



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Abschlussbericht der ENTEGA AG für das Forschungsprojekt „Flex4Energy“

**Flexibilitätsmanagement für die Energieversorgung der Zukunft
Teilvorhaben: Implementierung**

Projektfinanzierung:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Förderkennzeichen:

0325780D

Projektlaufzeit:

01.04.2015 – 31.03.2018

Projektförderung:

389.681 €

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Bernhard Fenn

Tel.: 06151-701 8030

Fax: 06151-701 8039

E-Mail: bernhard.fenn@entega.ag

Autoren des Abschlussberichts:

Dipl.-Ing. Bernhard Fenn

MBA B.Eng. David Petermann

Kerstin Lerchl-Mitsch

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Hinweise zum Sprachgebrauch

Bei Personen- und Berufsbezeichnungen werden aus Gründen der besseren Lesbarkeit nicht durchgehend beide Geschlechterformen verwendet (z.B. Teilnehmerinnen und Teilnehmer). Die Verwendung nur einer Geschlechterform schließt selbstverständlich die andere mit ein.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns beim Fördergeber, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, für die finanzielle Unterstützung zur Durchführung dieses Forschungsprojektes bedanken.

Besonderer Dank gilt außerdem den Projektpartnern, die durch die gute und konstruktive Zusammenarbeit dazu beigetragen haben, dass eine stets produktive Arbeitsweise möglich war und die gesteckten Projektziele erreicht werden konnten.

1	Kurze Darstellung zu	3
1.1	Aufgaben und Zielen des Teilprojektes	3
1.2.	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	6
1.3.	Planung und Ablauf des Vorhabens	8
1.4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	15
1.5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	16
2	Eingehende Darstellung zu	17
2.1	Verwendung der Zuwendung, Zielen und Ergebnissen.....	17
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	27
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit.....	27
2.4	Voraussichtlicher Nutzen.....	28
2.4.1	Primäre Anwendung des Quartierspeichers zur Eigenverbrauchsoptimierung für Kunden.....	28
2.4.2	Sekundäre Vermarktung des Quartierspeichers auf regionalem Marktplatz	29
2.4.3	Tertiäre Vermarktung des Quartierspeichers auf überregionalem Marktplatz (z.B. EEX)	31
2.5	Fortschritte anderer Stellen	31
2.6	Erfolgte Veröffentlichungen	32

1 Kurze Darstellung zu

1.1 Aufgaben und Zielen des Teilprojektes

Die Energiewende findet in den Verteilnetzen statt. Darüber sind sich die meisten Energieexperten inzwischen einig. Das zeigen auch die Diskussionen und daraus resultierenden Veröffentlichungen der Branchenverbände VKU und BDEW. Neben allen energiepolitischen Diskussionen und Aktivitäten der verschiedenen Lobbygruppen gilt es aber vor allem, den Endverbraucher und Kunden mitzunehmen auf der Reise zur Energieversorgung der Zukunft.

Bereits seit 2008 beschäftigt sich die ENTEGA AG als der führende Energiedienstleister in Südhessen und einer der großen Regionalversorger in Deutschland intensiv mit verschiedenen Forschungsprojekten für die zukünftige Energieversorgung, in der die intelligenten Verteilnetze, die Smart Grids, eine entscheidende Rolle spielen. Neben dem Aufbau eines virtuellen Kraftwerks (im folgenden Flexibilitätmanager genannt), verschiedener steuerbarer Erzeuger, abschaltbarer Verbraucher und Elektromobilität sind auch stationäre Batteriespeicher wesentliche Bestandteile dieser Projekte. Dabei wird besonderer Wert darauf gelegt, dass im Rahmen der praktischen Umsetzungen der Projekte Anlagentechnik eingesetzt wird, die als Anschauungsobjekte genutzt werden und die allen Interessierten zugänglich sind. Durch solche praktischen im wahrsten Sinne des Wortes begreifbaren Installationen wird die Energiewende für jedermann erlebbar. Eine solche „Pilgerstätte“ für die Energiewende ist im Rahmen des Forschungsprojektes Flex4Energy in der sogenannten Solarsiedlung in Groß-Umstadt entstanden.



Abbildung 1: Solarsiedlung "Am Umstädter Bruch" in Groß Umstadt

Im Bebauungsplan für dieses Neubaugebiet hatte die Stadt Groß-Umstadt bereits sehr früh festgelegt, dass bei der Errichtung eines Wohngebäudes eine Anlage zur Erzeugung, Nutzung und Speicherung von Strom gebaut werden muss. Das bedeutet, dass sich die Bauherren der insgesamt 82 Baugrundstücke alle mit

Photovoltaikanlagen und Speichern auseinanderzusetzen hatten. Neben der Möglichkeit, sich individuelle Kleinspeicher im eigenen Gebäude zu installieren, bot die ENTEGA allen Bauherren an, sich im Rahmen des Forschungsprojektes Flex4Energy an einem Quartierspeicher zu beteiligen, um für sich und das neue Wohngebäude erst einmal unverbindlich Erfahrungen mit einem Batteriespeicher zu sammeln. Diese Möglichkeit nahmen die meisten Bauherren auch dankend an. Neben der kostenlosen Teilnahme an einem Forschungsprojekt waren die Hauptargumente, dass sich die Bauherren erst einmal unverbindlich mit dem Thema Speicher auseinandersetzen und für ihr neues Wohnhaus Erfahrungen bzgl. des benötigten Speicherbedarfs sammeln konnten. Außerdem wollten sich viele Bauherren einerseits aus Platzgründen, andererseits um die Brandlast im Gebäude zu reduzieren, vorerst keinen eigenen Kleinspeicher ins eigene Haus stellen. Auch um die Fernwirkanbindung und Wartung des Speichers möchten die meisten Kunden sich nicht selbst kümmern. Natürlich besteht bei einigen Bauherren auch die Hoffnung, dass die Speicherpreise zukünftig deutlich sinken werden.

