

Umweltforschung in Baden-Württemberg

Zwischenbericht anlässlich des Statuskolloquiums
Umweltforschung Baden-Württemberg 2018

19./20. April 2018
Schwabenlandhalle Fellbach
Guntram-Palm-Platz 1, 70734 Fellbach

Living Lab Walldorf
Simulation und Feldtest der Transformation des
Strommarktes unter veränderten Tarif-,
Bilanzierungs- und Regulationssystemen

von

Bettina Himmelsbach
MVV Energie AG

Hans Schermeyer, Armin Ardone,
Karlsruher Institut für Technologie

Peter Zartmann
Stadtwerke Walldorf GmbH

Stefan Matthäs, Jan Breidenbach
beegy GmbH

Sebastian Steuer
FZI Forschungszentrum Informatik

Förderkennzeichen:
L7515011, L7515012, L7515013, L7515014, L7515015, L7515016

Die Arbeiten dieses Projekts werden mit Mitteln
des Landes Baden-Württemberg durchgeführt



Kurzfassung

„Living Lab Walldorf“ ist ein kooperatives Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit einer Laufzeit vom 01.12.2015 bis zum 31.01.2019 gemäß Zuwendungsbescheid vom 30.11.2015. Das Projekt widmet sich der Transformation des Strommarktes unter veränderten Tarif-, Bilanzierungs- und Regulationssystemen auf der Grundlage von sowohl simulativen Untersuchungen als auch praktischer Forschung im Rahmen eines Feldtests, der im Wohngebiet Walldorf-Süd durchgeführt wird. Projektziel ist es, zukünftige Rahmenbedingungen, Dienstleistungen und Technologien zum Management von erneuerbaren, dezentralen Energien pilothaft einzuführen und gemeinsam mit allen Beteiligten zu testen, zu optimieren und zu bewerten. Dies umfasst die simulative Evaluation innovativer Regulatorik sowie die prototypische Anwendung dynamischer Leistungserfassung und Visualisierung, technologischer Vernetzung dezentraler Flexibilität in Haushalten und Gewerbebetrieben sowie die Erforschung neuer Marktrollen insbesondere hinsichtlich der Flexibilitätsvermarktung. Darüber hinaus stellt die Einbindung der lokalen Bevölkerung durch Transparenz, Feedback und Marktforschung einen Schwerpunkt des Projektes dar.

Das Projekt ist bis auf bereits kommunizierte Verzögerungen beim Start des Feldtests, plangemäß fortgeschritten. Die Untersuchungsszenarien wurden spezifiziert und nach Handlungsebenen differenziert. Die energiewirtschaftliche Modellierung wird gemäß den projektspezifischen Anforderungen umgesetzt. Prozesse und Algorithmen zur Optimierung flexibler Energieanlagen wurden konzipiert und stehen vor ihrer Evaluation. Erste Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Untersuchung liegen planmäßig vor und wurden im Berichtszeitraum bereits zur Bewertung herangezogen. Die technologischen und organisatorischen Vorbereitungen zum Feldversuch mit den Pilothaushalten sind abgeschlossen und wurden in allen Pilothaushalten erfolgreich implementiert. Die Gewerbeobjekte und der Quartierspeicher sind mit Messtechnik ausgestattet und liefern bereits relevante Daten.

Abstract

“Living Lab Walldorf” is a cooperative research and development project, which is funded by the state of Baden-Wuerttemberg according to a notice from 30th November 2015. Living Lab Walldorf was launched on 1st December 2015 and it will run until 31st January 2019. The project addresses the transformation of the German energy market under changing conditions of tariff-, balancing- and regulation systems based on simulative research and a field test situated in the newly built up residential area of Walldorf-Süd. Its objectives are to pilot, test-run, optimize, and evaluate future bounding conditions, services, and technologies for the spread of renewable, decentralized energy systems. This encompasses simulative evaluations of new regulation schemes and prototypical implementations of dynamic performance-monitoring, data visualization, interconnection of flexible devices as well as the exploration of new market roles, e.g. flexibility monetarization. Moreover, the participation of potential end-users and market research are core elements of the project.

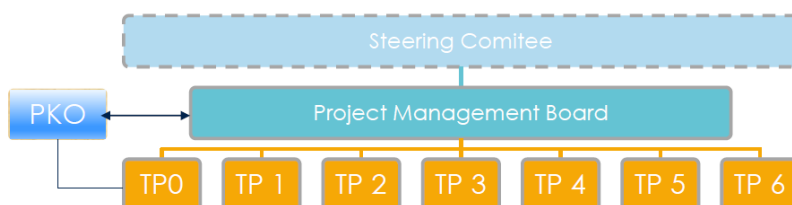
With exception of a delay regarding the on-site installations, the project is progressing in accordance with the initial planning. The research scenarios have been defined and differentiated on three levels of action. The modelling of the energy economy is being implemented in compliance with the project requirements. Processes and algorithms for the optimization of flexible energy devices have been designed and are ready for evaluation. Preliminary results of the social research are available and utilized within the Living Lab. The on-site installations in physical and technological matters are completed. The participating businesses and the district storage have been equipped with metrological devices and are providing relevant data.



Inhalt	
Kurzfassung	2
Abstract	2
Fortschrittsbericht TP 0: Projektmanagement	4
Fortschrittsbericht TP 1: Spezifikation und Szenarien-Definition	5
1.1 Definition der Lösungsansätze und Szenarien	5
1.2 Planung der Untersuchungen.....	5
Fortschrittsbericht TP 2: Modellgestützte energiewirtschaftliche Modellierung.....	6
Fortschrittsbericht TP 3: Prozesse und Algorithmen.....	8
3.1 Konzeption und Erforschung von Optimierungssystemen.....	8
3.2 Modellierung der Anlagenseite.....	8
Fortschrittsbericht TP 4: Sozialwissenschaftliche Untersuchung.....	8
Fortschrittsbericht TP 5: Feldversuch Implementierung und Installation	9
5.1 Design dezentrales Energiesystem.....	9
5.2 Erhebung Anlagendaten, Kundenakquisition und Vertragsabschlüsse.....	10
5.3 Softwareentwicklung Betriebsoptimierung	11
5.4 Installation Netzwerke, Server und SW.....	11
Fortschrittsbericht TP 6: Feldversuch Durchführung	12
Fortschrittsbericht TP 7: Evaluation und Handlungsempfehlungen	12
Fortschrittsbericht: Meilensteinplanung.....	12

Fortschrittsbericht TP 0: Projektmanagement

Zur Umsetzung des Gesamtprojektes wurde eine Projektorganisation gemäß Abb. 1 etabliert. Die im Projektantrag entworfene Projektstruktur in 1+7 Teilprojekten (TP) wurde in der Projektumsetzung aufrechterhalten, wie in Abb. 2 dargestellt.



