

Forschungscampus Mobility2Grid

Energiewende und Elektromobilität in vernetzten urbanen Arealen

Schlussbericht

QF7 Betrieb und Verwertung – Schneider Electric GmbH

Stand 14.04.2021

Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei den Autoren



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Förderkennzeichen: 03SF0528C

Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2019 – 31.12.2020

Berichtszeitraum: 01.05.2019 – 31.12.2020

Vorwort zum Querschnittsfeld QF7

Die Förderinitiative „Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ermöglicht Mobility2Grid die Erforschung und Entwicklung innovativer Konzepte und Lösungen für die Energie- und Verkehrswende in vernetzten urbanen Arealen. Der vorliegende Schlussbericht befasst sich mit den Aktivitäten von Schneider Electric des Querschnittsfelds „Betrieb und Verwertung“ (QF7) im o.g. Zeitraum.

Mit dem EUREF-Campus Berlin wurde ein Reallabor geschaffen, in dem unterschiedlichste Fragestellungen in diesem Kontext untersucht werden. Technischer Nukleus des Reallabors ist das Micro Smart Grid (Micro Smart Grid). Aufgabe des QF7 war die Erforschung von Bedingungen der technischen und betriebswirksamen Funktionalität des Micro Smart Grid sowie die Entwicklung geeigneter Betriebsstrategien in Kooperation mit dem Themenfeld (TF) 2. Im Sinne der Verwertung von Forschungsergebnissen wurde im QF7 die Entwicklung innovativer Lösungen methodisch unterstützt vorangetrieben. Der Reallabor-Ansatz war dabei entscheidend von Vorteil. In themenfeldübergreifenden Workshops wurden Produktideen gewonnen, Entwicklungen angestoßen und in marktreife Lösungen überführt. Zudem wurden marktwirtschaftliche Organisationsmodelle für ein Micro Smart Grid erforscht und die heterogene Eigentümer- und Betreiberstruktur des EUREF-Micro Smart Grid in ein tragfähiges marktwirtschaftliches Organisations- und Betreibermodell überführt. Die Erkenntnisse flossen in einen Leitfaden ein, der den Übergang des Micro Smart Grid von einem Forschungsgegenstand zu einem marktwirtschaftlichen Organisationsmodell idealtypisch aufzeigt. Der wirtschaftlich und technisch optimale Betrieb des Micro Smart Grid konnte durch die Entwicklung und Implementierung entsprechender Betriebsstrategien nachweislich gewährleistet werden. Besonderes Interesse galt der Erforschung der Integration eines Second-Life-Batteriesystems und der Elektromobilität. Es wurde ein System aus acht gebrauchten PKW-Traktionsbatterien in das EUREF-Micro Smart Grid eingebunden und entsprechend der entwickelten Betriebsstrategien im Regelbetrieb betrieben. Zudem wurden Verfahren im netzgebundenen Zustand zur Ermittlung der Restkapazität (SOH, engl. *State of Health*) entwickelt und untersucht. Insbesondere in Bezug auf Elektromobilität erwies sich der stationäre Batteriespeicher als nutzbringend, um erneuerbare Energie für die automobilen Anwendung zwischenzuspeichern. Wesentlicher Teil des QF7 war zudem die Demonstration der Forschungsergebnisse. Dazu wurden technische Führungen auf dem EUREF-Campus durchgeführt sowie ein interaktiver Tisch für die Darstellung der Ergebnisse entwickelt, welcher in die Führungen eingebunden wurde.

Die Ergebnisse der ersten Förderphase des Forschungscampus Mobility2Grid zeigen, dass die Energie- und Verkehrswende nur in enger Verzahnung von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft gelingt. Der Forschungsverbund hat dazu wirksame Konzepte erarbeitet und innovative Lösungen erforscht und entwickelt. In der zweiten Förderphase werden diese Ergebnisse auf weitere urbane Areale transferiert und die Forschungsansätze entsprechend weiterentwickelt. Dadurch schafft Mobility2Grid groß angelegte und langfristige Ansätze der standortgebundenen Zusammenarbeit von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft im Rahmen der Hightech Strategie der Bundesregierung.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort zum Querschnittsfeld QF7 | 2 |
| Inhaltsverzeichnis..... | 3 |
| Abbildungsverzeichnis..... | 4 |
| Tabellenverzeichnis..... | 4 |
| I. Kurze Darstellung..... | 5 |
| I.1 Aufgabenstellung | 5 |
| I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde..... | 5 |
| I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens | 7 |
| I.4 Anknüpfung an den wissenschaftlichen und technischen Stand..... | 8 |
| I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen | 9 |
| II. Eingehende Darstellung..... | 11 |
| II.1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse | 11 |
| II.1.1 Q.1 Technisches und betriebliches Management der Forschungsanlagen | 12 |
| II.1.2 Q.2 Kommerzielle Verwertung..... | 13 |
| II.1.3 Q.3 Demonstration der Forschungsergebnisse..... | 26 |
| II.2 Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises | 29 |
| II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit | 30 |
| II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit | 30 |
| II.5 Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen | 30 |
| II.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen | 30 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Beispieldarstellung des Campus-Navi..... | 15 |
| Abbildung 2: Benutzeroberfläche zur Anmeldung bei MobiMatch | 16 |
| Abbildung 3: Exemplarische Darstellung der Use Cases der SchneiderOne App | 18 |
| Abbildung 4: Annuität und Betriebskosten der Anlagen auf dem EUREF-Campus | 21 |
| Abbildung 5: Einbau der Wechselrichter (links), der Traktionsbatterien (mitte) und Schutzwände aus Glas (rechts)..... | 22 |
| Abbildung 6: Erste Abschätzung der Restkapazitäten und SOH der Traktionsbatterien..... | 24 |
| Abbildung 7: Durchschnittliche Autarkierate (links), Durchschnittliche Eigenverbrauchsrate (rechts) in Abhängigkeit von Kapazität und Leistung einer stationären Batterie in einem Micro Grid | 26 |
| Abbildung 8: Parkplätze mit Sensorik in der zeeMobase..... | 27 |
| Abbildung 9: Impressionen von Führungen auf dem EUREF-Campus | 28 |
| Abbildung 10: Beispielhafte Veranschaulichung der Inhalte des Micro-Smart-Grid-Tisches.. | 29 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Übersicht über die Arbeitspakete und Meilensteine | 7 |
| Tabelle 2: Übersicht über die Zusammenarbeit anderen Stellen | 10 |
| Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten Verwertungsworkshops | 14 |
| Tabelle 4: Business Model Canvas für den Betrieb eines Micro Grids als Kundenanlage i.S.d. § 3 Nr. 24a und 24b EnWG..... | 19 |
| Tabelle 5: Technische Daten der Second-Life-Batterie | 21 |
| Tabelle 6: Übersicht der Dimensionen und der Ziele des stationären Batteriespeichers | 23 |
| Tabelle 7: Durchschnittswerte der Autarkierate und Eigenverbrauchsrate im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2019 | 26 |

I. Kurze Darstellung

Nachfolgend werden kurz die Aufgabenstellung und die Voraussetzungen, die Planung und der Ablauf, die Anknüpfung an den Stand der Technik und Wissenschaft in Bezug auf die Gestaltung des EUREF-Campus als das Reallabor von Mobility2Grid sowie die Zusammenarbeit mit anderen Stellen des Verbundprojekts erläutert.

I.1 Aufgabenstellung

Der Forschungscampus Mobility2Grid hat die Kopplung von Energie und Mobilität im urbanen Raum als Gegenstand kooperativer Forschung. Dabei erforscht der Verbund aus Wissenschaft und Wirtschaft in sechs Themenfeldern und einem Querschnittsfeld konkrete und nachhaltige Lösungsmöglichkeiten dezentraler Energieversorgung und Elektromobilität. Die prototypische Realisierung der Forschungsergebnisse geschieht maßgeblich auf dem EUREF-Campus in Berlin. Dieser dient als Reallabor zur Erprobung der entwickelten Lösungen und bietet gleichzeitig die Möglichkeit, deren kommerzielle Verwertung zu untersuchen sowie diese aktiv zu verfolgen. Die Gestaltung des EUREF-Campus als Reallabor und zentrale Forschungsstätte von Mobility2Grid ist die Voraussetzung für die inter- und transdisziplinäre Forschungsarbeit an den Forschungsgegenständen. Die Themenfelder (TF) des Forschungscampus Mobility2Grid sind sowohl naturwissenschaftlich-technisch (TF 2, 3, 4 und 6) als auch sozialwissenschaftlich ausgelegt (TF1, 5 und 7).

- TF1: Akzeptanz und Partizipation
- TF2: Smart Grid Infrastrukturen
- TF3: Vernetzte Mobilität
- TF4: Bus- und Wirtschaftsverkehr
- TF5: Bildung- und Wissenstransfer
- TF6: Digitale Räume
- QF7: Betrieb und Verwertung

Das Querschnittsfeld 7 (QF7) ist das verbundprojektübergreifende Querschnittsfeld von Mobility2Grid. Es wurde so konzipiert, dass eine Unterstützung der anderen Themenfelder auf übergeordneter Ebene stattfinden kann. Die Ergebnisse der Themenfelder werden zur Verwertung und Demonstration zusammengeführt. Kernziel des QF7 ist es, den Betrieb der technischen Forschungsanlagen auf dem EUREF-Campus zu untersuchen und weiterzuentwickeln. Eine gesonderte Wichtigkeit wird dabei der Gewährleistung des operativen Betriebs der Anlagen und deren Optimierung zugeschrieben, sodass diese jederzeit für Forschungszwecke zur Verfügung stehen.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Von 2015 bis Anfang 2019 war das InnoZ verantwortlich für das QF7. Durch den Einstieg von Schneider Electric im Mai 2019 wurde diese Verantwortung an Schneider Electric übergeben. In der Übergangszeit wurden die Inhalte durch die DB Energie bearbeitet und erfüllt. Durch

das Engagement von Schneider Electric im QF7 rückten das Themenfeld 2 (TF2) und QF7 noch näher zusammen.

Voraussetzung für die Durchführung des Vorhabens war u.a. die Verortung von Schneider Electric auf dem EUREF-Campus Berlin. Dies bewirkte die räumliche Nähe des Antragsstellers zu den Forschungsgegenständen und -anlagen und dem Reallabor. Zudem verfügt Schneider Electric über eine hohe Expertise in den relevanten Bereichen der nachhaltigen Stromversorgung, intelligenten Steuerung von Energieanlagen, Micro Smart Grids, Ladeinfrastruktur, uvm. Dieses Wissen wurde durch die interdisziplinäre Arbeit im QF7 von Verbundpartnern aus Wissenschaft und Wirtschaft ergänzt.

Die Gestaltung des EUREF-Campus als Reallabor von Mobility2Grid unterstützte dabei das Forschungsvorhaben und die Verwertungsstrategie. Die von InnoZ und Schneider Electric initiierte und noch in der Vorphase gegründete Betreiber- und Verwertungsgesellschaft inno2grid GmbH koordinierte und unterstützte die antragstellenden Partner des QF7 im Hinblick auf ein reibungsloses Zusammenwirken der Aktivitäten im Reallabor und der Gesamtentwicklung des EUREF-Campus. inno2grid kommt in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle zu, da sie in Kooperation mit der DB Energie GmbH bei Planung, Bau, Integration und Betrieb das Bindeglied zwischen dem Eigentümer des EUREF-Campus darstellt.