Als Quartierspeicher wurde ein Lithium-Ionen-Speicher-Container mit folgenden Eckdaten im Baugebiet installiert:

- Leistung 250 KW
- Energie 115kWh, je nach Baufortschritt bis auf 805kWh erweiterbar
- Gewicht 11t
- Abmessungen ca. 2,5 m x 6 m



Abbildung 2: Quartierspeicher in der Solarsiedlung Groß-Umstadt



Abbildung 3: Blick in das Innere des Quartierspeichers

Der ENTEGA-Konzern beteiligte sich im Projekt „Flex4Energy“ als Energiedienstleister und Netzbetreiber.

Neben der Weiterentwicklung der bestehenden Infrastruktur aus den vorangegangenen Projekten Web2Energy, Well2Wheel und Solver war es für die ENTEGA ein wesentliches Ziel, die technische Machbarkeit eines Flexibilitätsmanagers nachzuweisen sowie für zukünftige Geschäftsmodelle die qualitative Bewertung des Wirtschaftlichkeitspotentials des Flexibilitätsmanagers auf der Verteilnetzebene zu ermitteln.

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit erfolgte sowohl im Rahmen des bestehenden Regulierungsregimes als auch für die nötige Weiterentwicklung eines zukünftigen Regulierungsrahmens, um hierfür Empfehlungen zu erarbeiten.

Als Netzbetreiber war die ENTEGA in nahezu allen Arbeitspaketen vertreten, da die Umsetzung des Projektes im Netzgebiet der ENTEGA erfolgte. Ein Ziel des Projektes war es daher, die theoretischen Erkenntnisse aus den ersten Arbeitspaketen praktisch umzusetzen und so einen Nachweis zur Machbarkeit zu erbringen oder ggf. die Risiken zu erkennen.

In den Projekten Web2Energy und SolVer wurden bereits diverse Batteriespeicher in den Flexibilitätsmanager der ENTEGA integriert und die entsprechende Infrastruktur aufgebaut, die die Grundlage für Flex4Energy darstellte. Weitere Flexibilitätsanlagen sollten im Rahmen von Flex4Energy in den Flexibilitätsmanager der ENTEGA integriert werden.

Im Rahmen des Vorhabens wurden mit der Entwicklung eines Flexibilitätsmanagers zwei Ziele verfolgt:

- Der Flexibilitätsmanager bündelt dezentral verteilte Flexibilitätspotentiale und bietet diese zur Weitervermarktung an. Die damit erzielbaren Einnahmen kommen den Bereitstellern der Flexibilität zugute und können dort die Refinanzierung der eingesetzten Anlagen unterstützen. Ein Speichersystem, das in einem Gewerbebetrieb zur Pufferung von Lastspitzen eingesetzt wird, bleibt z.B. die meiste Zeit ungenutzt. In den aufgrund der Produktionsplanung meist bekannten Leerlaufzeiten kann das System prinzipiell anderweitig genutzt werden, z. B. im überregionalen Regelleistungsmarkt oder in einem regionalen Energiemarkt. Der Betreiber des Speichersystems ist aber häufig aufgrund der unpassenden Dimensionierung des Systems oder fehlender Kompetenz nicht in der Lage, diese Zweitnutzung selbst zu übernehmen. Diese Aufgabe kann an den Flexibilitätsmanager delegiert werden.
- Mit der zunehmenden Dezentralisierung der Energieerzeugung wird sich ein zellular aufgebautes Energiesystem etablieren, in dem auch die lokalen und regionalen Verteilnetze einen Beitrag zur Systemstabilität bringen müssen. Als Instrument eines Netzzellenbetreibers soll der Flexibilitätsmanager diesem die Möglichkeit bieten, unter Berücksichtigung der bestehenden Netztopologie Erzeugung und Verbrauch von Energie intern auszuregulieren, die physikalischen Abhängigkeiten lokal zu beherrschen und damit ungeplante starke Belastungen der Netze zu vermeiden.

Das Projekt Flex4Energy zeichnete sich durch hohe Innovation aus. Der dezentrale Ansatz für eine intelligente Energieversorgung der Zukunft (sog. Smart Grid) sowie der Nachweis zu dessen praktischer Umsetzung mit Hilfe von Flexibilitätsmanagern stand hier im Vordergrund.

1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben Flex4Energy wurde im Rahmen der Förderbekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zum 6. Energieforschungsprogramm „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ vom 13. Dezember 2011 beantragt. Im Wesentlichen adressierte es die förderpolitischen Ziele unter Punkt 3.7 der Bekanntmachung. Im Einzelnen wurden in dem Vorhaben Aspekte der Unterpunkte 3.7.2 sowie 3.7.4., 3.7.5 und 3.7.6 behandelt.

Das Projekt lief vom 01.04.2015 bis zum 31.03.2018 und umfasste ein Gesamtprojektvolumen in Höhe von 4.209.880 €

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bewilligte der ENTEGA als Projektförderung eine nicht rückzahlbare Zuwendung in Höhe von 40% der tatsächlich entstehenden, aufgrund einer Nachkalkulation zu ermittelnden zuwendungsfähigen Selbstkosten, höchstens jedoch 389.681 €

Die im Vorhaben zusammen gekommenen Partner hatten bereits in vergangenen wie auch in parallel laufenden Forschungsprojekten erfolgreich und im engen Austausch miteinander zusammengearbeitet. Sie ergänzen sich mit ihren Kompetenzen, ohne sich zu überlappen und konnten so eine effektive Verwendung der beantragten Fördermittel sicherstellen. Ein enger Austausch zwischen den Projektpartnern fand sowohl im Rahmen von regelmäßigen Projekttreffen sowie Telefonkonferenzen als auch im bilateralen Austausch miteinander statt.

Im Umfeld des Vorhabens wurden die Mitglieder des Vereins StoREgio Energiespeichersysteme e.V. in die Arbeiten im Vorhaben einbezogen. Dies erfolgte im Rahmen regelmäßiger Fortschrittsberichte an die Vereinsmitglieder. Dieser Informationsaustausch unterstützt insbesondere die Verwertung der Ergebnisse des Vorhabens durch zusätzliche Implementierungen des Flexibilitätsmanagers bei anderen EVUs oder die temporäre Nutzung der mobilen Speichersysteme in Projekten der Vereinsmitglieder.