	Steering Comitee (SC)	Project Management Board (PMP)	TP
Besetzung	Entscheidungsbefugte Vertreter aller Partner	TP-Verantwortliche, optional weitere Partner und Externe (agendaabhängig)	Im TP beteiligte Partner
Organisation	Projektkoordinator (PKO)	Projektkoordinator (PKO)	TP Lead
Treffen/Rhythmus	Unregelmäßig, kann von jedem Partner nach Bedarf einberufen werden	3-monatlich, Präsenztreffen (1/2 Tag) und Videokonferenz im Wechsel	Durch TP Lead zu definieren
Aufgaben	Strategische Projektsteuerung, hat höchste Entscheidungskompetenz, konsensual orientiert	Operative Projektkoordination, Berichtsvorbereitung, PR	Koordination der Teilprojekte und Arbeitspakete
Reporting	Anlassbezogen gegenüber Fördergeber	Regelmäßig ggü. Fördergeber und Steering Comitee	3 - monatlich ggü. Projektkoordinator/PMB

Abbildung 1: LiLa Projektorganisation

Die Teilprojekte werden eigenverantwortlich durch TP-Verantwortliche operativ geführt. Die Kooperation zwischen den TP wird durch das Projektmanagement sichergestellt und bedarfsweise gestaltet.

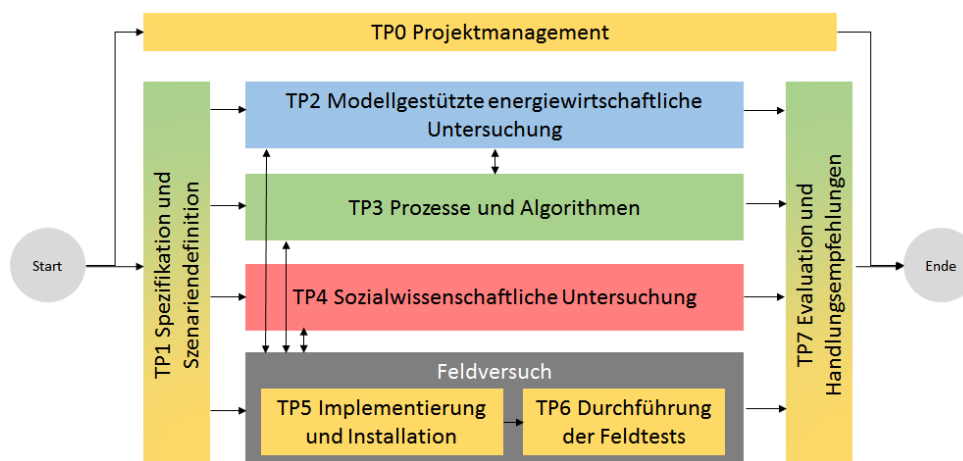


Abbildung 2: Projektstruktur mit Teilprojekten

Die interne Kommunikation konnte in diesem Rahmen zielorientiert sichergestellt werden. Wesentliche Herausforderung im Berichtsjahr war der Technologiewechsel von EEBus hin zum SG-Ready Standard.

Fortschrittsbericht TP 1: Spezifikation und Szenarien-Definition

Zur Sicherstellung eines abgestimmten und zielorientierten Vorgehens wurden verschiedene Szenarien hinsichtlich der Bilanzgrenzen und Rollen, der Flexibilitätsnutzung und der regulatorischen Rahmenbedingungen von den Partnern diskutiert und bewertet. Basierend darauf wurde eine vorläufige Planung für die Arten der Untersuchungen (z. B. simulativ oder praktisch im Feldtest) erstellt und nach Handlungsebenen differenziert, siehe Abb. 3.

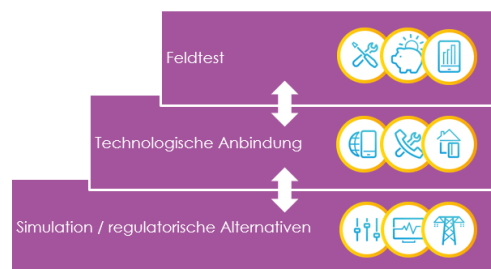


Abbildung 3: Handlungsebenen im Projekt

1.1 Definition der Lösungsansätze und Szenarien

Im Projekt wird die Rolle des Aggregators als Flexibilitätsmanager eingeführt, der für die Prosumenten der Energie-Community einen kosteneffizienten Betrieb ihrer Energieanlagen sicherstellen soll. Dies geschieht durch zeitliche Flexibilisierung des Strombezugs bzw. der Stromeinspeisung. Dabei werden Verteilungsmechanismen der generierten monetären Werte innerhalb der Community vorerst vernachlässigt. Vielmehr soll der finanzielle Vorteil in Summe maximiert werden. Damit gleichsam zur Kosteneffizienz das Ziel immer umfangreicherer Integration erneuerbarer und dezentraler Erzeugungstechnologien erreicht werden kann, wurden Vorschläge erarbeitet, wie der regulatorische Rahmen angepasst werden könnte. Ziel ist dabei die Erreichung einer besseren Anreizkompatibilität, sodass mit der Kostenminimierung ebenfalls der Anteil der erneuerbaren und dezentralen Energien gesteigert wird. Dazu wurden abstrakte regulatorische Szenarien definiert, die die Parameter *Grundpreis*, *Arbeitspreis* und *Leistungspreis* bei beibehaltenem Gesamtaufkommen der vergemeinschafteten Kostendeckung (für Netze, EEG-Förderung etc.) verschieden stark gewichten.