Innerhalb des QF7 übernahm Schneider Electric die wissenschaftliche und methodische Koordination. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass die Arbeiten nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik stattfinden und die Durchführung der Arbeitspakete durch jeweils passende Methoden effizient und effektiv erfolgt. Durch die themenfeldübergreifende Ausrichtung des QF7 konnten neue wissenschaftliche Entwicklungen in die Arbeiten des QF7 eingebracht werden. Zudem wurde durch die Gründung von inno2grid als Betreiber- und Verwertungsgesellschaft u.a. durch Schneider Electric die inhaltliche Gestaltung des QF7 im Hinblick auf eine nachhaltige Verwertungsstrategie der Forschungsergebnisse in einem Marktumfeld entsprechend gestaltet. Diese verwertungsspezifische Koordination von Schneider Electric innerhalb des QF7 ermöglichte es, dass die Arbeiten aus den Themenfeldern in Projekten auch außerhalb der Themenfelder Verwendung finden und so ein höchstmöglicher Output der Forschungsergebnisse aus den Themenfeldern garantiert wird. Beispielhaft hierfür sind die Erkenntnisse aus der Forschung von Mobility2Grid, die nicht zuletzt inno2grid zu anhaltendem Erfolg im Markt verholfen hat. Kunden von inno2grid profitieren dabei in hohem Maße von den Forschungsergebnissen und den Erfahrungen, welche das Unternehmen in Kooperation mit den Gesellschaftern sowie den Forschungspartnern im Forschungscampus Mobility2Grid gewonnen hat. Im Sinne einer nachhaltigen Verwertungsstrategie von Forschungsergebnissen ist diese Diffusion von wissenschaftlichen Erkenntnissen in den Markt ein entscheidender Vorteil. Im Gegensatz dazu konnten Schneider Electric und inno2grid die Reaktionen des Marktes sowie Fragestellungen aus der marktwirtschaftlichen Anwendung kontinuierlich in die Arbeitsprozesse der Themenfelder 1-6 und des QF7 miteinbringen. Dadurch wurde ein Ökosystem aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft initiiert, welches sich

wechselseitig befruchtet. In der zweiten Förderphase von Mobility2Grid wird dieses Ökosystem stärker ausgebaut, um die angewandte Grundlagenforschung noch besser mit realen Anwendungskontexten bidirektional zu verknüpfen. inno2grid wird dabei eine maßgebliche Rolle spielen.

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Planung und Durchführung des Vorhabens in QF7 gliedert sich in drei Arbeitspakete mit verschiedenen Meilensteinen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht.

Tabelle 1: Übersicht über die Arbeitspakete und Meilensteine

| | |
|--|---|
| Q.1 Technisches und betriebliches Management der Forschungsanlagen auf dem Campus | |
| Meilenstein 12 | Tests Betriebsszenarien im Micro Smart Grid <ul style="list-style-type: none"> • Festlegen und normieren der Betriebsszenarien zur Vergleichbarkeit und Auswertbarkeit • Auswertung und Dokumentation der Betriebsszenarien • Schlussfolgerung für Betrieb und weiteren Forschungsbedarf |
| Q.2 Kommerzielle Verwertung | |
| Q.2.1 Verwertungsstrategie und Verwertung aus dem operativen Betrieb | |
| Meilenstein 18 | 2. Report – Verwertung in Bearbeitung für 2020 <ul style="list-style-type: none"> • Evaluierung des projektinternen „Inkubators“ • Erfassen aller Aktivitäten |
| Q.2.2 Entwicklung und Implementierung eines marktwirtschaftlichen Organisationsmodells für das Micro Smart Grid | |
| Meilenstein 14 | Implementierung Authentifizierungs- und Abrechnungssystem <ul style="list-style-type: none"> • Tiefenprüfung des Stands der Wissenschaft und Technik auf Anwendbarkeit einzelner Module • Entwicklung eines neuen Authentifizierungs- und Abrechnungssystems, für die speziellen Gegebenheiten auf dem EUREF-Campus |
| Meilenstein 24 | Abschluss Energielieferverträge zwischen Eigentümern / Anlagenbetreibern / Micro Smart Grid-Betreiber / Endverbrauchern (auf Grund veränderter Rechtslage gestrichen, § 3 Abs. 1 Nr. 25 EnWG) |
| Meilenstein 25 | Abgabe Report für marktwirtschaftliche Organisationsmodelle in Micro Smart Grids |
| Q.3 Demonstration der Forschungsergebnisse / Betrieb „zeeMobase“ | |
| Meilenstein 30 | Demonstrationseinbindung e-Bus in Bearbeitung <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung zu Schulungs- und Weiterbildungszwecken • Darstellung der Ergebnisse des Proof of Concept und Skalierungsszenarien |
| Meilenstein 31 | Demonstrationseinbindung Regelbarer Ortsnetztransformator in Bearbeitung <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung zu Schulungs- und Weiterbildungszwecken |

| | |
|----------------|---|
| Meilenstein 32 | Großveranstaltungen <ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Dissemination der Forschungsergebnisse vor Fachpublikum, Politik und Entscheidern |
| Meilenstein 8 | Ausstattung von Parkplätzen mit Sensorik* |
| Meilenstein 9 | Sensoren für Navigation auf EUREF-Campus* |

* (ursprünglich als Meilensteine von TF6 geplant, Umsetzung innerhalb QF 7)

I.4 Anknüpfung an den wissenschaftlichen und technischen Stand

Mit dem Gesetz für den Ausbau der erneuerbaren Energien (EEG) hat sich die Bundesrepublik Deutschland das Ziel gesetzt, die Energieversorgung im Interesse des Klima- und Umweltschutzes nachhaltig zu gestalten.¹ Um die steigende Anzahl derartiger Anlagen in das Netz zu integrieren, bedarf es dem Auf- und Umbau hin zu intelligenter Steuerung und Regelung aller Komponenten eines Netzes – einem sog. Smart Grid. Als Instrument zur Umsetzung der Energiewende kann der zellulare Ansatz des VDE herangezogen werden. Der zellulare Ansatz sieht die Schaffung dezentraler Energiezellen mit Energieerzeugung, -speicherung und -verbrauch vor, in welchen die Energieflüsse sektorübergreifend ausgeglichen sind. So wird die Belastung der vorgelagerten Netze verringert und die Komplexität der Beherrschung der volatilen Energieerzeugung sinkt aufgrund des begrenzten Gebietes.² Demnach können sog. Micro (Smart) Grids dabei helfen, Erzeugung und Verbrauch auf der niedrigsten möglichen Ebene auszubalancieren. Micro (Smart) Grids sowohl als energiebilanzierte Zelle innerhalb eines elektrischen Verteilnetzes funktionieren als auch als eigenständige, autarke Inselösung.³ Im Rahmen von Mobility2Grid wurde auf dem EUREF-Campus Berlin ein solches Micro Smart Grid errichtet, um zu erforschen, inwiefern sich dieses Konzept für den urbanen Raum eignet. Als Baustein zur Kopplung der Sektoren Energie und Verkehr wurde der Integration von Ladeinfrastruktur für Elektromobilität in das Micro Smart Grid besondere Aufmerksamkeit zuteil.⁴

Der EUREF-Campus als zentrale Forschungsstätte des Forschungscamps Mobility2Grid wurde von Beginn an im Hinblick auf die Verwertung von Grundlagenforschung als Reallabor konzipiert. Damit knüpft Mobility2Grid an vorangegangene wissenschaftliche Untersuchungen zu Reallaboren an. Zwar fehlt eine einheitliche Definition eines Reallabors (engl. *Living Lab*) in der Literatur, allerdings lassen sich Reallabore nach Leminen (2015) durch drei wesentliche

¹ § 1 Absatz 1 – 4 EEG (2021).

² Vgl. VDE, Hrsg., „Der zellulare Ansatz - Grundlage einer erfolgreichen, regionenübergreifenden Energiewende“, Juni 2015.

³ Vgl. Nikos Chatzēargyriou, Hrsg., *Microgrids: Architectures and Control* (Chichester: Wiley, 2014).

⁴ Vgl. Florian Ausfelder u. a., „Sektorkopplung“ - *Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems*, 2017.

Merkmale charakterisieren.⁵ Demnach partizipieren sämtliche Akteure eines Reallabors an gemeinsamen Innovationsaktivitäten, wobei die Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlichen Institutionen kommen. In diesem Zusammenhang ist häufig von einem *Public-Private-People-Partnership (4P)* die Rede. Zudem finden alle Innovationsaktivitäten an einem gemeinsamen Ort statt. Baedeker et al. (2017) verweist darauf, dass insbesondere in Reallaboren die Entwicklung nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen in urbanen Räumen durch die frühe Einbindung aller Akteure inklusive der Nutzer gefördert wird und diese sich aufgrund dessen besser am Markt etablieren können.⁶ Dabei spielt *co-creation* – die Beteiligung verschiedener Akteure, insbesondere der Nutzer, am Entwicklungsprozess – eine wesentliche Rolle für den Innovationsprozess.⁷ Im Sinne von Forschung und Entwicklung können so frühphasig relevante Fragestellungen identifiziert und bearbeitet werden. Im Hinblick auf die thematische Ausrichtung von Mobility2Grid ist die Gestaltung des EUREF-Campus als Reallabor besonders erfolgversprechend für die Erforschung der Energie- und Verkehrswende im urbanen Kontext und die Entwicklung entsprechender Lösungsansätze, insbesondere im Kontext der Verwertungsstrategie des QF7. Patentrezepte gibt es hier allerdings nicht. Eine Ergebnisverwertung im Sinne einer marktwirtschaftlich erfolgreichen Innovation findet zumeist nur bei einem absoluten „Portfolio-Fit“ des jeweiligen Partners oder durch eigens gegründete Spin-Offs statt. Bei Verbundprojekten wie dem Forschungscampus Mobility2Grid wird dies durch die komplexe Partnerkonstellation noch erschwert. Generell ist es notwendig für jedes verwertbare Ergebnis eine eigene Verwertungsstrategie zu entwickeln.⁸ Die Gründung von inno2grid trägt diesem Umstand Rechnung.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Grundlage und Voraussetzung für die Definition von erfolgreichen Verwertungsstrategien und deren Umsetzung war die Zusammenarbeit mit den anderen Themenfeldern von Mobility2Grid im Rahmen des QF7. Darüber hinaus wurden weitere Akteure u.a. aus dem Markt eingebunden, um die Forschungsergebnisse im Sinne einer nachhaltigen Verwertung zu kommerzialisieren. Die Schnittstellen und Aktivitäten mit assoziierten Partnern sowie externen Stakeholdern sind im Folgenden tabellarisch aufgeführt.

⁵ Vgl. Seppo Leminen, „Living Labs as Open Innovation Networks - Networks, Roles and Innovation Outcomes“, 2015, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2423.5281>.

⁶ Vgl. Baedeker C, Liedtke C, Köhlert M (2017): User-integrated Innovations in Urban Areas for a Transition towards Sustainability. *Innov Ener Res* 6: 164.

⁷ Vgl. Westerlund, M., Leminen, S. (2011): Managing the Challenges of Becoming an Open Innovation Company: Experiences from Living Labs. *Technology Innovation Management Review*. October 2011: 19-25.