Nicht nur der VKU weist schon lange darauf hin, dass neben den bisherigen Kernaufgaben eines Verteilnetzbetreibers wie Messstellenbetrieb, Erstellung von Netzanschlüssen und Abrechnung sowie bedarfsgerechtem Netzausbau und sicherem Netzbetrieb zukünftig eine weitere Kernaufgabe auf die Verteilnetzebene zukommt. Durch die Trends und Treiber der Energiewende, wie die Flexibilisierung von Erzeugung und Verbrauch, den Zubau von regenerativen Erzeugungsanlagen und der Digitalisierung der Energiewirtschaft müssen die Verteilnetzbetreiber als weitere Kernaufgabe zunehmend mehr Beiträge für die Systemstabilität leisten.

Aktuelle Wirtschaftlichkeitsberechnungen legen nahe, dass Batteriespeicher möglichst häufig und für verschiedene Einsatzgebiete genutzt werden sollten. Im Rahmen des Forschungsprojektes Flex4Energy wurde deshalb der Quartierspeicher in Groß-Umstadt als Multi-Use-Flexibilität für drei Anwendungsgebiete bzw. Vermarktungsmöglichkeiten eingesetzt. Bei der primären Anwendung handelt es sich um die Eigenverbrauchsoptimierung der lokalen Prosumer, sekundäre Anwendung beinhaltet die Vermarktung am regionalen Marktplatz, z.B. zur Behebung von lokalen Engpässen, mit der tertiären Anwendung ist die Vermarktung an überregionalen Handelsmärkten gemeint.

1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Zuwendungsbescheid durch den Projektträger Jülich ging im März 2015 ein.

Das Kick-Off-Treffen fand am 07.04.2015 als Auftaktveranstaltung unter Beteiligung aller Projektpartner im TechnologieZentrum Ludwigshafen am Rhein GmbH (TLZ) statt. Inhaltlich spielte dabei besonders der Gesamtentwurf eines Kooperationsvertrages eine wesentliche Rolle. Der Entwurf wurde live durchgearbeitet und die Anregungen und Änderungsvorschläge der Anwesenden wurden eingearbeitet. Der neue Entwurf wurde den Partnern zeitnah zur juristischen Prüfung zugeschickt und in seiner finalen Version im Juli 2015 von allen Projektpartnern unterzeichnet und damit rechtsgültig abgeschlossen.

Weitere Tagespunkte während des Kick-Off-Treffens waren erste inhaltliche Schritte in den Arbeitspaketen, die Arbeits- und Projektorganisation (z.B. Dokumentationsplattform, Projektplanungstool, Projektwebsite, Terminplanung der Projekttreffen), die Planung eines Kick-Off-Treffens mit dem Projektträger sowie die Pressemitteilung zum Projektstart.

Während des weiteren Projektverlaufes fanden in regelmäßigen Abständen Projekttreffen, Workshops sowie bilaterale Gespräche zwischen einzelnen Projektpartnern, wie auch mehrere Kundenveranstaltungen mit den am Quartierspeicherprojekt in Groß-Umstadt beteiligten Kunden statt.

Die wesentlichen Veranstaltungen können nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 1: Schlüsselveranstaltungen im Projekt Flex4Energy

Veranstaltung	Datum
Kick-Off-Veranstaltung	07.04.2015
Projekttreffen	21.05.2015
Vorbereitungstreffen AP A1, B1	10.07.2015
Projekttreffen	15.07.2015
Flex4Energy AP A1, B1	29.07.2015
Treffen Sicherheit	03.09.2015
Projekttreffen	22.09.2015
Besprechung A1	02.10.2015
Workshop	12.10.2015
Projekttreffen	07.12.2015
Besprechung Projektfilm	12.02.2016
Projekttreffen	04.03.2016
Besprechung Film	07.03.2016
Aktualisierung Drehbuch	21.03.2016
Treffen bzgl. Prozesskette	06.04.2016
Besprechung Filmaufnahmen, Prozesskette, etc.	26.04.2016
Projekttreffen	07.06.2016
Teilprojekttreffen	30.06.2016
Einweihung Quartierspeicher Groß-Umstadt	09.09.2016
Projekttreffen	13.09.2016
Projekttreffen	01.12.2016
Besprechung Entega, SAG, StoREgio	02.12.2016
Abstimmung Folgeprojekt Flex4Energy	03.02.2017
Projekttreffen	24.03.2017
Kunden-Informationsveranstaltung	21.04.2018
Projekttreffen	29.05.2017
Teilprojekttreffen	04.09.2017
Projekttreffen	06.10.2017
Projekttreffen	13.11.2017
Kunden-Informationsveranstaltung	17.11.2017
Flex4Energy TelKo	24.11.2017
Projekttreffen	07.12.2017
Gesamttreffen mit Funktionsprüfung	19.01.2018
Projekttreffen	19.02.2018
Projekttreffen + Abschlussveranstaltung	16.03.2018

Im Neubaugebiet „Am Umstädter Bruch“ in Groß-Umstadt wurde im Rahmen des Projektes Flex4Energy ein Quartierspeicher installiert und als Teil einer Subzelle an das Energiemanagementsystem angeschlossen. Alle Haushalte des Neubaugebietes bekamen die Möglichkeit, sich kostenlos am Quartierspeicherprojekt zu beteiligen, indem sie ihre Haushalte an den Quartierspeicher anbinden lassen konnten. Der Quartierspeicher hatte die Aufgabe, das Überangebot von regional erzeugter Energie zwischen zu speichern und bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt wieder abzugeben. Während des gesamten Projektverlaufes wurden die ins Projekt eingebundenen Haushalte stets zeitnah und umfassend über für sie relevante Schritte informiert.

Im September 2016 wurde der Quartierspeicher in Groß-Umstadt aufgestellt und in Betrieb genommen. In Zusammenhang mit der Inbetriebnahme des Speichers fand für die Anwohner des Neubaugebietes eine Informationsveranstaltung statt, während der sie sich über die Möglichkeiten der Speichernutzung und über die Teilnahme am Forschungsprojekt Flex4Energy informieren konnten.