Dazu war zunächst die Analyse des (sich im Projektverlauf verändernden) Status Quo erforderlich. Neben den (meistens arbeitspreisbezogenen) Entgelten sind hierbei ebenfalls die Möglichkeit zur räumlichen und zeitlichen Differenzierung wichtige Sensitivitäten. Im Rahmen des Projekts soll ermittelt werden, welche Flexibilitätspotenziale bei zielgerecht weiterentwickelten regulatorischen Alternativen erreichbar sind, und wie diese Alternativen neben den Kosten ebenfalls maßgeblich die Praktikabilität, Akzeptanz und nicht zuletzt die Machbarkeit bezüglich der Informations- und Kommunikationstechnologien beeinflussen. Da auch weiterhin mit Neuerungen in der energiewirtschaftlichen Diskussion oder auch der Regulatorik zu rechnen ist, werden die Annahmen und Szenarien im Rahmen von TP1 bis zum Projektende bei Bedarf aktualisiert.

1.2 Planung der Untersuchungen

Die Untersuchung der Wirksamkeit der verschiedenen regulatorischen Rahmenbedingungen erfolgt aus gesetzlichen Gründen als Simulation. Dabei wird auf die im Feldtest ermittelten Ergebnisse hinsichtlich des Flexibilitätspotenzials zurückgegriffen. Der Feldtest wird demnach Aussagen bzgl. techno-



logischer Machbarkeit, Datenverfügbarkeit, Serviceprozessen, gesellschaftlicher Hemmnisse und Praxistauglichkeit der Modelle zulassen und damit die simulativen Untersuchungen der verschiedenen Projektpartner stark untermauern.

Fortschrittsbericht TP 2: Modellgestützte energiewirtschaftliche Modellierung

Im Berichtszeitraum wurde in Teilprojekt 2 das Arbeitspakete AP 1 „Anforderungsbeschreibung und Schnittstellen“ abgeschlossen und die Arbeitspakete und AP 2 „Regionalisierung von PowerACE“ und AP3 „Durchführung von Modellrechnungen“ begonnen. Die Ergebnisse aus AP 1 fassen sich wie folgt zusammen:

Tabelle 1: Anforderungsbeschreibung Simulationsmodell

Dimension	Anforderungsbeschreibung	Ergebnis
Modellierungs- umgebung	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung der Haushalte auf Einzelebene soll in generischer Form möglich sein (ohne Abbildung individueller Eigenschaften) • Aggregierte Aussagen entweder auf Baden-Württemberg oder Deutschland Ebene sollen möglich sein 	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl des agentenbasierten Strommarktmodells PowerACE • Verfügt über hohe Flexibilität in der Modellierung (Optimierung und Simulation parallel möglich) • Erweiterung von PowerACE um dezentrale Komponenten, die von der „Kupferplatte“ abstrahieren
Inhaltlicher Fokus	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierung des Umfangs von Flexibilität von Haushalten • Realistische Betrachtung des verfügbaren Flexibilitätspotentials 	<ul style="list-style-type: none"> • Stochastische Modellierung der Haushaltsausstattung und des Nachfrageprofils liefert Ergebnisse zur Einzelbetrachtung • Verwendung von Standardlastprofilen für Nachfrage und Nachfrage-Flexibilität bei Erreichen einer kritischen Masse zur Hochrechnung
Datenbasis	<ul style="list-style-type: none"> • Regionen spezifische Inputdaten, die dem geographischen Einfluss gerecht werden • Gleichzeitig müssen Inputdaten flächendeckend und einheitlich verfügbar sein, um Hochrechnung und Aggregation zu erlauben 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung statistischer Kennzahlen in geographischer Auflösung bis auf Gemeindeebene herunter von: <ul style="list-style-type: none"> ○ Destatis: Zensus 2011 ○ Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Regionaldatenbank Genesis • Liefert hochauflösende Inputdaten in hoher Qualität
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Simulationsmodell muss stabil funktionieren und hohe Verfügbarkeit aufweisen • Zugang und Ausführung der Modellierungsumgebung soll möglichst von unterschiedlichen Arbeitsplätzen und Personen möglich sein • Hohe Rechenleistung und Parallelisierungsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Einrichten einer zentral abrufbaren MySQL-Datenbank für eine stets synchrone und parallel verfügbare Datenverwaltung • Schließen aller externen Schnittstellen durch Ersetzen mit internen Schnittstellen oder <i>soft links</i> • Parallelisierung der Rechnungen mithilfe der Java Bibliotheken <i>thread pools</i> und <i>ExecutorService</i>

Die Bearbeitung des AP 2 hat vordringlich durch den Austausch mit FZI hervorgebracht, dass sich die Flexibilitätsmodellierung von Haushalten auf folgende Verbraucher fokussiert:

Tabelle 2: Kategorisierung der Verbrauchstypen im Haushalt nach Flexibilität

Flexibel	Nicht flexibel
Raumwärme (Wärmepumpe), <i>Speichererhitzer (Warmwasser)</i> , Stromspeicher	Raumwärme (konventionell), Umwälzpumpe, Kühlschrank, Gefrierschrank, Elektroherd, Spülmaschine, Durchlauferhitzer, Computer, Fernseher, Audio-Geräte, Video-Geräte, Waschmaschine, Trockner, Telefon, Beleuchtung

Das wesentliche Ziel des TP 2 im Projekt Living Lab ist die Quantifizierung des Umfangs von Flexibilität von Haushalten. Zur Bestimmung der Flexibilität wird die Stromnachfrage von Haushalten modelliert. Im Berichtszeitraum wurden Fortschritte in der konkreten Modellierung von Haushaltslastprofilen auf Einzelebene erzielt und ein entsprechendes Modul „LiLa“ in PowerACE fertiggestellt. Innerhalb des implementierten Moduls LiLa kann zwischen einer Bottom-Up-Modellierung der Nachfrage auf fünf geographischen Aggregationsebenen unterschieden werden. Dies sind folgende Ebenen:

1. Gemeindeebene: Auf dieser Ebene wird lediglich eine einzelne Gemeinde betrachtet.
2. Landkreisebene: Auf dieser Ebene werden alle Gemeinden eines Landkreises berücksichtigt.
3. Bundeslandebene: Auf dieser Ebene werden alle Gemeinden eines Bundeslandes berücksichtigt.
4. Ebene des Übertragungsnetzbetreibers: Auf dieser Ebene werden alle Gemeinden, welche sich im Gebiet des zu untersuchenden Übertragungsnetzbetreibers befinden, berücksichtigt.
5. Bundesebene: Auf dieser Ebene werden alle Gemeinden der BRD berücksichtigt.