⁸ Kirstin Schilling, *Forschen - Patentieren - Verwerten: ein Praxisbuch für Naturwissenschaftler mit Schwerpunkt Life Sciences* (Berlin: Springer Spektrum, 2014).

Tabelle 2: Übersicht über die Zusammenarbeit anderen Stellen

| Partner | Funktion | Schnittstelle/Zusammenarbeit |
|--|----------------------|---|
| AlterHausVerwalter.de aven-ties GmbH | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Beratung zu neuartigen Hausverwaltungsmodellen • Implementierung bei einzelnen Mietern auf dem EUREF-Campus • Unterstützung Aufbau Abrechnungsplattform |
| Audi AG | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Bringt Second-Life-Li-Ion Batterien in den Forschungscampus mit ein • Nutzertests, Erprobung von Batterieverhalten und Wirtschaftlichkeit- |
| Berliner Agentur für Elektromobilität eMo | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Übergelagerte Abstimmung zu Programmen • Austausch zu politischen Entwicklungen • Gemeinsame Fachveranstaltungen |
| Bezirk Tempelhof-Schöneberg | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Denkmalschutzbelange • Genehmigungen |
| Bürgerenergie Berlin | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Energiepolitische Beratung • Input zu Netzbetrieb Micro Smart Grid |
| Climate KIC Deutschland | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Programme und Projekte zum Thema Gründung und Entrepreneurship • Wissensaustausch |
| DB Connect GmbH | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Flottenmanagement eFahrzeuge • Pedelec-Station |
| Ebee Smart Technologies GmbH | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsame Fachveranstaltungen • Nutzertests für Ladeinfrastruktur |
| EUREF AG | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Grundstückseigentümer EUREF-Campus |
| EUREF Consulting GmbH | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Schnittstelle zu Campus-Eigentümer • Planungsleistungen |
| EUREF Energy GmbH | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Anstreben einer virtuellen Kundenanlage • Gemeinsame politische Einflussnahme |
| eZeit Ingenieure GmbH | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Fachaustausch zu energetischer Gebäudesanierung • Energiemanagement Konzepte (insb. Wärme) |
| GASAG AG | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Zugang zu BHKWs • Unterstützung bei datentechnischer Integration |
| GASAG Solution Plus GmbH | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Betreiber der Energiezentrale am EUREF Campus (Wärme-/Kälteversorgung) |
| Geo-En Energy Technologies GmbH | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Steuerungs- und Softwareentwicklung Energiezentrale |

| | | |
|---|----------------------|---|
| HFK Rechtsanwälte LLP | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Beratung im Bereich Arealnetze u.a. |
| inno2grid GmbH | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Koordination der technischen/baulichen Aktivitäten über die Themenfelder • Koordination des Forschungsbetriebs • Inhaltlicher Input für die Erstellung von Betreibermodellen |
| Kompetenzzentrum kritische Infrastrukturen (KKI) GmbH | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Beratung zu Netzsicherheit und Gefahrenpotentialen von Anlagen und Gesamtsystem • Weiter/Fortbildung zu Netzsicherheit • Implementierung Sicherheits- und Meldesystem für Störfälle |
| Lumenaza GmbH | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Lokale Vermarktung von EE-Anlagen • Beratung zu Micro Smart Grid-Betreiberkonzepten • Integration Smart Meter und Steuerbox |
| Stromnetz Berlin GmbH | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Beratung zu Netz- und Zählerinfrastruktur sowie Messkonzept • Verteilnetzseitiger Input zu marktwirtschaftlichem Organisationsmodell |
| The Mobility House GmbH | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Vermarktung der 1,9 MWh Audi-Batterie am EUREF-Campus |
| Ubitricity Gesellschaft für verteilte Energiesysteme mbH | Stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsame Fachveranstaltungen • Nutzertests für Ladeinfrastruktur • Nutzertest e-Fahrzeuge |
| von Bredow Valentin Herz Rechtsanwälte | Assoziierter Partner | <ul style="list-style-type: none"> • Rechtsberatung zu den entwickelten marktwirtschaftlichen Organisationsmodellen und der Micro Smart Grid Betreibergesellschaft |

Eine Kooperationsvereinbarung zum Umgang mit Ergebnissen, Schutzrechten und Veröffentlichungen innerhalb des Projekts zwischen den 31 Partnern des Forschungscampus einschließlich aller Förderungsempfänger wurde abgeschlossen.

II. Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

Schneider Electric hat im Berichtszeitraum Aufgaben der Themenfeldkoordination übernommen, wie beispielsweise die Organisation des Statustreffens. Zudem wurde parallel zum Betrieb der Forschungsanlagen die Verwertung innovativer Produkte und Dienstleistungen aus den Forschungsergebnissen der einzelnen Themenfeldern und dem Querschnittsfeld vorangetrieben. Hierzu wurden diverse Workshops durchgeführt, in denen auf Basis der For-

schungsergebnisse innovative Lösungen diskutiert, Produktideen generiert und Entwicklungen angestoßen wurden. Dabei wurden gezielt u.a. kreative Methoden wie Design Thinking oder der Business Model Navigator eingesetzt. Durch den Einsatz derartiger Methoden wurde die Verwertung der Forschungsergebnisse gezielt forciert und dabei in einem unternehmerischen Kontext betrachtet.

Darüber hinaus wurden die Forschungsergebnisse dem Fachpublikum und der interessierten Öffentlichkeit auf dem EUREF-Campus gezeigt. Besonderes *Highlight* ist die Gestaltung und Umsetzung der „Zero Emission Energy & Mobility Base“ – kurz „zeeMobase“ – welche dem Campus u.a. zu Demonstrationszwecken dient. Die Forschungsergebnisse wurden und werden Interessenten aus aller Welt präsentiert und die Themen weiteren Forschungsunternehmen, Kunden und politischen Vertretern zugänglich gemacht. In der zeeMobase sind zentrale Anlagen wie Batteriespeicher und regelbarer Ortsnetztransformator untergebracht, welche in Forschungs- und Betriebsthemen eine zentrale Rolle spielen und die Basis für eine Vielzahl der Forschungsergebnisse bilden. Zur Untersuchung von Ladelösungen für Elektrofahrzeuge wurden mehrere Ladestationen auf der zeeMobase errichtet.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete zusammengefasst und eingehend dargestellt. Die Beschreibungen enthalten lediglich die von Schneider Electric durchgeführten Arbeiten, jegliche Partner sind hierbei stets benannt. Die Zusammenfassung ist aufgeteilt in die jeweiligen Arbeitspakete und ist entsprechend der thematischen Zusammengehörigkeit strukturiert.

II.1.1 Q.1 Technisches und betriebliches Management der Forschungsanlagen

Das Arbeitspaket 1 des Querschnittsfelds QF7 befasste sich mit den Forschungsanlagen und wurde maßgeblich von DB Energie durchgeführt.

Schneider Electric entwickelte in inhaltlicher Zusammenarbeit mit dem TF2 Betriebsstrategien für das Micro Grid. Zudem wurde ein Algorithmus zur koordinierten Spannungshaltung für den Regelbetrieb der Anlagen des Micro Grids von Schneider Electric implementiert. Dafür wurde eine Virtual Maschine aufgesetzt und Schnittstellen zwischen dem SCADA, dem regelbaren Ortsnetztransformator und den Wechselrichtern geschaffen. Details sind dem Schlussbericht des TF2 zu entnehmen.

Die Entwicklung eines Betriebskonzeptes für Micro Smart Grids war ein Teil der Forschungsarbeiten der DB Energie im Rahmen des QF7 gemäß der Teilvorhabensbeschreibung vom 30.10.2015. Das Betriebskonzept ist für ein Umfeld mit heterogenen Stake- und Shareholderstrukturen anwendbar und auf andere Micro Smart Grids übertragbar. Komplementär zum Betriebskonzept wurde das Managementhandbuch erarbeitet. Dieses umfasst die Rollen und Anforderungen bei einem Anlagenbetrieb und kann ebenfalls für die Übertragung auf andere Micro Smart Grids angewendet werden. Neben dem Betriebskonzept erstellte die DB Energie allgemeingültige Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen für die Anlagen eines

Micro Smart Grids. Hierbei wurde von der DB Energie die Rolle der verantwortlichen Elektrofachkraft übernommen. Somit war die DB Energie für die theoretischen Aspekte des Betriebs eines Micro Smart Grids entsprechend der Teilvorhabensbeschreibung im QF7 verantwortlich, während Schneider Electric die Umsetzung des Betriebskonzepts in den Betrieb im Reallabor mit Forschungscharakter übernahm. Die Aktivitäten sowie Schwerpunkte im TF2 sind grundlagenforschungsorientiert und beschäftigten sich u.a. mit der technischen Vernetzung, Visualisierung, Optimierung und Steuerung. Mit der Ausführung des technischen und wirtschaftlichen Betriebs wurde im TF2 inno2grid von Schneider Electric beauftragt, so wurden die Anlagen für die themenfeldübergreifenden Forschungen- und Entwicklungsarbeiten sicher zur Verfügung gestellt. inno2grid war als technischer und wirtschaftlicher Betreiber der Anlagen für die Einhaltung der durch die VEFK festgelegten technischen Anforderungen zuständig.

II.1.2 Q.2 Kommerzielle Verwertung

II.1.2.1 Q.2.1 Verwertungsstrategie und Verwertung aus dem operativen Betrieb

Gegenstand dieses Arbeitspakets war die wirtschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse der Themenfelder und des Querschnittfeldes. Im Fokus stand die Weiterentwicklung der Forschungsergebnisse in Richtung marktreifer Konzepte, Produkte und Dienstleistungen. Das QF7 diente dem Forschungscampus dabei als projektinterner Inkubator. Mit dem Ziel einer effizienten und effektiven Verwertung wurde die inno2grid GmbH von Schneider Electric und DB Energie als Vertriebs- und Verwertungsgesellschaft gegründet. Projektbezogen wurden entsprechende Kooperationsverträge entwickelt, die allen Beteiligten die optimale Nutzung der Forschungsergebnisse garantieren.

Die Verwertungsaktivitäten im Sinne der methodischen Produktentwicklung zeichnen sich insbesondere durch die Ausrichtung an den Bedürfnissen der Endnutzer sowie ihrer Nähe zum Markt aus. Ohne die Akzeptanz durch Kunden bzw. Endnutzer kann eine breite Innovationsdiffusion am Markt nicht stattfinden. Im Zuge dessen ist das Ausführen von Pilotprojekten und die Gestaltung von Prototypen inhärenter Bestandteil der Verwertung der Forschungsergebnisse in QF7. Um Nutzerbedürfnisse optimal adressieren zu können, müssen die betroffenen Nutzer partizipieren und ihre Erwartungen und Vorstellungen sowie Wünsche und Befürchtungen einbringen. Dazu wurden entsprechende Workshops abgehalten und Umfragen unter Nutzern durchgeführt. Auf Basis dieser Erfahrungen wurden Handlungsempfehlungen für zukünftige Produktentwicklungsprozesse abgegeben. Die methodische Herangehensweise wurde in einem wissenschaftlichen Papier Khemir et al. (2021), *Experiences with Product Development Methodology in the Public-Private Research Campus Mobility2Grid* dargestellt. Das Papier ist zur Veröffentlichung eingereicht und wird auf der *8th International Conference on New Ideas in Management, Economics and Accounting* in Budapest, Ungarn vorgestellt.

Nachfolgend beschrieben sind die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Verwertung der Forschungsergebnisse.