Insgesamt gab es drei Kundenveranstaltungen im Laufe des Projektes. Diese Veranstaltungen wurden von den Anwohnern und angehenden Bauherren gut angenommen.

Zur Einweihung des Quartierspeichers wurden alle Bauherren, der Bürgermeister der Stadt Groß-Umstadt sowie der zuständige Umweltbeauftragte eingeladen. Fragen der Bauherren zum Quartierspeicherprojekt konnten durch Mitarbeiter der ENTEGA direkt vor Ort beantwortet werden.



Abbildung 4: Einweihung Quartierspeicher

Die am Quartierspeicherprojekt beteiligten Kunden bekamen jeweils einen persönlichen Zugang zu einem Online-Kundenportal, in welchem sie jederzeit aktuelle persönliche Daten zu Erzeugung, Eigenverbrauch, Netzeinspeisung, Netzbezug und Autarkiegrad abfragen konnten.

Innerhalb der Kunden-Informationsveranstaltungen erhielten die Kunden Informationen über den allgemeinen Projektfortschritt, das Flexibilitätsmanagementsystem sowie Gesamtdaten des Neubaugebietes, mit denen sie ihre persönlichen Ergebnisse vergleichen konnten. Auch über die neuesten Forschungsergebnisse der Zukunft und wie sie davon profitieren können wurden die Kunden informiert. Jeder Teilnehmer erhielt in jeder Veranstaltung eine Mappe mit detaillierten Auswertungen sowie persönlichen Ergebnissen bezüglich seiner Energiebilanz. Die Veranstaltung wurde gut angenommen und unter anderem durch Vorträge des Bürgermeisters von Groß-Umstadt sowie des Vorstandes der ENTEGA AG bereichert.

Insgesamt wurden im Laufe des Forschungsprojektes 23 Haushalte an den Quartierspeicher angeschlossen.

Im April 2017 fand eine weitere Informationsveranstaltung für die am Forschungsprojekt teilnehmenden Haushalte statt. Die Teilnehmer erhielten wiederum aktualisierte Ergebnisse und Auswertungen ihrer persönlichen Energiebilanz, mit welchen die bereits in der Vorveranstaltung ausgehändigten Mappen ergänzt werden konnten. Aus diesen Unterlagen war für jeden Projektteilnehmer unter anderem der individuelle und monatlich errechnete Autarkiegrad ersichtlich.

Im Anschluss an die Veranstaltung bestand für die Bauherren die Möglichkeit, bei einem Imbiss die individuellen Auswertungen zu besprechen und sich mit anderen Bauherren auszutauschen.

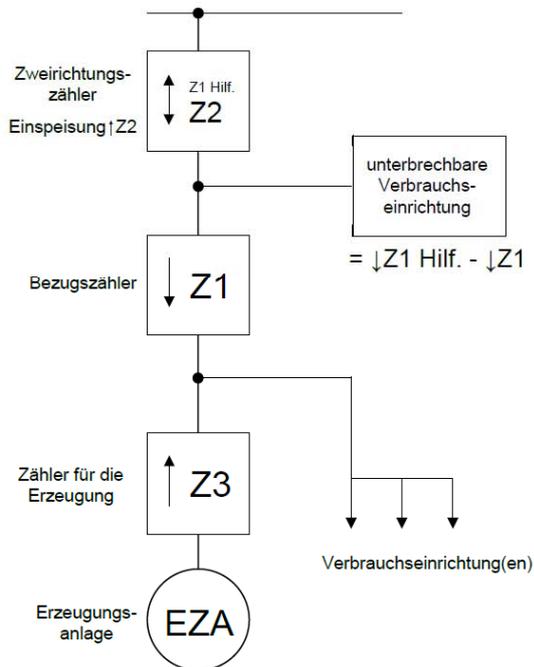


Abbildung 5: Kundenveranstaltung Neubaugebiet Groß-Umstadt

Bei den Bauherren der Solarsiedlung, die am Forschungsprojekt Flex4Energy teilnahmen und deren Häuser fertiggestellt waren, wurden beginnend ab Oktober 2016 fortlaufend die nötigen Zähler und Kommunikationseinrichtungen installiert.

Alle teilnehmenden Haushalte erhielten außer dem Zähler für die Photovoltaikanlage einen Zweirichtungszähler. Der eigenerzeugte Photovoltaikstrom wurde in der Regel zunächst selbst verbraucht. Überschüssiger Strom wurde in das Niederspannungsnetz eingespeist.

PV-Eigenverbrauch Haushalt und unterbrechbare Verbrauchseinrichtung - Messkonzept 2u



Anmerkung: Der Strombezug der unterbrechbaren Verbrauchseinrichtung wird über Differenzbildung ermittelt!

Abbildung 6: Angewendetes Messkonzept

Der Zähler Z3 misst ausschließlich die erzeugte Energie der Photovoltaikanlage (Erzeugungsanlage EZA). Der Bezugsmeter Z1 erfasst alle Verbräuche, inkl. Wärmepumpe, im Haushalt. Der Zähler Z2 ist als Übergabe zum öffentlichen Netz zu verstehen. Hier wird überschüssige Photovoltaikenergie oder bezogene Energie gemessen. Der eigenerzeugte Photovoltaikstrom wird in der Regel zunächst selbst verbraucht. Überschüssiger Strom wird entweder in einer Batterie gespeichert oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist (Netzeinspeisung). Die vom Netz bezogene und die ins Netz eingespeiste Energie wird dabei über einen Zähler (siehe Abbildung 6: Zweirichtungszähler Z2) registriert.