Die Berechnungen auf Ebene 3, 4 und 5 sind sehr rechen- und speicherintensiv. Für die Untersuchungen im Rahmen des TP2 werden daher lediglich Untersuchungen auf Ebene 1 und 2 durchgeführt. Durch wiederholtes Ausführen wird es zudem möglich sein, auch die Bundeslandebene für Baden-Württemberg zu analysieren.

Das Modul LiLa berechnet dabei auf Basis von Daten des Zensus 2011 und anhand eines Bottom-Up-Ansatzes zur Lastmodellierung einzelner Haushalte ein Lastprofil für die Haushalte eines Szenarios. Ein Szenario umfasst dabei eine Betrachtungsebene inklusive definierter Grenzen (z.B. die Gemeinde Walldorf), einen Betrachtungsumfang (z.B. ein Jahr) und die Anzahl der zu modellierenden Haushalte.

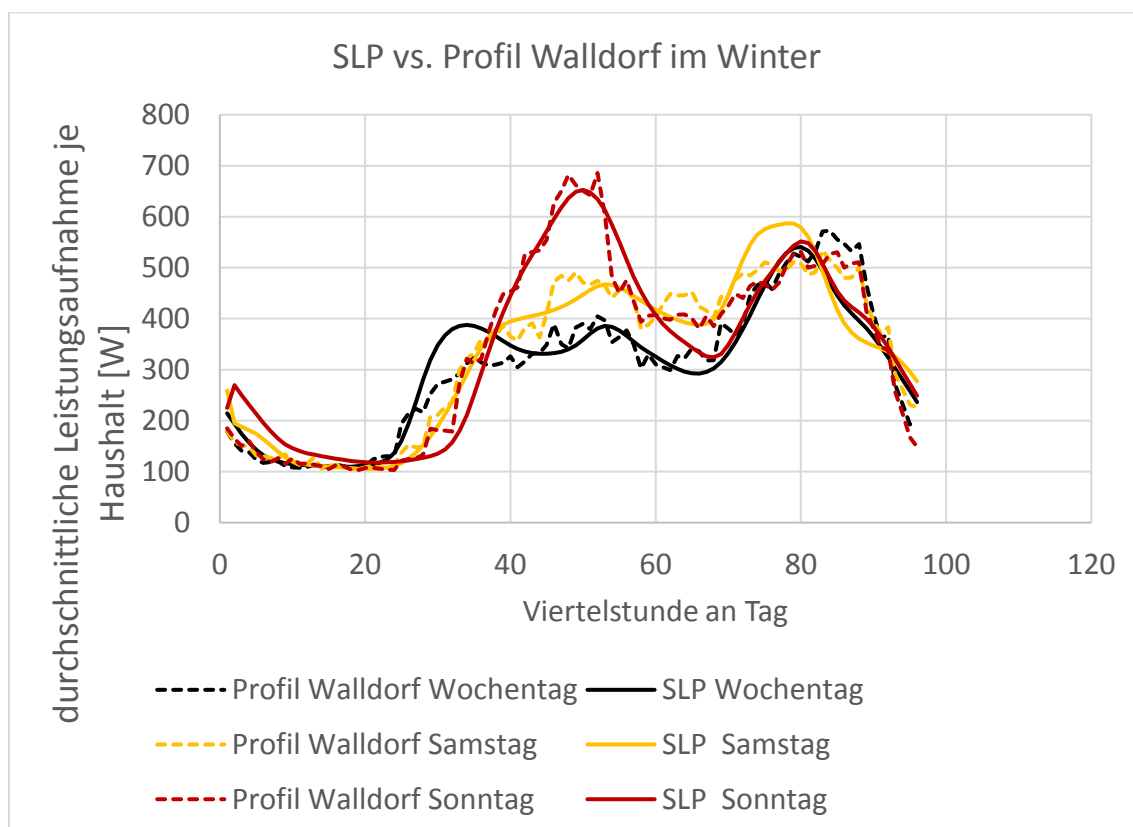


Abbildung 4: Beispielhafte Gegenüberstellung der Modellierungsergebnisse für die elektrischen Lasten von Haushalten in der Gemeinde Walldorf als Ergebnis der Anwendung von PowerACE-LiLa (Mittelwert von 1000 Haushalten im Winter) im Vergleich mit dem Standardlastprofil.



Fortschrittsbericht TP 3: Prozesse und Algorithmen

Die Optimierung des Betriebs der flexiblen Anlagen von Energie-Communitys soll sowohl an externen, kurzfristigen Strommärkten (Intraday, Day-Ahead sowie Bilanzkreisbewirtschaftung) als auch an der Community-internen Situation orientiert werden. Demnach ist eine Abwägung zwischen Stromaustausch mit externen Märkten und interner Belieferung vorzunehmen. Der Austausch von Strom innerhalb der Community soll unter der Annahme alternativer regulatorischer Rahmenbedingungen einen möglichst erzeugungsnahen Verbrauch fördern, um Infrastrukturkosten langfristig zu senken und im Interesse der Resilienz, regionaler Wertschöpfung und Akzeptanz zellenartige, hierarchische Strukturen zu ermöglichen.

3.1 Konzeption und Erforschung von Optimierungssystemen

FZI und beegy haben in enger Abstimmung Verfahren zur Optimierung von Einzelanlagen erforscht und simulativ getestet. Herausforderung war hierbei die Erreichung guter Lösungen in der begrenzten Rechenzeit, um später eine schnelle Reaktion der Anlagen auf eine sich ändernde Situation am Markt oder innerhalb der Community zu erreichen. Dabei wurden verschiedene Optimierungsverfahren untersucht und in Bezug auf verschiedene Einsatzzwecke bewertet und ausgewählt.