Verwertungsworkshops

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Workshops, die im Rahmen des Arbeitspaketes von Schneider Electric mitgestaltet und durchgeführt wurden. Die detaillierte Beschreibung der konsekutiven Verwertungsaktivitäten ist den nachfolgenden Abschnitten zu entnehmen.

Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten Verwertungsworkshops

| Datum | Titel [Teilnehmer] | Ergebnis |
|------------|---|--|
| 11.06.2019 | Produktentwicklung Lademanagement [Schneider Electric, inno2grid, DB Energie] | <ul style="list-style-type: none"> - Herausarbeiten von mehreren Geschäftsmodellen für Lademanagement - Einbeziehung von Standortenergieverbrauch in Lademanagement |
| 16.09.2019 | Campus-Navi [Schneider Electric, inno2grid, DB Energie, DAI-Labor, TU Berlin, FZI] | <ul style="list-style-type: none"> - Ideenfindung für Produkt - Entwicklung von Anwendungsfällen |
| 12.11.2019 | Managementhandbuch EUREF-Campus [Schneider Electric, inno2grid, DB Energie] | <ul style="list-style-type: none"> - Best Practices zur Instandhaltung und Wartung der elektrischen Anlagen, und das Verhalten bei Störungen und Havarien - Festlegung zur Arbeitssicherheit, Brandschutz, Explosionsschutz-Umwelt sowie der Qualitätssicherheit |
| 15.11.2019 | Transfer in die II. Förderphase [DB Energie, Schneider Electric, inno2grid, Bencon Energies, EICT, Fraunhofer ISE, Hsubject, HTW, Siemens, Stromnetz, TU ARTE, TU SPB, TU SENSE, WZB] | <ul style="list-style-type: none"> - Gemeinsames Verständnis des Begriffes Transfer - Identifikation von Transferthemen, -produkten, und -arealen |
| 26.11.2019 | Micro Smart Grid-Datenausstellung [Schneider Electric, inno2grid, DB Energie, DAI-Labor, TU Berlin, FZI] | <ul style="list-style-type: none"> - Auswahl der Daten, die auf der Plattform angezeigt werden sollen - Erweiterung der Use Cases |
| 10.03.2020 | Weiterentwicklung MobiMatch Corporate Carsharing [Schneider Electric, inno2grid, DB Connect] | <ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung neue Features für die Plattform - Verbesserung der Prozesse beim Produkt |
| 08.04.2020 | Erweiterung Campus-Navi [Schneider Electric, inno2grid, DAI-Labor, TU Berlin, FZI] | <ul style="list-style-type: none"> - Einsatz neuer Use Cases - Implementierung von neuen Funktionen nach der Benutzerbefragung |

Weiterentwicklung und Integration eines Navigationsdienstes in die EUREF Campus App

Teil des Arbeitspakets Q 2.1 war die Erweiterung des bestehenden Navigationssystems „Campus-Navi“ der Mobility2Grid Plattform sowie die Einbindung und Integration des Navigationsdienst in die EUREF-Campus App in Zusammenarbeit mit FZI, Schneider Electric, inno2grid und des DAI-Labors. Diese Arbeiten waren Bestandteil des Meilensteines 9 „Sensoren für Navigation auf EUREF-Campus“ und dienten der wirtschaftlichen Verwertung der Forschungsergebnisse des TF6.

Das Campus-Navi erleichtert die Navigation auf dem EUREF-Campus. Der Dienst integriert Gebäude, Firmen, Parkplätze sowie Ladesäulen inklusive Buchungsfunktion. Abbildung 1 zeigt exemplarisch den interaktiven Lageplan. Ein Nutzer kann beispielsweise ein Unternehmen suchen und wird mittels Routenplaner dorthin geleitet. Je nach dem welches Verkehrsmittel der Nutzer verwendet – Fahrrad, PKW oder E-Fahrzeug– bekommt er einen verfügbaren Abstellplatz bzw. eine Ladestation angezeigt. Die Navigation soll zukünftig allerdings nicht am Gebäude enden. Die Positionsbestimmung soll auch innerhalb eines Gebäudes ermöglicht werden. Diese zusätzliche Funktion befindet sich aktuell in der Erprobungsphase und wird, wie das Campus-Navi selbst, kontinuierlich weiterentwickelt.

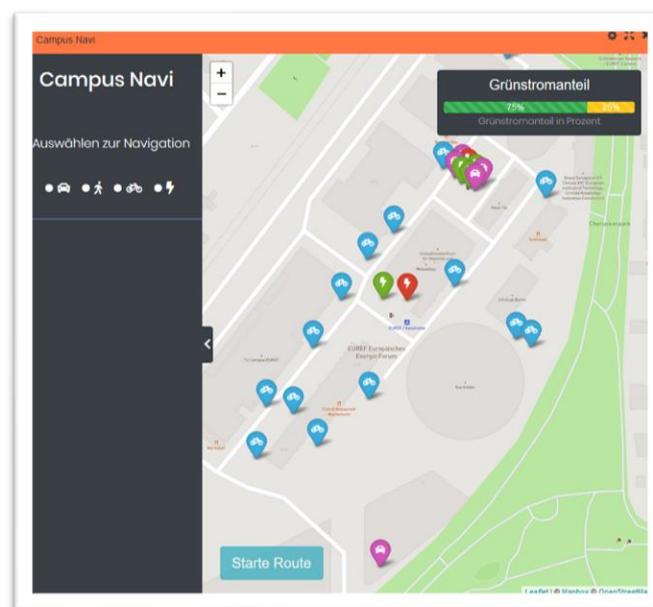


Abbildung 1: Beispieldarstellung des Campus-Navi

Ebenfalls Teil des Campus-Navis ist die Darstellung des aktuellen Anteils lokal erzeugter erneuerbarer Energie (Grünstrom) am Gesamtstromverbrauch innerhalb des Micro Smart Grid auf dem EUREF-Campus. Im Hinblick auf die Gebäude des EUREF-Campus werden der aktuelle Energieverbrauch und die damit verbundenen durchschnittlichen CO₂-Emissionen der vergangenen Woche aufgezeigt. Zudem erfolgt eine Bewertung der Umweltfreundlichkeit auf Basis der Energieklassifizierung von Gebäuden nach der Association for Sustainable Development.

Aktuell lassen sich die Energie- und CO₂-Daten der Gebäude 10-11, 12-13 und 21-22 über das Campus-Navi abrufen, da nicht jedes Gebäude auf dem EUREF-Campus die nötigen Voraussetzungen für die Bereitstellung von Verbrauchsdaten bietet. Mit Hilfe dieser interaktiven Anzeige der Energie- und CO₂-Verbräuche der einzelnen Gebäude am EUREF-Campus soll es Gästen, Mitarbeitern und Unternehmen ermöglicht werden, sich selbstständig über den energetischen Fußabdruck ihrer unmittelbaren Umgebung zu informieren.

Eine Untersuchung des Einflusses des Campus-Navis hat gezeigt, dass für die Nutzer ein deutlicher Mehrwert geschaffen werden konnte. Eine Verbesserung der Orientierung gekoppelt mit Buchungsfunktionen von Mobilitätsangeboten oder Ladesäulen erhöht zudem den Komfort und die Verbundenheit mit dem Ort. Durch die Energieanzeige wird eine Möglichkeit geschaffen, ein neues Energiebewusstsein zu entwickeln.

Corporate Car Sharing – Entwicklung, Umfrage und Verbesserung

In Kooperation mit DB Connect und inno2grid wurde im Bereich der Verwertung eine Mobilitätslösung für Mitarbeiter am EUREF-Campus entwickelt und erprobt. Forschungsergebnisse des TF3 und TF4 flossen in die Entwicklung der Corporate Car Sharing Buchungsplattform „MobiMatch“ in QF7 ein.

Über die können zwei Elektro-Poolfahrzeuge digital gebucht, Mitfahrgelegenheiten organisiert und ÖPNV-Anbindungen eingesehen werden. Mitarbeiter von Schneider Electric und inno2grid können sich nach einmaliger Registrierung und dem Nachweis über einen Führerschein einfach und schnell eines dieser Fahrzeuge am Standort mieten. Abbildung 2 zeigt die Benutzeroberfläche der Buchungsplattform.

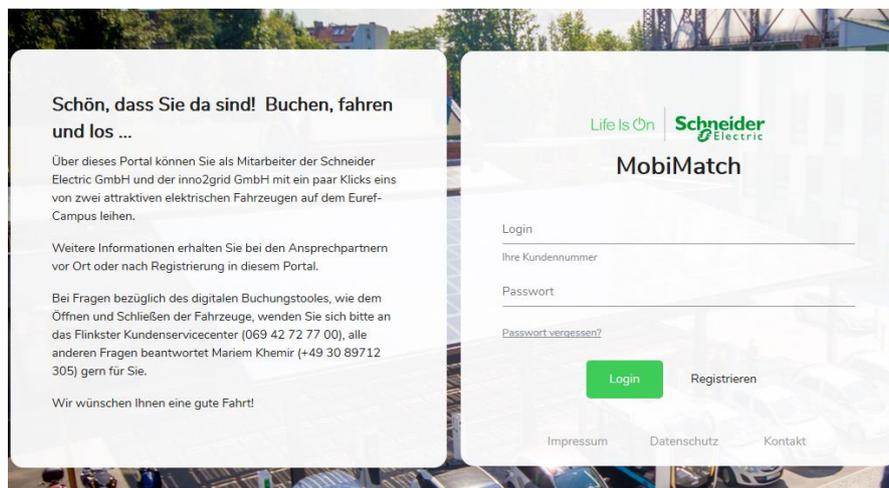


Abbildung 2: Benutzeroberfläche zur Anmeldung bei MobiMatch

Durch eine Umfrage unter Mitarbeitern von Schneider Electric und inno2grid wurden die Nutzerbedürfnisse vertieft und Verbesserungspotenziale identifiziert. Dazu gehörten u.a. ein einfacherer Registrierungsprozess sowie die Digitalisierung der Führerscheinvalidierung. Wichtigstes Kriterium für die Nutzer war der verlässliche Betrieb sowie die intuitive Bedienung. Die Anwendung wurde daraufhin sukzessive verbessert. Mehrstufige Evaluationen ergaben, dass

die Nutzerzufriedenheit des Dienstes weiter gesteigert werden konnte. Allerdings kann der Dienst mangels Investitionen u.a. in Prozesse wie Kundendienst nicht über die Forschungsphase hinaus betrieben werden. Dennoch wurde das Ziel der Bereitstellung nachhaltiger Mitarbeitermobilität sowie der effizienten Nutzung von Poolfahrzeugen nicht vollständig erreicht.

Implementierung Authentifizierung und Abrechnungssystem

Diese Arbeiten wurden im Rahmen des Meilensteines 14 „Implementierung, Authentifizierungs- und Abrechnungssystem“ geleistet. Ziel dieses Meilensteins war die Weiterentwicklung des Backends und der Analyse der rechtlichen Fragestellungen des Pilotprojekts „Plug&Charge“ im Bereich von Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen. Die hierbei verwendete kommende Norm ist die ISO 15118.