Gesamtsystem

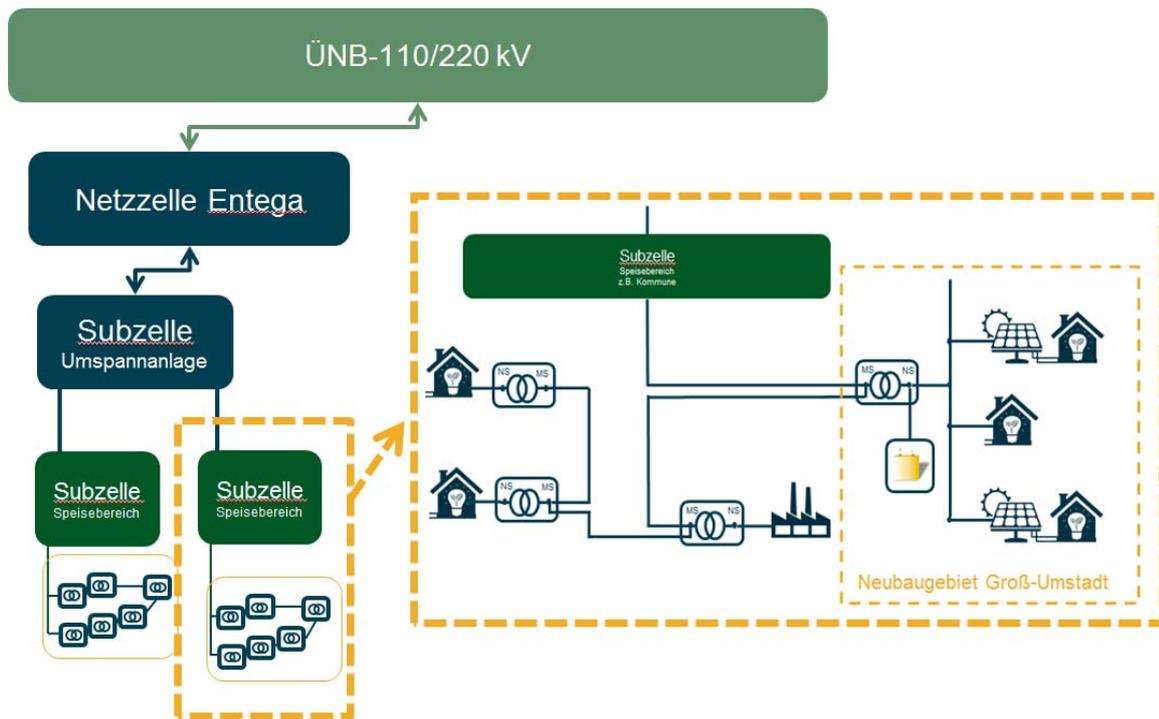


Abbildung 7: Topologische Einordnung des Neubaugebietes in Groß-Umstadt

Die vom Netz bezogene und die ins Netz eingespeiste Energie wurde über den Zweirichtungszähler registriert.

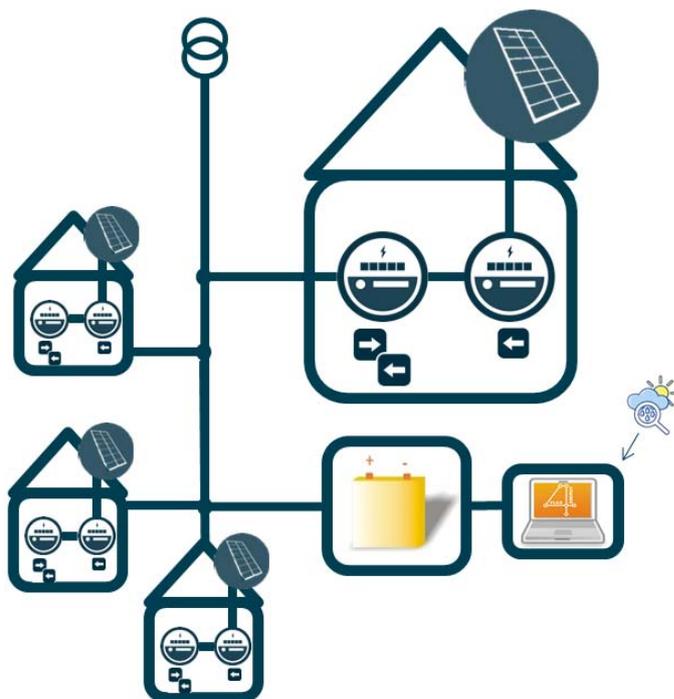


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Messkonzeptes

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden diese Daten ausgewertet. Bisher waren noch nicht alle Zählerdaten für die Kunden abrechnungsrelevant. Auf Basis der aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen hätten die Kunden für die Nutzung des Quartierspeichers Netzentgelte und Abgaben wie z. B. EEG zahlen müssen, was die Wirtschaftlichkeit natürlich sofort erheblich unattraktiver gemacht hätte. Deshalb wurde die Anbindung und Nutzung des Quartierspeichers physikalisch zwar realisiert, abrechnungstechnisch speisten die Kunden ihren überschüssigen Strom aber komplett nach EEG ein und erhielten die entsprechende Vergütung.

Langfristig sollte auf Basis der Erkenntnisse aus diesem Forschungsprojekt der Regulierungsrahmen angepasst werden.

Den Kunden wurden alle Messdaten individuell auf einem Energiemanagementportal der ENTEGA zur Verfügung gestellt. Auf diesem Portal konnten die Kunden jeweils ihre eigenen Daten einsehen und auswerten. In dem Online Portal konnten sie neben dem Gesamtverbrauch auch sehen, wie hoch der Anteil des Eigenverbrauchs war und welche Menge aus dem örtlichen Stromnetz bezogen wurde. Außerdem fanden die Kunden Informationen zu der erzeugten Strommenge, wie viel davon selbst verbraucht wurde („Eigenverbrauch“) und welche Mengen in das örtliche Stromnetz eingespeist wurden („Einspeisung“).

Bilanz Stromerzeugung



Abbildung 9: Stromverbrauch und Stromerzeugung im Kundenportal

Um den Ladezustand des Speichers immer exakt zu fahren, d.h. den Speicher gemäß der überschüssigen Energie der Haushalte zu laden und anschließend die haushaltsbezogene Energie bei Bedarf wieder zu entladen, wurden Speicherfahrpläne für jeden Haushalt separat und zusätzlich als Summe ein Speicherfahrplan für den kompletten Quartierspeicher ermittelt. Dazu wurden jeweils die erzeugte Energie der

Photovoltaikanlage und alle Verbräuche inklusive einer Prognose für die nächsten fünf Tage, die Speicherung in der Batterie sowie die Netzeinspeisung gemessen.