Im nächsten Schritt wurden die Algorithmen zur optimalen Einplanung einzelner Anlagen in einen darüber gelagerten Optimierungsprozess für einen Anlagenpool integriert, sodass auch anlagen- bzw. standortübergreifend optimale Ergebnisse erzielt werden können. Dazu wurden bereits iterative Konzepte erarbeitet und ein passendes Evaluationsprogramm entwickelt, das die Bewertung der Pool-Optimierung ermöglicht. Die Evaluation der Ansätze für die Pool-Optimierung erfolgt für die in TP1 definierten Szenarien im Rahmen von TP7 in den kommenden Monaten.

3.2 Modellierung der Anlagenseite

Im Fokus der Modellierung der energietechnischen Anlagen steht die Abwägung zwischen Effizienz und zeitlicher Flexibilität. Am Beispiel der Wärmepumpe wurde ein Modell erarbeitet, das diese Abwägung durch Internalisierung der Effizienz im Optimierungsproblem ermöglicht. Trotz der höheren Problemkomplexität erlaubt die Modellierung in Verbindung mit den erforschten effizienten Lösungsverfahren eine Lösbarkeit in der verfügbaren Rechenzeit.

Für die Pool-Optimierung wurde ein generisches Anlagenmodell erarbeitet, das die Repräsentation unterschiedlicher Energieanlagen über spezifische Parameter ermöglicht. Ferner erlaubt dieses generische Anlagenmodell die Evaluation der Optimierung größerer Anlagenpools basierend auf einer Simulation eines ganzen Kalenderjahres. Hierzu wurde das für den Realbetrieb in Echtzeit konzipierte Modell bezüglich rechenzeitintensiver Aspekte geeignet angepasst.

Fortschrittsbericht TP 4: Sozialwissenschaftliche Untersuchung

Der Feldtest wird durch eine mehrstufige Sozialforschung begleitet, die auf drei qualitativen Gruppendiskussionen und einer quantitativen Erhebungskampagne aufbaut. In der ersten Phase der qualitativen Gruppendiskussion wurden die Erfahrungen vor Projektbeginn untersucht. Der thematische Fokus in dieser Phase richtete sich insbesondere auf Einstellung und Verhalten der Teilnehmer. Hierzu zählten Themen wie Wünsche, Erwartungen und Anforderungen, Skepsis und Bedenken, Energie-Community sowie Rollenverständnis. Die Untersuchung basierte auf zwei Gruppendiskussionen mit je acht Teilnehmern, die am 24.1.2017 und 1.2.2017 stattfanden. Die zentralen Erkenntnisse zeigten, dass es



sich bei den Projektteilnehmern vorwiegend um „Early Adopters“ mit umfangreichem Vorwissen handelte, deren Teilnahme-Motivation sich in idealistischen Gründen und Neugierde begründet. Sowohl Datenabruf als auch Steuerung werden von den Probanden grundsätzlich akzeptiert - mit leichter Einschränkung, welche sich durch allgemeine Bedenken zum Schutz der Privatsphäre äußert. Eine Energie-Community, mit der Möglichkeit des persönlichen Austausches, ist für viele der Projekt-Teilnehmer interessant.

Die zweite Phase der qualitativen Untersuchung fand am 27.11.2017 und 28.11.2017 statt. In den beiden Gruppendiskussionen wurden die ersten Anwendungserfahrungen und -eindrücke näher untersucht. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Teilnehmer das Projekt im Alltag nicht wahrnehmen, was als positiv gewertet werden kann, da es keine Beeinträchtigung im normalen Tagesablauf gibt. Ein zentraler Bestandteil des Projektes ist eine App, bzw. ein Webportal-Zugriff, der die Verläufe der Verbräuche anzeigt. Neben den reinen Verbrauchsinformationen wünschen sich die Probanden Darstellungen in Form von Kurven und Exportfunktionen, von denen sie sich einen Mehrwert versprechen. Diese Funktionen waren in der zum Zeitpunkt der Befragung aktuellen Version noch nicht enthalten. Generell ist die Zahlungsbereitschaft für eine App gering, da diese in der heutigen Zeit im Rahmen von Komplettlösungen als Standard vorausgesetzt werden.

Als eines der Teilnahme-Motive nannten die Probanden die Partizipation an den Ergebnissen. Die transparente Darstellung von Information zum Projektfortschritt ist daher empfehlenswert. Dieser kann beispielsweise im Rahmen einer Informationsveranstaltung erfolgen, bei dem die Teilnehmer zudem die Möglichkeit haben Fragen zu stellen und sich mit weiteren Interessensvertretern auszutauschen.

In einem weiteren Schritt werden die bisherigen Erkenntnisse im Rahmen einer quantitativen Erhebung repräsentativ erforscht. Dieser Teil ist für Mitte 2018 eingeplant. Zum Projekt-Abschluss erfolgt die dritte und letzte Phase der qualitativen Gruppendiskussion, welche eine abschließende finale Betrachtung aller untersuchten Themenkategorien zum Ziel hat.

Mit der kontinuierlichen Rückkopplung der gewonnenen Erkenntnisse in die anderen Teilprojekte ist die adäquate Ausrichtung der Lösung auf Kundenwünsche und -bedürfnisse sichergestellt.

Fortschrittsbericht TP 5: Feldversuch Implementierung und Installation

TP 5 widmete sich den Vorbereitungen des Feldtests, wobei als Ausgangspunkt für das Design des dezentralen Energiesystems ein abgestimmtes Grundkonzept für die Systemarchitektur entwickelt wurde. Darauf aufbauend wurden einzelne Arbeitspakete definiert und für die jeweiligen Entwicklungsschritte eingeplant.

5.1 Design dezentrales Energiesystem

Die Systemarchitektur basiert im Wesentlichen auf folgenden Elementen: den in den Haushalten bzw. im Gewerbeobjekt verbauten Energieanlagen, dem Gateway als Kommunikationsbrücke, den Kommunikationsschnittstellen zum WAN, dem Quartiersspeicher, der Backendplattform und den Frontend-Anwendungen.