Es wurde untersucht, inwiefern ein reibungsloser Informationsaustausch zwischen E-Fahrzeug und Ladestation möglich ist, ohne den Einsatz von Ladekarten oder anderen Informationsträgern. Durch Plug&Charge soll der Ladeprozess automatisch durch das einfache Einstecken des Ladekabels ermöglicht werden. Die heute noch genutzte RFID-Karte ist bereits vielfach implementiert, wird aber zum Auslaufprodukt, da sie einerseits Sicherheitsmängeln aufweist und andererseits ein nicht einheitliches Nutzererlebnis mit sich bringt. Besonderes Augenmerk bei den Untersuchungen lag auf der vollständigen Automatisierung des Ladevorgangs und der damit verbundenen wirtschaftlichen sowie rechtlichen Abwicklung mittels „machine-to-machine“ Kommunikation.

Die Untersuchungen ergaben, dass die Ladestation dafür mit einer entsprechenden Software ausgestattet und eine Verbindung zu einem übergeordneten System hergestellt werden muss. Dieses sog. *Backend* identifiziert anhand einer individuellen Identifikationsnummer (ID) das Fahrzeug bzw. über eine Vertragsnummer den Fahrzeughalter, sobald das Fahrzeug mit der Ladestation verbunden wird. Mit Hilfe des ID-spezifischen Ladetarifs kann der Ladevorgang automatisch vorgenommen werden. ISO 15118 ermöglicht die bidirektionale Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und der Ladestation. Das Backend der Ladestation muss Schnittstellen zu übergeordneten Systemen der Abrechnung aufweisen. Gängige Zahlungsmitteldienstleister sind zu integrieren. Voraussetzung für die rechtskonforme Abwicklung von Plug&Charge ist, dass jeder Benutzer über eine individuellen ID verfügt, welche die Ladestation erkennen kann.

Das Pilotprojekt Plug&Charge ist durch festgelegte Use Cases skizziert. Diese Use Cases sind vorwiegend als reine unternehmensinterne Anwendungen konzipiert und sehen die Verwendung eines Firmenwagens sowie von privaten Elektroautos vor. Es wurde die SchneiderOne App realisiert, die alle mobilitätsrelevanten Funktionen umfasst, die den Arbeitsalltag des Mitarbeiters von Schneider Electric erleichtern sollen. Themen wie das Networking unter Mitarbeitern und die Mobilität auf Reisen standen im Fokus der App-Entwicklung. Die Use Cases der App sind u.a. Anmeldung des Nutzers in der App, Ladestation buchen, Ladefortschritt einsehen sowie Benachrichtigung bei Verfügbarkeit von reservierten Ladestationen. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Benutzeroberfläche der App.

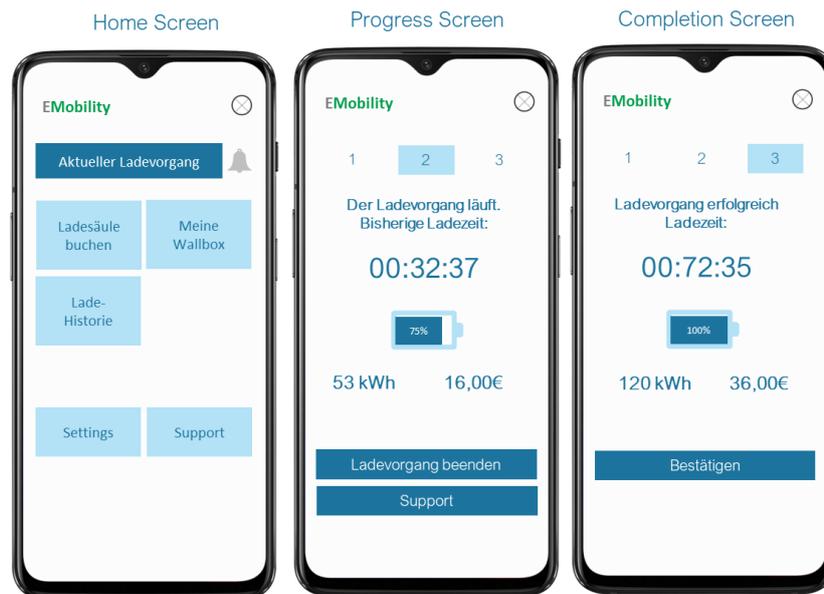


Abbildung 3: Exemplarische Darstellung der Use Cases der SchneiderOne App

II.1.2.2 Q 2.2 Entwicklung eines marktwirtschaftlichen Organisationsmodells für das Micro Smart Grid

Das Arbeitspaket Q 2.2 galt der Erforschung der rechtlichen und organisatorischen Möglichkeiten für den Aufbau und Betrieb von Micro Grids sowie ein entsprechendes Organisationsmodell zu entwickeln und dieses auf dem EUREF-Campus Berlin zu implementieren. Dabei waren insbesondere die rechtskonformen Einspeiseverhältnisse und der Energieanlagen in das Micro Grid als Kundenanlage i.S.d. § 3 Nr. 24a und 24b mit Anschluss am öffentlichen Verteilnetz auf Mittelspannungsniveau sowie der kaufmännisch-bilanzielle Abrechnungsansatz Gegenstand der Untersuchungen. Unter Berücksichtigung der zu diesem Zeitpunkt aktuellen Rechtslage des EEG und EnWG wurden rechtliche sowie wirtschaftliche Organisationsmodelle für ein Micro Grid erforscht. Die Ergebnisse dieser Forschung flossen in einen Leitfaden für marktwirtschaftliche Organisationsmodelle in Micro Grids.

Leitfaden für marktwirtschaftliche Organisationsmodelle in Micro Grids

Ziel dieses Leitfadens ist die Förderung der Verbreitung der Forschungserkenntnisse aus dem Aufbau und Betrieb des Micro Smart Grids des EUREF-Campus auf andere Areale. Der Leitfaden beschreibt alle relevanten Aspekte eines Micro Grids – vom technischen Aufbau über den rechtlichen Rahmen bis hin zu Geschäftsmodellen – unter Einbeziehung der Praxisbeispiele EUREF-Campus Berlin und Zukunftsbahnhof Südkreuz. Darüber hinaus enthält der Leitfaden Handlungsempfehlungen für den Aufbau und Betrieb eines Micro Grids. Somit kann der Leitfaden die frühphasige Planung eines Micro Grids unterstützen.

Tabelle 4: Business Model Canvas für den Betrieb eines Micro Grids als Kundenanlage i.S.d. § 3 Nr. 24a und 24b EnWG

| Key Partners | Key Activities | Value Proposition | Customer Relationships | Customer Segments |
|--|--|---|---|--|
| Anlageneigentümer Verteilnetzbetreiber Ladepunktbetreiber (CPO, engl. <i>Charge Point Operator</i>) Externe Dienstleister Behörden, Ämter Investoren | Energie erzeugen Energie speichern Energie bereitstellen Optimierung des Anlagenbetriebs Ermöglichung von Energieabrechnungen Technische Infrastruktur überwachen und verwalten Wartung und Instandhaltung veranlassen | Ökonomische (Reduktion von Energiebezugskosten, Umsatzmöglichkeiten) Ökologische (Minimierung CO ₂ -Emissionen, Energieeffizienz) Technische (Störungsfreie und stabile Energielieferung, Optimierung der Anlagenauslastung) | Automatisierte Services Self-Services | Anlageneigentümer Gewerbliche oder industrielle Areale, Wohnquartiere |
| | Key Resources Hardware (Energie- und IKT-Infrastruktur, Messsysteme) Software Personal | | Channels Digitale Schnittstellen Analoge Dienste | |
| Cost Structure Fixkosten (Personal, Büro, etc.) Variable Kosten (Wartung, Material) | | Revenue Stream Beauftragung des Anlageneigentümers Optimierung des Betriebs/Reduktion der Wartungs- und Instandhaltungskosten | | |

Der Leitfaden wurde unter Einbeziehung unterschiedlicher Typologien von Arealen erstellt, welche hinsichtlich deren Bedürfnisse und Energiecharakteristika analysiert werden. So ist beispielsweise der Energiebedarf eines Bürocampus für jede Tageszeit gut vorhersehbar wohingegen ein Industriegebiet i.d.R. sehr starke Schwankungen im Energiebedarf und hohe Lastspitzen aufweist. Diese arealspezifischen Eigenschaften müssen bei der Planung und Auslegung eines Micro Grids berücksichtigt werden. Überdies werden die grundlegenden Systemkomponenten und Betriebsmittel beschrieben wie etwa Erzeugungs-, Speicher- oder Verbrauchseinheiten. Im Zusammenhang mit der informationstechnischen Vernetzung der Systemkomponenten werden Kommunikationsprotokolle und intelligente Messsysteme sowie der grundsätzliche Aufbau einer IT-Infrastruktur untersucht und erläutert.

Ausgehend von einer Beschreibung der Akteure in einem Micro Grid wird der rechtliche Rahmen für Micro Grids sowie die Fördermöglichkeiten für erneuerbare Energien im Kontext von Eigenversorgung, Direkteinspeisung, Direktvermarktung und Mieterstrom analysiert. Der Leitfaden zeigt außerdem die Geschäftsmodelle des Anlagen- und Ladeinfrastrukturbetriebs. Tabelle 4 zeigt das Geschäftsmodell für den Betrieb eines Micro Grids als Kundenanlagen i.S.d. § 3 Nr. 24a und 24b EnWG in der Darstellung eines Business Model Canvas.

Ausgehend von den Ergebnissen der Erforschung der technischen und betrieblichen Zusammenhänge sowie der rechtlichen Gegebenheiten, werden abschließend im Leitfaden Handlungsempfehlungen für den Aufbau und Betrieb eines Micro Grids abgegeben, unter Hervorhebung der diesbezüglich zentralen Aspekte wie Auslegung, Regelung und den laufenden Betrieb sowie die Auslegung und Planung von Ladeinfrastruktur. Dafür werden zunächst werden die technischen Voraussetzungen eines Micro Grids im Sinne des Leitfadens untersucht. Ferner sind einige grundsätzliche Regeln in Bezug auf die Auslegung eines Micro Grids definiert. So ist beispielsweise bei der Auslegung der Energieerzeugungsanlagen die vorhandene Netzkapazität zu beachten. Die maximale Erzeugungsleistung zur Einspeisung $P_{EE,max}$ darf die Übertragungskapazität der Kabel bei minimaler Auslastung des Netzes $P_{Last,min}$ nicht überschreiten. Die maximal Übertragungskapazität des Ortsnetztransformators $P_{Transformator}$ begrenzt die zulässige Erzeugungsleistung zur Einspeisung.

$$\sum P_{EE,max} - \sum P_{Last,min} \leq P_{Transformator}$$

Zudem ist im Rahmen eines Schutz- und Selektivitätskonzeptes (vgl. DIN EN 60269-1 (VDE 0636-1):2015-05) sicherzustellen, dass Sicherungen, Leitungsschutzschalter und Leistungsschalter so gesetzt und dimensioniert werden, dass bei einem Kurzschluss- oder Überlaststrom nicht das komplette Micro Grid ausfällt. Die Schutztechnik ist selektiv aufzubauen und Anlagenteile sind mit einer eigenen Sicherung auszustatten. Insbesondere ist darauf zu achten, dass die relevante Kurzschlussleistung im Inselnetzbetrieb zur Verfügung steht. Die Regelung eines Micro Grids erfolgt zunehmend digital, jedoch muss im Sinne der Rückfallsicherheit die Grundversorgung auch bei einem Ausfall der digitalen Systeme gewährleistet sein. Daher empfiehlt es sich, digitale Systeme vorrangig für die Optimierung des Energieflusses, für den Energiehandel und die automatisierte Abrechnung sowie zur Prognose von Last und Erzeugung einzusetzen.