Diese Daten wurden über eine gesicherte Leitung zum Flexibilitätsmanagementsystem der ENTEGA übertragen.

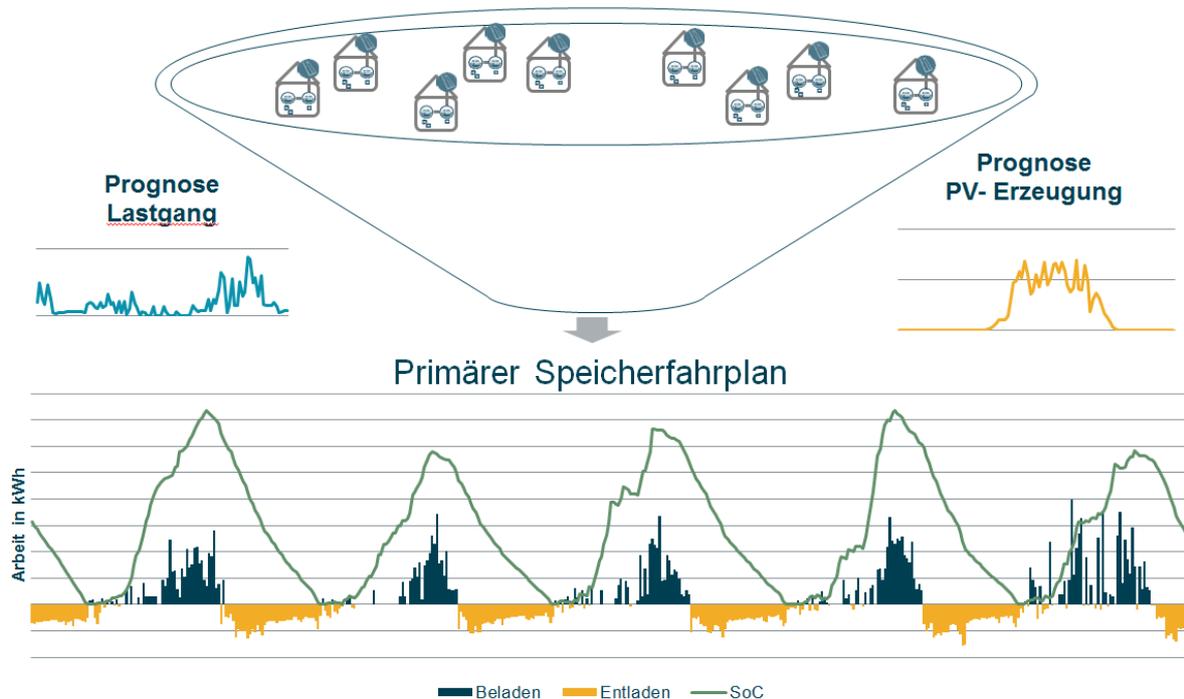


Abbildung 10: Ermittlung des Speicherfahrplans

1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der Stand der Technik zur Bereitstellung zusätzlicher Flexibilitätsoptionen in Energienetzen im Allgemeinen und zum Einsatz von Energiespeichersystemen im Besonderen hat sich in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. Der Begriff „virtuelle Kraftwerke“ beschreibt hier die Kombination von unterschiedlichen, dezentralen Erzeugungsanlagen und/oder Verbrauchern, die durch eine gemeinsame Steuerung gegenüber Dritten wie eine zusammengehörende Großanlage arbeiten. Wie bei einem Kraftwerk können durch Zuschaltung von Erzeugern oder Wegschalten von Lasten zusätzliche Energiemengen im Netz angeboten werden. Analoges gilt für die Abnahme von Energie aus dem Netz.

Virtuelle Kraftwerke sind seit über 10 Jahren bekannt. Mittlerweile sind zahlreiche virtuelle Kraftwerke aktiv und viele Hersteller (z. B. ABB, Kisters, TSB) bieten IKT-Lösungen zum Aufbau virtueller Kraftwerke an. Bekannte Beispiele für virtuelle Kraftwerke sind das „Virtuelle Kraftwerk Rheinland-Pfalz“, das Schwarmstromkonzept von Lichtblick oder das Verbundkraftwerk von Energy2Market. Der Verbundpartner

ENTEKA hat im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts „Web2Energy“ vor drei Jahren ein virtuelles Kraftwerk implementiert und erprobt.

Die überwiegende Zahl virtueller Kraftwerke ist auf das Angebot von Regelenergie im Übertragungsnetz ausgerichtet. Während Sekundärregelleistung und Minutenreserve schon länger möglich waren, konnte Anfang Januar 2014 die e2m auch eine Zulassung für den Markt für Primärregelleistung erhalten. Daneben dürfte künftig die Bündelung von EE-Anlagen zur Direktvermarktung zunehmende Bedeutung erhalten, da der Ausgleichsenergiebedarf durch den „Portfolioeffekt“ dadurch reduziert werden kann.

Eine Gemeinsamkeit der bekannten virtuellen Kraftwerke ist, dass die angeschlossenen Anlagen vertraglich fest an den Betreiber des Kraftwerks gebunden sind und direkt von diesen gesteuert werden. Dadurch sind virtuelle Kraftwerke im Abruf von Leistung im Rahmen der angeschlossenen Anlagen und getroffenen Vereinbarungen sehr reaktionsschnell. Veränderungen in der Zusammensetzung angeschlossener Anlagen sowie im Umfang und den Konditionen zu deren Nutzung sind jedoch mit einigem zeitlichen Aufwand verbunden.

Im Unterschied zum Konzept virtueller Kraftwerke sollten in Flex4Energy die an den Flexibilitätsmanager angebotenen Flexibilitäten nicht direkt von diesem gesteuert werden. Der Flexibilitätsmanager benötigt entsprechend keine Information über die genaue technische Ausführung der angeschlossenen Flexibilität, sondern nur bestimmte Kenngrößen, die im Rahmen von Flex4Energy definiert werden sollten.