Die einzelnen Grundbausteine sind hinsichtlich ihrer Ausprägungen zu differenzieren, woraus sich 11 Unterelemente ergeben, welche im ursprünglichen Setup wie in Abb. 5 dargestellt umgesetzt werden

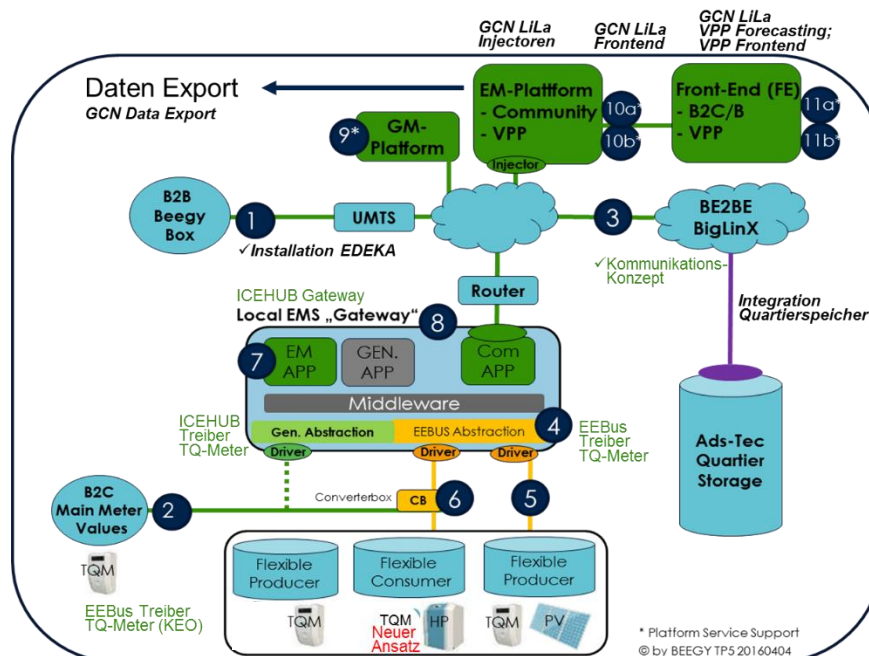


Abbildung 5: Überblick Systemarchitektur

sollten. Aufgrund des im Projektverlauf notwendigen Technologiewechsels wurden, im Gegensatz zu dem im ersten Bericht gezeigten Setup, die IT Elemente der GreenCom Networks durch eigenentwickelte Anwendungen der beegy GmbH ersetzt. Die im ursprünglichen Setup aufgeführte EEBus Kommunikationsschnittstelle wurde durch den Standard „SG Ready“ substituiert.

Für die Gewerbeobjekte (Supermarkt und Bäckerei) wurde ein individuelles Messkonzept zur Erfassung von Energiedaten und Umgebungsvariablen implementiert.

In den Haushalten wurde aufgrund der Unsicherheiten, die sich durch die neuartigen Zählvorrichtungen gemäß der BSI TR-3109 ergeben, die technische Lösung zur Erfassung der Energiedaten wie folgt festgelegt: Zur Erfassung von Energiedaten (Erzeugung, gerätespezifischer Verbrauch bzw. Netzbezug, Einspeisung) werden TQ-Meter eingesetzt. Diese übermitteln die Daten zur weiteren Kommunikation an das Gateway. Diese Lösung kann neutral zu den geplanten Projektkosten umgesetzt werden. Insgesamt wurden ca. 125 TQ-Meter verbaut.

5.2 Erhebung Anlagendaten, Kundenakquisition und Vertragsabschlüsse

Die freiwillige Beteiligung von Haushalten und Gewerbebetrieben stellt einen erfolgskritischen Faktor für das Projekt dar. Zur Sicherstellung der öffentlichen Akzeptanz und des Interesses von Teilnehmern wurden zahlreiche digitale und analoge Aktivitäten zur lokalen Pressearbeit und Einbindung lokaler Multiplikatoren unternommen. Der Pressespiegel des Projektes sowie 46 eingegangene Interessensbekundungen zur Projektbeteiligung durch Haushalte belegen den Erfolg der gesetzten Maßnahmen ebenso wie der hohe Andrang der Bevölkerung auf den beiden Bürgerforen. Sämtliche Bewerbungen wurden durch Vor-Ort-Besuche auf ihre technische Eignung geprüft. Insgesamt wurden im Rahmen des Teilprojekts 36 Pilothaushalte gewonnen und mit Hardware ausgestattet. Mit dem Edeka-Markt

samt Bäckerei konnte einer der beiden im Untersuchungsgebiet ansässigen Supermärkte zur Projektbeteiligung gewonnen werden, wobei neben dem Pächter des Marktes vor Ort auch die EDEKA Handelsgesellschaft Südwest mbH mit dem Projekt assoziiert ist. Darüber hinaus konnten Sondierungsgespräche mit dem Hersteller der Kühlanlagen initiiert werden.

5.3 Softwareentwicklung Betriebsoptimierung

Für die Anwendung im Feldtest ist die Umsetzung einer Optimierung geplant, die u. a. Strompreisdaten bzw. -prognosen berücksichtigt und zwischen verschiedenen Betriebszuständen unterscheidet. Diese orientieren sich an der „SG-Ready“-Definition und ermöglichen eine indirekte („weiche“) Steuerung der Wärmepumpen. Dadurch bleibt die Eigensicherheit der Anlagen im Betrieb gewährleistet und etwaige negative Folgen eines direkteren, steuernden Eingriffs von außen werden ausgeschlossen. Es ist vorgesehen, das Verfahren im Laufe des Feldtests schrittweise weiterzuentwickeln und dadurch sukzessive zu verbessern.