Auslegung und Planung von Ladeinfrastruktur wurde im Leitfaden ebenfalls berücksichtigt. Es werden Handlungsempfehlungen hinsichtlich der zu errichtenden Ladepunkte abgegeben sowie in Bezug auf die Anschlussleistung und die Minimierung etwaig erforderlichen Netzausbaus. Überdies flossen die Erfahrungen aus dem laufenden Betrieb des Micro Grids des EUREF-Campus in die Formulierung von Handlungsempfehlungen in Bezug auf den Betrieb ein. Abschließend enthält der Leitfaden eine Wirtschaftlichkeitsbewertung für ein Micro Grid. Darin enthalten sind u.a. CAPEX und OPEX auf Basis marktüblicher Preise. In Abbildung 4 sind die Annuität und die Betriebskosten der Anlagen des Micro Smart Grids auf dem EUREF-Campus pro Jahr und für verschiedenen Preisniveaus abgebildet. Grundsätzlich gilt, Micro Grid wird dann wirtschaftlich betrieben, wenn die Erlöse aus den Geschäftsmodellen und möglichen Förderungen z.B. aus dem EEG die Kosten für die Errichtung und Betrieb übersteigen.

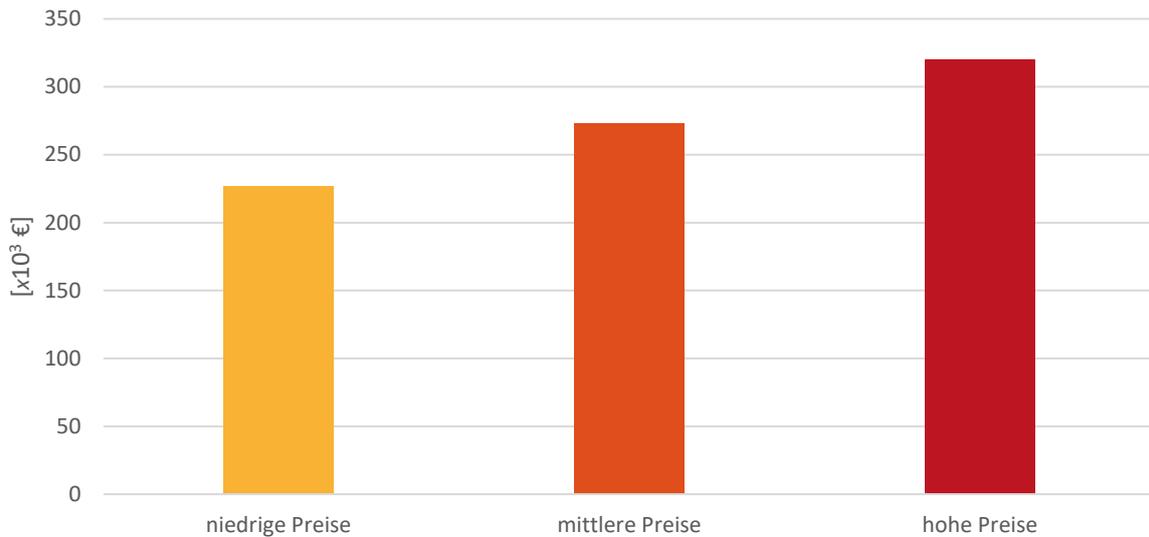


Abbildung 4: Annuität und Betriebskosten der Anlagen auf dem EUREF-Campus

Für die zweite Förderphase des Forschungscampus Mobility2Grid ist der Leitfaden in besonderer Weise wichtig, da dieser herangezogen werden kann für den Transfer der Forschungsergebnisse der ersten Förderphase in Bezug auf dezentrale und nachhaltige Energieversorgung über die Grenzen des EUREF-Campus hinaus.

Betriebsstrategien für das Micro Smart Grids mit stationärem Batteriespeicher

Zusammen mit der DB Energie hat Schneider Electric die Einbindung der Second-Life-Batterie in das Micro Smart Grid des EUREF-Campus Berlin erbracht. DB Energie übernahm v.a. Aufgaben der Netzanmeldung, des Installationsprozesses, des Messkonzepts und der Entwicklung von Betriebsstrategien. Die Installation und Anmeldung wurde im April 2019 durch die DB Energie abgeschlossen.

Bei der Second-Life-Batterie handelt es sich um ein System aus acht identischen Traktionsbatterien aus Elektrofahrzeugen, die zu einem Speichersystem zusammenschaltet wurden. Im Folgenden wird dieses Batteriesystem vereinfacht als Batterie im Sinne einer einzelnen Komponente des Micro Smart Grids bezeichnet. Tabelle 5 zeigt die technischen Daten der Second-Life-Batterie. Abbildung 5 zeigt die Arbeiten zu Installation und Anschluss.

Tabelle 5: Technische Daten der Second-Life-Batterie

| | |
|---|--|
| Nennkapazität brutto (BoL) davon nutzbar | 8 x 25 Ah = 200 Ah 8 x 21,25 Ah = 170 Ah |
| Energieinhalt brutto (BoL) davon nutzbar | 8 x 8,7 kWh = 69,5 kWh 8 x 7,5 kWh = 60 kWh |
| Max. Lade- bzw. Entladestrom | 170 A (=1C) |
| Nennspannung | 353 V |
| Entladeschlussspannung (Spannung bei 0 % SOC) | 298 V |
| Ladeschlussspannung (Spannung bei 100 % SOC) | 395 V |



Abbildung 5: Einbau der Wechselrichter (links), der Traktionsbatterien (mitte) und Schutzwände aus Glas (rechts)

Der Einsatz von Second-Life-Batterien ist insofern besonders, da es sich dabei um gebrauchte Batterien handelt, die den Anforderungen von Elektrofahrzeugen vor allem im Hinblick auf die Entladekapazität nicht mehr entsprechen. Die Erforschung derartiger Systeme hat eine hohe Relevanz, da diese Batterien nicht als Entsorgungsprodukt anzusehen sind, sondern beispielsweise in stationären Anwendungen weiterhin nutzbringend betrieben werden können. Einerseits gilt dies umso mehr, je höher die Anzahl batteriebetriebener Fahrzeuge im Verkehrssystem ist und somit die Verfügbarkeit von Second-Life-Batterien steigt. Andererseits steigt die Nachfrage nach stationären Batteriespeichersystemen im Zuge der Energiewende. Ziel des Q.2.2 in Bezug auf Second-Life-Batterien ist die Erforschung des technischen Verhaltens derartiger Energiespeicher sowie deren Wirtschaftlichkeit in der Anwendung in Micro Grids. Zu diesem Zweck wurden für die Einbindung der Second-Life-Batterie drei relevante Dimensionen identifiziert. Zum einen gibt es die Dimension der Betriebsmittel, bestehend aus der Batterie an sich und dem Wechselrichter. Die Dimension der Algorithmen zur Steuerung unterscheidet zwischen prognosebasierten und regelbasierten Systemen. Als Zieldimension wurden die Optimierung der Eigenversorgung, Peak Shaving und die Bereitstellung von Regelleistung definiert. In Tabelle 6 ist eine Übersicht der Dimensionen dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht der Dimensionen und der Ziele des stationären Batteriespeichers

| Stationäre Speicher | | |
|--|---|--|
| <p>Betriebsmittel</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Batterien ▪ Wechselrichter  | <p>Algorithmen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prognosebasiert ▪ Regelbasiert  | <p>Ziele</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eigenversorgung ▪ Peak Shaving ▪ Regelleistung  |

Die Entwicklung der Algorithmen sowie der Ziele Eigenversorgung, Peak Shaving und Regelleistung in Bezug auf die Betriebsstrategie des Micro Smart Grids mit einem stationären Speicher wurden von DB Energie durchgeführt.

Um die Eignung der eingebundenen Second-Life-Batterie im Hinblick auf verschiedene Betriebsstrategien festzustellen, ist die Kenntnis der Leistungsparameter, insbesondere der nutzbaren Kapazität der Second-Life-Batterie von hoher Bedeutung. In Bezug auf die Kapazität einer Batterie gibt der sog. Alterungszustand (SOH, engl. *State of Health*) einer Batterie Aufschluss darüber, wie weit die Alterung vorangeschritten ist. Der SOH wird durch folgenden Zusammenhang beschrieben, wobei C_{Remain} die nutzbare Restkapazität darstellt und C_{BoL} die ursprüngliche Kapazität zu *Begin of Life* (BoL), welche dem Datenblatt der Batterie entnommen werden kann. Der SOH wird häufig in Prozent angegeben.

$$SOH = \frac{C_{\text{Remain}}}{C_{\text{BoL}}}$$

Zum Zwecke der Bestimmung des SOH wurde im März 2020 ein statischer Kapazitätstest geplant und durchgeführt. Es wurde ein Testprotokoll entwickelt, mit dem die Batterie aus dem vollständig geladenen Zustand vollständig entladen wird. Dabei wird der Entladestrom mittels Amperestunden-Zählung (Ah-Zählung) gemessen. Das Testprotokoll umfasst eine vollständige ad hoc Entladung. Diese erste Entladung ist nicht kritisch im Sinne der Ah-Zählung. Im Anschluss daran wird die Batterie mit dem CCCV-Ladeverfahren (*Constant Current Constant Voltage*) und einer konstanten C-Rate von $C/3 - C/2$ geladen (*CC - Constant Current*).⁹ Ist die Ladeschlussspannung erreicht, wird diese konstant gehalten und der Ladestrom nimmt ent-

⁹ Die C-Rate gibt Auskunft über die Stromstärke, mit der die Batterie be- oder entladen wird. Ein Entladestrom von 1 C bedeutet, dass die Batterie innerhalb von einer Stunde vollständig entladen ist. Ein Entladestrom von C/2 C gibt an, dass die Batterie innerhalb von zwei Stunden vollständig entladen ist.

sprechend ab ($CV - Constant Voltage$). Die Ladung wird als beendet angesehen, wenn der Ladestrom $C/50$ erreicht oder nach zwei Stunden. Die Batterie wird nun konstant mit $C/3$ entladen, bis die Entladeschlussspannung erreicht ist. Diese Entladung wird aufgezeichnet und ist somit kritisch im Sinne der Ah-Zählung. Die entladene Strommenge in Ah ist die nutzbare Restkapazität C_{Remain} .

Die einzelnen Entladeströme der Traktionsbatterien können jedoch nicht individuell eingestellt werden. Stattdessen erfolgt die Steuerung über ein zentrales Batteriemanagementsystem (BMS), wobei lediglich die Entladeleistung der gesamten Batterie eingestellt werden kann. Die Konstanz des Entladestroms kann ohne zusätzliche Vorkehrungen nicht gewährleistet werden. Aus diesem Grund wurde ein geschlossener Regelkreis implementiert, welcher den Entladestrom innerhalb eines bestimmten Toleranzbereichs konstant hält. Führungsgröße ist dabei der konstante Entladestrom. Stellgröße ist die Entladeleistung, die dem zentralen BMS übergeben wird, welches wiederum den Entladestrom der einzelnen Traktionsbatterien bestimmt. Diese Entladeströme werden gemessen und mit der Führungsgröße abgeglichen. Durch den Regler wird die Entladeleistung derart angepasst, dass die Entladeströme bestmöglich konstant sind. Erste Messungen haben gezeigt, dass sich die Entladeströme innerhalb einer Toleranz von $\pm 5\%$ konstant halten lassen. In Abbildung 6 sind die Ergebnisse einer ersten Messung der Entladekapazitäten dargestellt. Demnach liegt der SOH der einzelnen Traktionsbatterien zwischen 70 % und 80 %. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Alterung der einzelnen Traktionsbatterien z.T. bereits weit fortgeschritten ist.