1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Zur Realisierung der definierten Arbeitsziele war während der gesamten Projektlaufzeit eine enge Zusammenarbeit zwischen den Verbundprojektpartnern notwendig. Zum fachlichen Abgleich und zur Bewertung der Zwischenergebnisse in der laufenden Forschung sowie zur Wahrnehmung administrativer Aufgaben innerhalb der Projektarbeit wurden in regelmäßigen Abständen Arbeitstreffen unter Teilnahme der Verbundprojektleitung sowie allen Projektpartnern durchgeführt. Bei Bedarf wurden außerdem Telefonkonferenzen zum fachlichen Abgleich der Projektarbeit durchgeführt.

Für die effektive Zusammenarbeit zwischen den Verbundprojektpartnern wurde eine Datenaustauschplattform geschaffen, welche das Projektmanagement hinsichtlich des Austausches, der Verwaltung und der Ablage von Daten, Zwischenergebnissen, Berichten und administrativen Unterlagen deutlich vereinfachte.

Zur Weiterentwicklung des Flexibilitätsmanagers war eine enge Zusammenarbeit zwischen der Firma KISTERS AG (Entwickler des bei ENTEKA genutzten Flexibilitätsmanagementsystems) und der ENTEKA notwendig. Der Auftrag an KISTERS basierte auf der bisher bekannten Schnittstellenbeschreibung FMS-FHP

sowie der technischen Schnittstellen der Solarsiedlung in Groß-Umstadt. Die Zusammenarbeit erfolgte sowohl in Vor-Ort-Terminen als auch in Telefonkonferenzen. Mitarbeiter der Firma KISTERS nahmen zudem an mehreren Projektsitzungen teil. Während der gesamten Projektlaufzeit bestand zusätzlich ein enger und regelmäßiger Austausch per Mail und Telefon.

Auch die konstruktive Zusammenarbeit zwischen ENTEGA AG und deren Tochtergesellschaften ENTEGA Energie GmbH, e-netz Südhessen GmbH & Co. KG, Count and Care GmbH & Co. KG sowie ENTEGA Medianet GmbH war zur Erreichung der Projektziele unabdingbar.

Darüber hinaus hat die ENTEGA AG auch die Erkenntnisse aus den parallel laufenden Forschungsprojekten, an denen sie als Konsortialpartner beteiligt ist, eingebracht. Im Projekt Grid Integration sind neben der ENTEGA AG noch die Bergische Universität Wuppertal und das Fraunhofer Institut IWES als aktive Partner beteiligt. Im Projekt ESQUIRE sind das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, das Karlsruher Institut für Technologie, das Fraunhofer Institut IAO und die evohaus GmbH beteiligt. Soweit für das Projekt Flex4Energy sinnvoll hat die ENTEGA AG Erkenntnisse der Partner mit eingebracht.

2 Eingehende Darstellung zu

2.1 Verwendung der Zuwendung, Zielen und Ergebnissen

Im Arbeitspaket A1 wurden die näher zu untersuchenden Anwendungen bzw. Handelsprodukte festgelegt. Diese wurden grob in Fahrplanprodukte und latente Produkte unterteilt, die sich aufgrund der Art ihres Abrufs und ihrer Steuerungsgrößen unterscheiden. Für die Darstellung des Projekts im Internet wurde ein Visualisierungskonzept erstellt, welches zwei Ebenen unterscheidet. In einem Bereich ohne Registrierung wurden weitergehende Informationen angeboten. Dieser sollte primär potentielle Nutzer der Plattform ansprechen. In einem weiteren registrierten Bereich wurden einige dynamische Informationen zum Handelsgeschehen dargestellt. Die Art und der Umfang dieser Informationen wurden abhängig vom bestehenden Handelsvolumen erweitert.

Das Evaluierungskonzept erlaubte eine Auswertung der Handelsvorgänge auf der Plattform im Hinblick auf unterschiedliche Fragestellungen. Dabei mussten verschiedene Zielgruppen mit zum Teil spezifischen Fragestellungen berücksichtigt werden. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen müssen die Transaktionskosten der Handelsvorgänge sowie bestehende regulatorische Vorgaben berücksichtigt werden. Daraus konnten Ableitungen erfolgen, welche Potentiale mit der Änderung regulatorischer Vorgaben zu erreichen wären.

In AP B1 und B2 wurde als Grundlage für die freie Handelsplattform ein Entity-Relationship-Model erarbeitet. Als eine mögliche Erweiterung der geplanten Funktionalität wurde ein Auktionsmodell aufgezeigt. Solche Auktionen zum Einkauf von Netzdienstleistungen durch den Netzbetreiber könnten in Zukunft vorgeschrieben werden, um Diskriminierungsfreiheit zu gewährleisten.

Das virtuelle Kraftwerk der ENTEGA wurde an die Flexibilitätshandelsplattform angekoppelt und die entsprechende Schnittstelle (JSON-REST) implementiert. Für das Sicherheitskonzept wurde eine Referenzarchitektur entworfen, die die Zusammenhänge zwischen Flexibilitätshandelsplattform, Flexibilitätsmanagementsystem und Flexibilitätsanlage und deren verschiedenen Nutzergruppen darstellte.

An die Flexibilitätshandelsplattform angeschlossene Nutzer konnten während der Projektlaufzeit alle Funktionalitäten testen, jedoch erfolgte dies auf Basis imaginärer Handelsvorgänge. Somit ergaben sich aus der Nutzung der Plattform keine realen Anforderungen zur Steuerung der Flexibilitätsanlage oder Zahlungsverpflichtungen, für die sonst eine juristische Prüfung erforderlich gewesen wäre.

Die Gesamtprozesskette wurde anhand des Produktbeispiels "Fahrplanprodukt" ausführlich diskutiert. Offene Fragen, insbesondere im Zusammenhang mit dem Thema Bilanzkreismanagement, wurden in einem separaten Termin mit Bilanzkreisverantwortlichen der ENTEGA geklärt. In diesem Termin und darüber hinaus wurde genau diskutiert, was bezüglich des Bilanzkreismanagements besonders zu beachten ist.