5.4 Installation Netzwerke, Server und SW

Die Installationen für den Feldtest sind weitestgehend abgeschlossen. Die Messtechnik im Supermarkt wurde im September 2016 installiert und ist seitdem in Betrieb. Der Quartierspeicher ist seit Mai 2016 im Untersuchungsgebiet installiert und ans Stromnetz angeschlossen. Initiale Tests zur Fernbewirtschaftung sind erfolgreich verlaufen, wobei ein höherer Aufwand als zunächst geplant zu bewältigen war. Die Einbindung des Quartierspeichers in das virtuelle Kraftwerk (VPP) wurde zum dritten Quartal 2017 realisiert. Die Installation von Kommunikationstechnik in den Pilothaushalten wurde ursprünglich für den Zeitraum März 2017 geplant, erlitt jedoch aufgrund der abgeänderten technologischen Konzeption und der damit verbundenen Entwicklung neuer Applikationen (siehe Abb. 6) einen Verzug von ca. fünf Monaten.

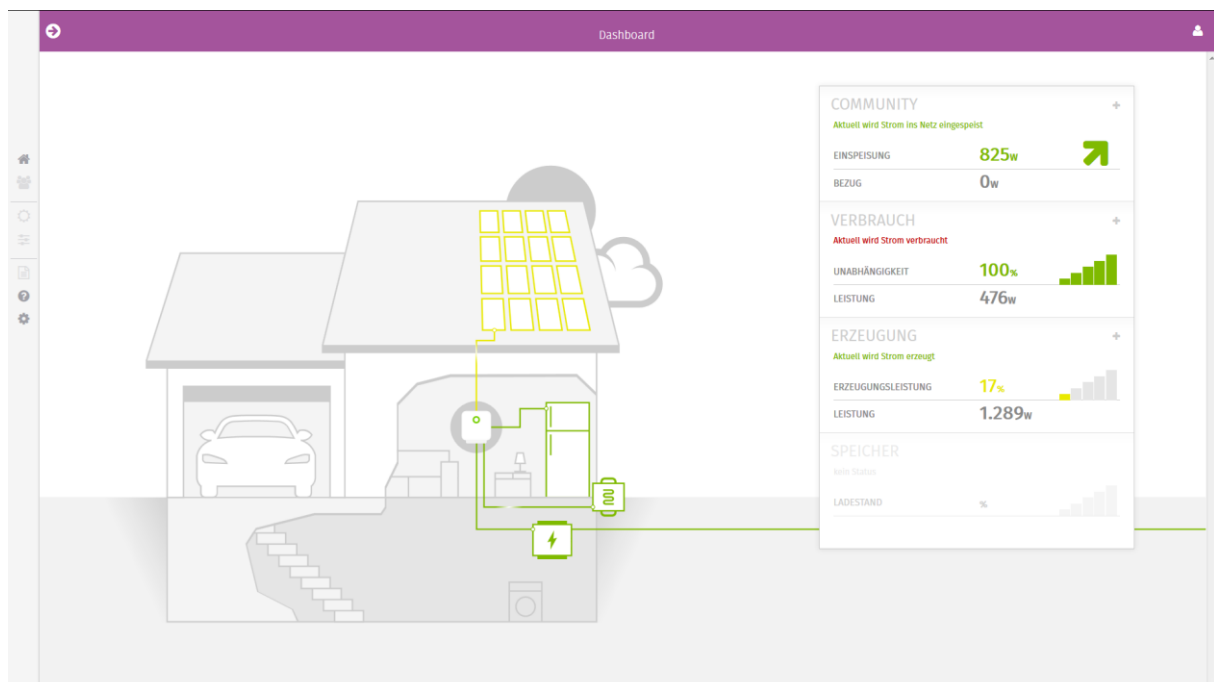


Abbildung 6: Grafische Entwürfe des Online Portals für Pilotkunden



Fortschrittsbericht TP 6: Feldversuch Durchführung

Die Durchführung des Feldtests ist mit der Inbetriebnahme der Haushalte unmittelbar verbunden. SWW und beegy kooperieren eng zur Durchführung des Feldtests. Hierzu wurden im Vorfeld Zuständigkeiten und Rollen abgestimmt. Die Kundenbetreuungsprozesse werden soweit wie möglich in die Geschäftsprozesse der Partner integriert: So übernimmt beegy während seiner Geschäftszeiten den Remote-Kunden-Support (1st, 2nd und 3rd Level) sowie technisches Monitoring, Auswertung und Dokumentation, während SWW sämtliche Vor-Ort-Einsätze durchführt und eine Notfall-Hotline zur Verfügung stellt.

Der Quartierspeicher wurde im Februar 2017 ans Netz angeschlossen und sollte über eine Schnittstelle von beegy gesteuert werden. Durch vielfache Fehler sowohl an der Schnittstelle, als auch am Speicher selbst (u.a. wurde eine komplette Überholung der Zellen durchgeführt), konnten erfolgreiche Tests erst im August durchgeführt werden.

Getestet wurde im ersten Schritt die Reaktionsgeschwindigkeit des Speichers sowie das Verhalten bei sehr niedrigen bzw. sehr hohen Speicherfüllständen. Diese Tests haben die Erwartungen bestätigt, dass der Speicher zwar unmittelbar reagiert und die geforderte Leistung sehr schnell erreicht, in den Randgebieten jedoch einen starken Abfall der Leistung gegenüber der Nennleistung aufweist. Beispielsweise sinkt die Ladeleistung ab ca. 75 Prozent des Füllstands auf unter 10 Prozent der Leistung.

Im zweiten Schritt wurde der Speicher real am Strommarkt eingesetzt und gegen Preisprognosen des Day-Ahead-Marktes optimiert. Hierbei bestätigten sich die Beobachtungen aus dem ersten Test. Die begrenzte, nicht konstante Speicherleistung, die sich in Abhängigkeit des Speicherfüllstands ergibt, hat in Verbindung mit den Mindesthandelsmengen an der Strombörse zur Folge, dass hohe Ausgleichsenergiemengen anfallen. Die rührt daher, da beim Laden und die Mindesthandelsmenge innerhalb einer Stunde nicht vollständig realisiert werden kann.

Zusätzlich zu diesem realen Betrieb wird auch ein kontinuierliches Backtesting durchgeführt. Hierbei wird der Speicher theoretisch mit Preisprognosen optimiert, die Strombeschaffung und Ausführung des Fahrplans im Speicher fällt jedoch weg. Hier fließen auch die Erfahrungen aus den realen Tests ein, sodass hier auch die Ausgleichsenergie Beachtung findet.

