determinants of young australians' environmental actions: The role of responsibility attributions, locus of control, knowledge and attitudes. *Environmental Education Research, 18* (2). 171-186.

Grossberg, F., Wolfson, M., Mazur-Strommen, S., Farley, K. & Nadel, S. (2015). Gamified Energy Efficiency Programs. Report Number B1501, American Council for an Energy-Efficient Economy. Washington, USA.

Gustafsson, A., Katzeff, C. & Bang, M. (2009). Evaluation of a pervasive game for domestic energy engagement among teenagers. *Computers in Entertainment (CIE), 7* (4), Artikel 54.

Kaiser, F. G. (1998). A general measure of ecological behavior. *Journal of Applied Social Psychology, 28*, 395–422.

Hedin, Marianne und Eric Woods: Demand Response for Commercial Buildings. Technischer Bericht, Pike Research, 2012.

Lindemann & M. Kranz, *Prototyping for the Digital City. Advances in Embedded Interactive Systems*. Technical Report, Universität Passau. Zuletzt aufgerufen am 13.07.2015 unter http://www.researchgate.net/profile/Tobias_Stockinger/publication/261411883_Prototyping_for_the_Digital_City/links/00b7d5343b9bdb0c92000000.pdf

Pelletier, L. G., Tuson, K. M., Green-Demers, I., Noels, K. & Beaton, A. M. (1998). Why are you doing things for the environment? The motivation toward the environment scale (mtes). *Journal of Applied Social Psychology, 28*, 437-468.

Petkov, P., Goswami, S., Kobler, F. & Krcmar, H. (2012). Personalised eco-feedback as a design technique for motivating energy saving behavior at home. In: *Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design* (NordiCHI'12), S. 587-596.

Ryan, A. & Spash, C. (2012). The awareness of consequences scale: An exploration, empirical analysis, and reinterpretation. *Journal of Applied Social Psychology, 42* (10). 2505-2540.

Schahn, J., Damian, M., Schurig, U. & Fücksle, C. (2000). Konstruktion und Evaluation der dritten Version des Skalensystems zur Erfassung des Umweltbewußtseins (SEU-3). *Diagnostica, 46* (2), 84-92.

Witzani, L. (2014). Nachhaltigkeit durch persuasive Technologie. In: T. Stockinger, M. Koelle, P.

Sietmann, R.: Häuserkampf - Neue Strategien für die intelligente Heimvernetzung. c't Ausgabe 8/14, 2014.

Worsley, A. & Skrzypiec, G. (1998). Environmental attitudes of senior secondary school students in South Australia. *Global Environmental Change, 8* (3), 209-225.

8 Anhang

- Deliverable 2.1 „Theoretische und empirische Bearbeitung des Themengebietes Mensch-Gebäude Interaktion“
- Deliverable 3.1 „Bericht über die Optimierung und Umsetzung der verbraucherseitigen und gebäudetechnischen Komponenten“
- Deliverable 4.1 „Gebäudetechnisches und Empirisches Evaluierungskonzept“
- Deliverable 5.1 „Bericht über die Durchführung der Studie“ + Deliverable 6.1 „Bericht über die Analyse und Interpretation der Daten und die Zusammenführung der Ergebnisse von Mensch und Gebäude“
- Deliverable 7.1 „Bericht über Wissenschaftliche und Wirtschaftliche Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen“
- Deliverable 7.2 „Leitfaden“
- Pressespiegel

9 Kontaktdaten

Projektleiter: Dipl.-Ing. Dr. techn. Marietta Stutz

Unternehmen: Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation

Kontaktadresse:

Bayerhamerstraße 16

A-5020 Salzburg

+43/662/8884-2112

mariettaapollonia.stutz@salzburg-ag.at

www.salzburg-ag.at

Weitere Projekt- bzw. Kooperationspartner:

- Salzburg Wohnbau GmbH
- Siemens AG Österreich
- Austrian Institute of Technology (AIT)
- Center for Usability Research and Engineering (CURE)