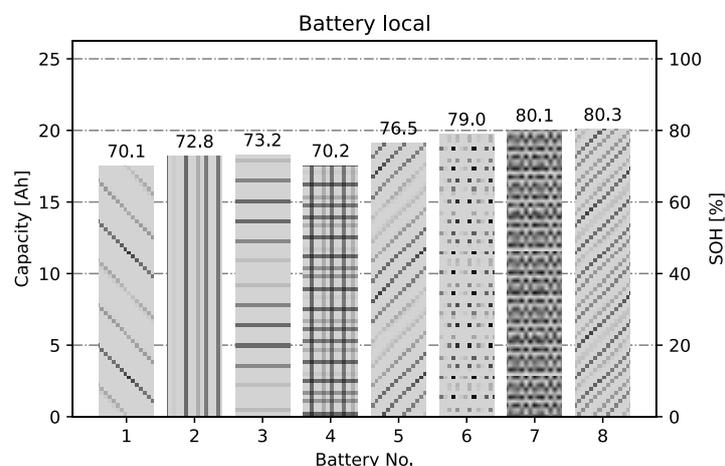


Abbildung 6: Erste Abschätzung der Restkapazitäten und SOH der Traktionsbatterien

Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messung wurde allerdings als nicht hinreichend angesehen, sodass diese im 2. Halbjahr 2020 planmäßig weiter verbessert werden sollten. Die Entladungen im Sinne der Kapazitätsmessung konnten jedoch nicht ohne weiteres durchgeführt werden. Hintergrund sind regulatorische Rahmenbedingungen des EEG und veraltete Messkonzepte zur Einspeisung von Energie aus derartigen Batteriespeichern in das öffentliche Verteilnetz. Übergeordnetes Ziel ist es automatisierte und regelmäßige Kapazitätstests durchzuführen, um den Verlauf des Alterungszustands der Second-Life-Batterie im netzgebundenen Zustand über einen längeren Zeitraum zu untersuchen.

Die bisherigen Untersuchungen flossen in einen Abstract ein, welcher auf der Konferenz *Renewable Energy Sources – Research and Business (RESRB) 2020* eingereicht und angenommen wurde. Auf Basis der geplanten Langzeitmessung des Alterungszustand der Second-Life-Batterie war ein wissenschaftliches Papier geplant, mit dem Ziel, eine einfache Methode zur Bestimmung des Alterungszustandes von netzgebunden Batteriesystemen darzustellen. Aufgrund der angeführten Probleme in Bezug auf Entladungstests liegen bislang keine verwertbaren Daten vor.

Einbindung nachhaltiger Mobilität in urbane Micro Grids

Zu den Herausforderungen im Hinblick auf die Einbindung elektromobiler Fahrzeuge in Micro Smart Grid-Strukturen gehört u.a. die netzseitige Steuerung von Ladeprozessen. Übergeordnetes Ziel ist es, Elektrofahrzeuge mit Strom aus erneuerbaren Quellen zu versorgen und somit tatsächliches emissionsfreies Fahren zu ermöglichen. Ein Micro Smart Grid mit einem hohen Anteil entsprechender dezentraler Erzeugungskapazität ermöglicht dieses Ziel, indem es die generierte Energie zum richtigen Zeitpunkt für den Ladevorgang zur Verfügung stellt. Voraussetzung dafür ist neben den technischen Anlagen wie PV-Anlagen und stationäre Stromspeicher eine Betriebsstrategie zur Steuerung des Energieflusses im Micro Smart Grid. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Arbeitspakets Strategien für einen effizienten und zuverlässigen Betrieb des Micro Smart Grid mit stationären Batteriespeicher und einem hohen Anteil von Elektrofahrzeugen erforscht und entwickelt. Die Ergebnisse dieser Arbeiten flossen in ein wissenschaftliches Papier ein, welches unter dem Titel *Real-world Application of Sustainable Mobility in Urban Micro Smart Grids* auf der *3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST) 2020* im September 2020 präsentiert wurde. Das Papier wurde für den Best Paper Award nominiert und wird über IEEE veröffentlicht werden.

Gegenstand der Untersuchung waren die Betriebsstrategien Erhöhung der Eigenversorgung sowie Lastmanagement unter Berücksichtigung von Elektrofahrzeugen im Micro Smart Grid des EUREF-Campus. Das Papier wurde in Zusammenarbeit mit DB Energie und dem Fachgebiet SENSE der TU Berlin verfasst. Es wurde ein regelbasierter Algorithmus zur Erhöhung der Eigenversorgung von DB Energie entwickelt, welche durch Schneider Electric in einer SCADA-Umgebung implementiert worden ist. Die Untersuchungen beschränken sich auf den Zeitraum von Januar 2017 bis Dezember 2019. Als Kriterien zur Bewertung der Betriebsstrategien wurde die Autarkierate a und die Eigenverbrauchsrate s herangezogen. Es wurden drei Szenarien untersucht:

- Minimale Eigenversorgung auf Basis realer Messdaten des Micro Smart Grid ohne Batteriespeicher (Abkürzung *min*)
- Tatsächliche Eigenversorgung auf Basis realer Messdaten des Micro Smart Grid mit tatsächlichem Batteriespeicher unter realen Betriebsbedingungen (Abkürzung *ach*)
- Maximale Eigenversorgung auf Basis realer Messdaten des Micro Smart Grid und simuliertem Batteriespeicher unter idealen Betriebsbedingungen (Abkürzung *max*)

Tabelle 7 zeigt die ermittelten Durchschnittswerte der Autarkierate a und Eigenverbrauchsrate s im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2019.

Tabelle 7: Durchschnittswerte der Autarkierate und Eigenverbrauchsrate im Beobachtungszeitraum 2017 bis 2019

| Jahr | Autarkierate [%] | | | Eigenverbrauchsrate [%] | | |
|------|------------------|------------------|------------|-------------------------|------------------|------------|
| | a_{\min} | a_{ach} | a_{\max} | s_{\min} | s_{ach} | s_{\max} |
| 2017 | 40,93 | 47,88 | 60,93 | 31,90 | 38,51 | 57,48 |
| 2018 | 37,41 | 41,48 | 67,80 | 19,72 | 19,92 | 50,99 |
| 2019 | 35,59 | 37,76 | 66,36 | 26,30 | 27,96 | 61,25 |

Der Vergleich dieser Werte zeigt, dass durch den Einsatz einer Batterie signifikante Verbesserungen erzielt werden können. In diesem Zusammenhang ist die Leistung des Batteriesystems von größerer Bedeutung als die Kapazität. Abbildung 7 zeigt das Ergebnis einer Simulation auf Basis realer Messdaten und einem idealen Batteriespeicher hinsichtlich der Autarkierate bzw. Eigenverbrauchsrate. Hintergrund ist, dass es zu Zeitintervallen kommen kann, in denen viel Energie aus der PV-Anlage zur Verfügung steht. Ein Batteriesystem mit einer entsprechend hohen Leistung ist besser in der Lage diese überschüssige Energie kurzfristig aufzunehmen als ein System mit niedriger Leistung. Ausschlaggebend ist dabei auch die Leistung des Wechselrichters.

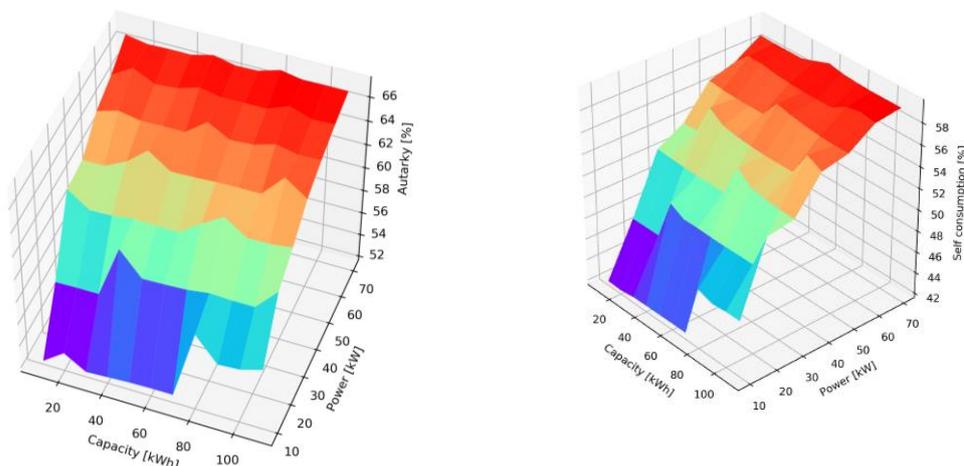


Abbildung 7: Durchschnittliche Autarkierate (links), Durchschnittliche Eigenverbrauchsrate (rechts) in Abhängigkeit von Kapazität und Leistung einer stationären Batterie in einem Micro Grid

II.1.3 Q.3 Demonstration der Forschungsergebnisse

Die Demonstration der Forschungsergebnisse war wesentlicher Bestandteil des QF7. Auf dem EUREF-Campus wurde der Forschungscampus Mobility2Grid insbesondere durch die zee-Mobase öffentlichkeitswirksam dargestellt. Als zentrale Anlaufstelle für Besucher diente sie

als „Fenster in das Projekt Mobility2Grid“. Die Tätigkeiten im Rahmen von Q 3 sind nachfolgend beschrieben.

II.1.3.1 Installation Parksensarik

Teil der Verwertung war die Optimierung der Parkplatzbewirtschaftung auf dem Campus. Diese Arbeiten waren Bestandteil des Meilensteines 8 „Ausstattung von Parkplätzen mit Sensorik“. Untersuchungsgegenstand war die Verbesserung der aktuellen Parkplatzsituation sowie der Zufriedenheit der Nutzer mittels Sensorik.

Dazu wurden 14 Parkplätze mit Sensorik ausgestattet, um die Belegung des Parkplatzes anzuzeigen. Sechs der Sensoren befinden sich in Car Sharing Station (CSS) 1, sechs weitere in der Tiefgarage und zwei in CSS 2. Abbildung 8 zeigt beispielhaft die Parkplätze der zeeMobase. Zu erkennen sind die Parkplätze mit und ohne Sensorik. Die grünen Punkte zeigen an, ob ein Parkplatz zu dem Zeitpunkt frei ist. Ein belegter Parkplatz ist mit einem roten Punkt gekennzeichnet.