Fortschrittsbericht TP 7: Evaluation und Handlungsempfehlungen

Die Hauptarbeiten von TP7 finden im letzten Projektjahr statt. Einige Vorarbeiten, insbesondere für den Demonstrator, wurden aber bereits durchgeführt.

Für den Demonstrator, der allen am Projekt interessierten Zielgruppen (Haushalte, Feldtestteilnehmer, traditionelle und neue energiewirtschaftliche Akteure, Politik) einen Einblick in die Wirksamkeit der Energie-Community auf Kosten und Energiebilanzen geben soll, wurden bereits umfangreiche Konzeptions- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt. Der Demonstrator basiert auf einer Webanwendung und wird im Laufe des Jahres 2018 über die Projekt-Homepage erreichbar sein sowie im FZI House of Living Labs präsentiert.

Fortschrittsbericht: Meilensteinplanung

Dem Projekt liegt antragsgemäß die in Abb. 7 gezeigte Meilensteinplanung zugrunde:

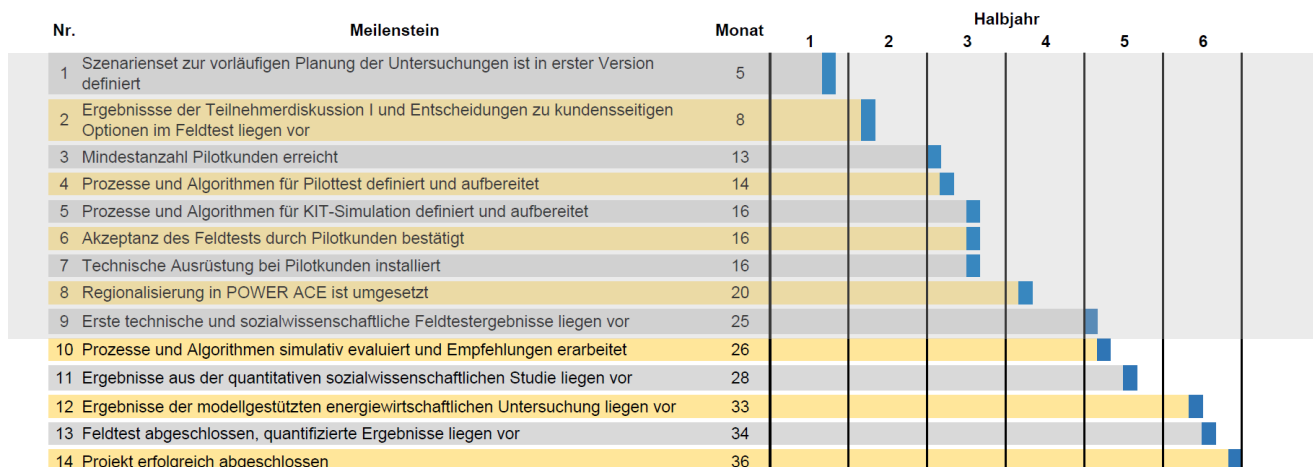


Abbildung 7: Meilensteinplanung gemäß Projektantrag

Zum Berichtszeitpunkt sind folgende Meilensteine relevant:

- Meilenstein 1: Die Forschungsszenarien und Grundannahmen wurden frühzeitig definiert und im Laufe der bisherigen Projektlaufzeit immer wieder an die realen Veränderungen insbesondere bzgl. der Regulatorik angepasst. *(Meilenstein erreicht)*
- Meilenstein 2: Auf Basis der zwei durchgeführten Bürgerforen im September 2016 liegen Ergebnisse vor, Optionen im Feldtest wurden dort erörtert. TP 4 wird diesen Dialog weiterhin vertiefen (siehe Fortschrittsbericht TP 4: Sozialwissenschaftliche Untersuchung). *(Meilenstein erreicht)*
- Meilenstein 3: Die Mindestanzahl an Pilotkunden wurde erreicht. 46 Haushalte haben sich als Pilothaushalt beworben, alle davon werden in einer Vor-Ort-Erhebung auf technische Eignung untersucht. *(Meilenstein erreicht)*
- Meilenstein 4: Die Entwicklung von Prozessen und Algorithmen zum optimierten Betrieb von Anlagen im Feldtestgebiet fand in enger Abstimmung zwischen FZI und beegy statt. Eine gemeinsame Diskussion der Zwischenergebnisse und Erkenntnisse in Bezug auf Optimierungs- und Modellierungsaspekte des FZI im Rahmen von TP3 fand ebenfalls statt, sodass geeignete Ansätze im Pilottest angewendet werden können. *(Meilenstein erreicht)*
- Meilenstein 5: Auch zwischen FZI und KIT bestand und besteht ein enger Austausch in Bezug auf die angewendeten Modelle und Optimierungsverfahren. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen wurden ausgehend von gemeinsamen Grundlagen und Annahmen für TP2 und für TP3 jeweils eigene Modellierungsansätze erforscht und weiterentwickelt. *(Meilenstein erreicht)*
- Meilenstein 6 & 7: Von den interessierten 46 Pilothaushalten wurde die Hardware erfolgreich in 36 Haushalten installiert. Daten werden aus allen Haushalten erfolgreich generiert und automatisiert im Kunden Frontend visualisiert. *(Meilenstein erreicht)*
- Meilenstein 8: Das regionalisierte PowerACE-Modul steht zur Verfügung und wird für erste Berechnungen und Auswertungen genutzt. Durch die umfangreiche Sichtung verschiedenster



Datenquellen wurde eine flächendeckende Datenbank zur Regionalisierung des Stromverbrauchs von Haushalten erstellt.

Meilenstein 9: Die Ergebnisse der beiden qualitativen Gruppendiskussionen zeigen die grundsätzliche Akzeptanz der Probanden hinsichtlich Datenabgriffs als auch Steuerung. Idealistische Gründe und Neugierde wurden als Teilnehmer-Motivation genannt. Eine App wird in der heutigen Zeit als Standard angesehen, welche Darstellungen in Form von Kurven und Exportfunktionen bzgl. des Energieverbrauchs enthalten sollte.