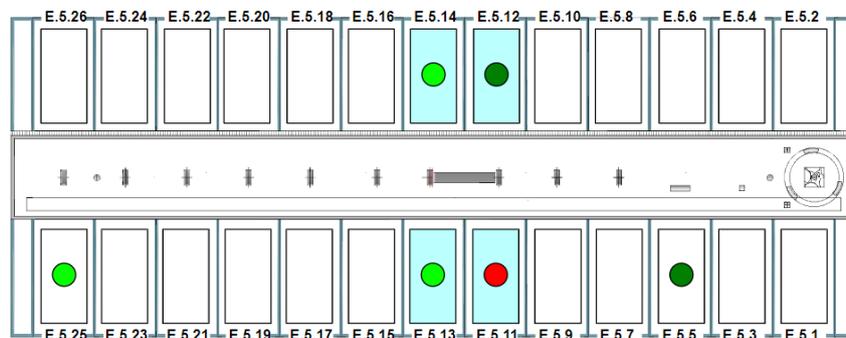


Abbildung 8: Parkplätze mit Sensorik in der zeeMobase

Diese Sensorik kann die Parkplatzsituation insofern optimieren, als dass Besucher schneller einen freien Parkplatz finden und Parkverbotszonen somit besser respektiert werden. Zudem wird die Flächenausnutzung verbessert bzw. die Anzahl der Parkplätze kann reduziert werden, da durch die Sensorik gezieltes Parken ermöglicht wird. Parkflächen werden schneller wieder belegt. Für das Parkraummanagement ergeben sich dadurch Geschäftspotenziale u.a. durch geringere Investitionskosten etwa durch eine geringe Anzahl an Parkplätzen. Außerdem ergibt sich die Möglichkeit der Untervermietung. Dauermieter von Parkplätzen können ungenutzte Parkplätze untervermieten. Das ist ökonomisch effizient, denn im Vergleich zu monatlichen Ankermietern können Parkplätze nach tatsächlicher Auslastung pro Minute vermietet werden.

II.1.3.2 Führungen

Schneider Electric bezog die zeeMobase aktiv in die Demonstrationsaktivitäten mit ein. Es wurden mehrere nationale und internationale Besuchergruppen im Rahmen einer Führung begleitet. Abbildung 9 zeigt Impressionen einer derartigen Begehung.



Abbildung 9: Impressionen von Führungen auf dem EUREF-Campus

Die Projektpartner wurden im Berichtszeitraum aufgefordert aktuelle Inhalte und Ergebnisse zur Demonstration der einzelnen Themenfelder einzureichen. Die Präsentation wurden als Video aufbereitet und auf dem SCADA-Bildschirm in der zeeMobase zur Verfügung gestellt und dort im Rahmen der Führungen gezeigt. Leider konnten das Video nicht oft gezeigt werden, da aufgrund der Corona-Pandemie viele Veranstaltungen ab Q2 abgesagt wurden.

II.1.3.3 Demonstrator-Tisch zur Visualisierung der Forschungsergebnisse

In der zeeMobase befindet sich ein Demonstrator-Tisch zur Visualisierung der Forschungsergebnisse und Wirkweisen des Micro Smart Grids. Dieser „Micro-Smart-Grid-Tisch“ (MSG-Tisch) erwies sich aufgrund der Einsatzdauer als nicht mehr zuverlässig. Zudem haben sich die zu demonstrierenden Inhalte weiterentwickelt. Daher wurde im Berichtszeitraum die Anschaffung eines neuen Tisches beschlossen.

Mit dem neuen Demonstrator-Tisch wird die Möglichkeit der Kommunikation der Forschungsinhalte über alle Themenfelder hinweg verbessert. Es lassen sich unterschiedliche Szenarien des Energiesystems darstellen, wobei sämtliche Anlagen und Komponenten des Micro Smart Grids sowie vorgelagerte Systeme integriert sind. Auf der Oberfläche des Demonstrator-Tisch werden die Funktionsweisen der einzelnen Anlagen und Komponenten je nach Anwendungsfall einfach visualisiert. Anhand dessen lassen sich die Forschungsinhalte von Mobility2Grid sowie die weiteren Zusammenhänge des Energiesystems anschaulich erklären. Abbildung 10 zeigt exemplarisch die Art und Weise, wie die Inhalte auf dem MSG-Tisch dargestellt werden. Die Auswahl und Gestaltung der Inhalte fand in Abstimmung zwischen der DB Energie, Schneider Electric und der Geschäftsstelle von Mobility2Grid statt.

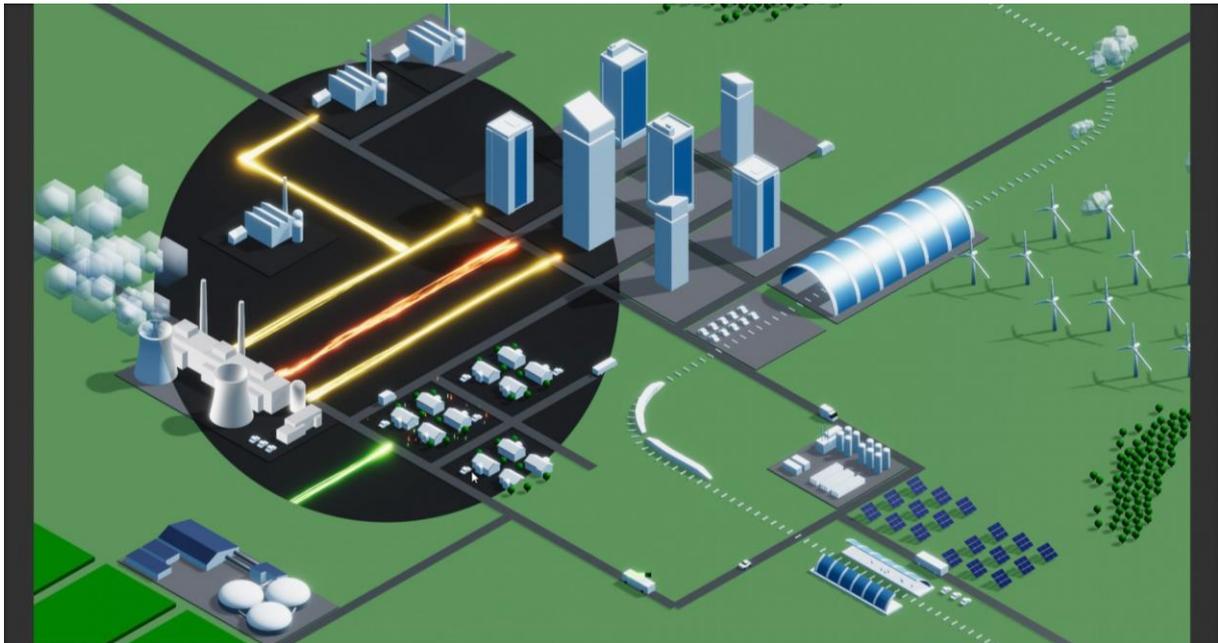


Abbildung 10: Beispielhafte Veranschaulichung der Inhalte des Micro-Smart-Grid-Tisches

II.2 Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Über den 2-Jahres-Zeitraum konnten die zur Verfügung gestellten Mittel gänzlich genutzt werden. Die Aufteilung der Mittel auf die verschiedenen Positionen ist in der unteren Tabelle zu erkennen.

Tabelle 7: Kostenentwicklung des 2-Jahres-Zeitraums

| Projektpartner | PMs | Gesamtkosten | Personalkosten | Materialkosten | Reisekosten |
|--------------------|-----|--------------|----------------|----------------|-------------|
| Schneider Electric | 20 | 235.453,35 € | 175.553,35 € | 59.900 € | - |

Vergabe von Aufträgen an Dritte

- Garamantis Auftrag für 29.900 €

Anschaffung eines neuen Demonstrator-Tisches (Micro-Smart-Grid-Tisch) zur Verbesserung der Kommunikation der Forschungsinhalte; Nutzer haben die Möglichkeiten die Inhalte des Forschungscampus in spielerischer Art und Weise zu erleben

- Grid&Co Auftrag für 30.000 €

Entwicklung eines Authentifizierungs- und Abrechnungssystems, welches auf die besonderen Gegebenheiten des EUREF-Campus angepasst ist

Reisekosten & Teilnahme an Tagungen

Keine Kosten

Kosten für Konferenzen, Tagungen

Keine Kosten

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Anwendung von Micro Grids als Teil der Energie- und Verkehrswende v.a. im urbanen Raum ist bislang noch nicht weit verbreitet. Dies ist u.a. zurückzuführen auf unzureichende technische, ökonomische und regulatorische Konzepte. Daher war und ist die geleistete Arbeit aus Sicht des Zuwendungsempfängers notwendig und angemessen. Die erzielten Ergebnisse von Mobility2Grid bestätigen die technische, ökonomische und regulatorische Machbarkeit der Energie- und Verkehrswende im urbanen Raum und liefern funktionsfähige Lösungen und Konzepte für deren Umsetzung. Somit leistet Mobility2Grid einen wichtigen Beitrag für die nachhaltige Transformation.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Die Erkenntnisse im Hinblick auf das technische und betriebliche Management der Forschungsanlagen, und in diesem Zusammenhang des Micro Smart Grids des EUREF-Campus Berlin sowie der Ladeinfrastruktur, können vielfältig weiterverwendet werden. Die Forschungserkenntnisse fließen in die Geschäftstätigkeiten sowohl von Schneider Electric als auch von inno2grid ein. Produkte und Lösungen, die auf Basis der Forschungsergebnisse in den o.g. Verwertungsworkshop entwickelt worden sind, finden weiterhin Anwendung bzw. werden weiterentwickelt.

Die themenfeldübergreifenden Forschungsergebnisse der ersten Förderphase von Mobility2Grid fließen zudem maßgeblich in die zweite Förderphase ein. Dabei werden Forschungsansätze weiterentwickelt, neue Forschungsfragen definiert und neue Akteure hinzugefügt.

II.5 Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen

Dem Zuwendungsempfänger sind während der o.g. Laufzeit (05/2019 – 12/2020) des Projekts keine Fortschritte auf dem Gebiet der Forschung durch andere Stellen bekannt geworden.

II.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Im Rahmen des QF7 wurden im Berichtszeitraum folgende wissenschaftliche Arbeiten angefertigt.

Masterarbeiten

- *Business Analysis of "Second-life Electric Vehicle Battery" as a Stationary Storage:* In dieser Arbeit wird untersucht, ob und inwiefern sich Second-Life-Batterien zur Erhöhung des Eigenverbrauchs von Strom aus dezentralen PV-Anlagen in Bürogebäuden über ein Geschäftsmodell „Speicherung als Dienstleistung“ wirtschaftlich einsetzen lassen. Die Studie wurde vor dem Hintergrund des zunehmenden Trends der direkten

"privaten" Stromversorgung innerhalb eines (Gewerbe-)Gebiets ohne die Nutzung eines öffentlichen Netzes verfasst.

- *Increasing Autarky through Bidirectional Charging in Microgrids with Renewable Energy Resources:* In dieser Arbeit wird die Wirkung des bidirektionalen Ladens im Kontext von Microgrids mittels Modelbildung analysiert.
- *Analysis of the Energy Consumption of Data Transmission: An Investigation of the ICT-Layer in a Smart Grid:* Diese Arbeit beschäftigt sich mit Energieeffizienzpotenzialen in Smart Grids. Optimierungsansätze wie Software-defined Networking und kommunikationstechnische Verbesserungen werden näher erläutert. Des Weiteren werden Korrelationsanalysen zwischen der Datenübertragungsrate, der Temperatur und dem Energieverbrauch der Netzwerkinfrastruktur und einer zentralen Recheneinheit durchgeführt.

Wissenschaftliche Arbeiten (zur Veröffentlichung eingereicht / Veröffentlichung ausstehend)

- Real-world Application of Sustainable Mobility in Urban Micro Smart Grids
- Experiences with Product Development Methodology in the Public-Private Research Campus Mobility2Grid