Durch ENTEGA wurde ein Kurzfilm zum Projekt erstellt. Dieser wurde in Vorträgen, Workshops sowie für die breite Öffentlichkeit verwendet und ist auch weiterhin über die Website von www.flex4energy.de sowie www.entega.ag/flex4energy, der Homepage der ENTEGA, abrufbar. Hier wird das Projekt außerdem genau vorgestellt, was unter anderem der Information von Interessierten sowie der breiten Öffentlichkeit dient.

Bei den Kunden, die am Forschungsprojekt Flex4Energy teilnahmen und deren Häuser fertiggestellt waren, wurden im Laufe des Forschungsprojektes die Zähler eingebaut. Die Niederspannungskabel wurden an die Transformatorstation angeschlossen, an die auch der Quartierspeicher angebunden ist. Die Datenübertragung der angebotenen Haushalte funktionierte überwiegend reibungslos. Daten wie erzeugte Energie der Photovoltaikanlage, Eigenverbrauch, Speicherung in der Batterie, Netzeinspeisung und Autarkiegrad für den jeweils ganz speziellen Haushalt der Eigentümer konnten ermittelt werden. Für die Zählpunkte wurden Daten mittels eingebauter SIM-Karten übertragen. Aus den gemessenen Daten wurden Zeitreihen berechnet sowie eine Ersatzwertbildung durchgeführt. Die Daten wurden zur weiteren Verwendung auf einem Server bereitgestellt und im virtuellen Kraftwerk der ENTEGA eingebunden. Der Transport der Daten zum Flexibilitätsmanagement der ENTEGA erfolgte über eine gesicherte Leitung. Die Daten hatten eine Auflösung in Höhe von 15-Min.-Energiewerten. Mit den zur Verfügung stehenden Daten wurde ein Speicherfahrplan entwickelt, um den Quartierspeicher zu fahren.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein Abbild des betrachteten Quartiers im virtuellen Kraftwerk aufgebaut (Abbildung 11), um anhand einer Modellierung sowie den zur Verfügung stehenden Messdaten einen optimierten Speicherfahrplan (Be- und Entladen) des Quartierspeichers berechnen zu lassen.

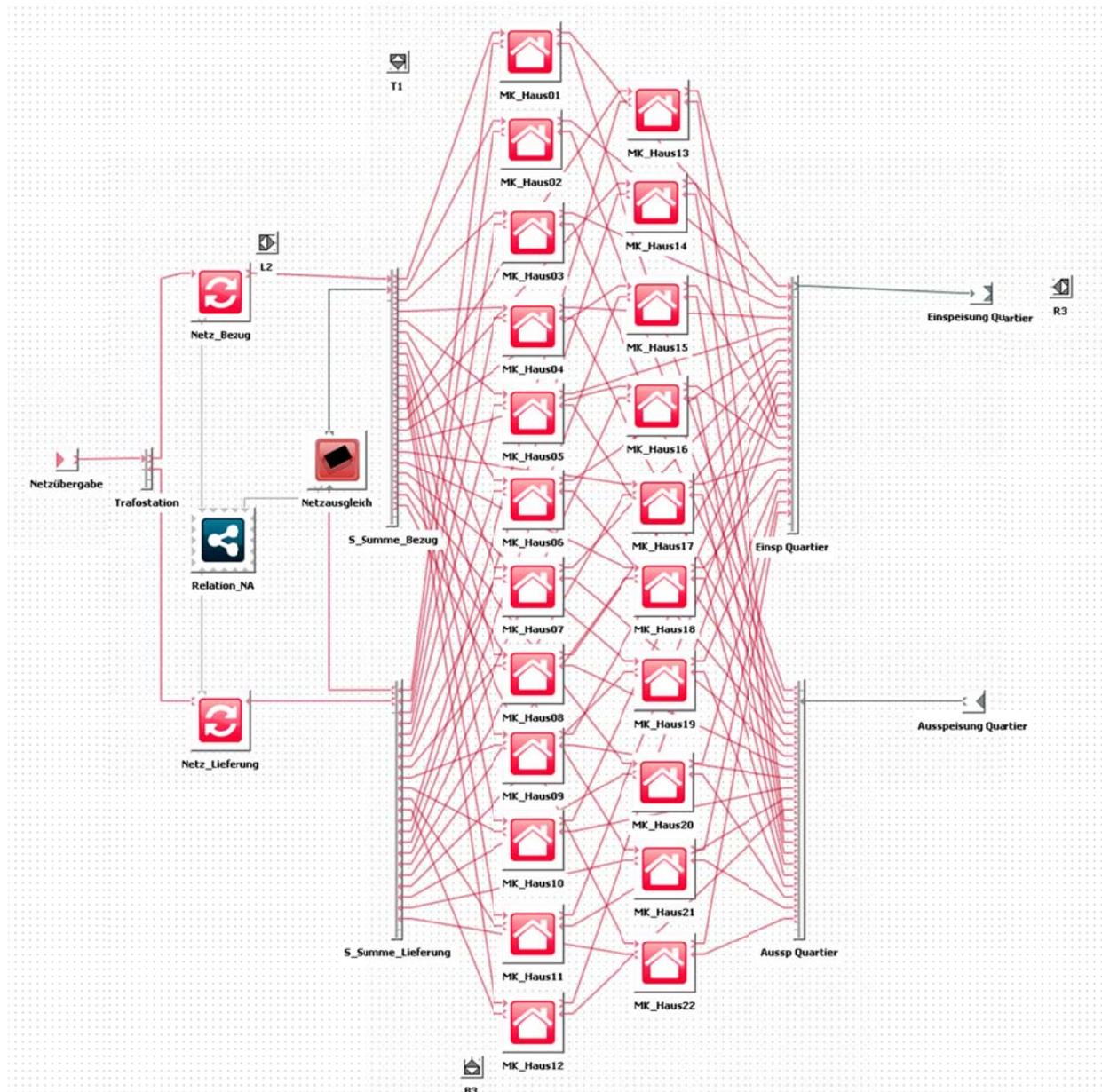


Abbildung 11: Optimierungsmodell des Neubaugebietes im virtuellen Kraftwerk

Der Speicherfahrplan stellt eine Lösung des internen Optimierers des Modells dar, welcher die Verbrauchsregulierung des Zwischenspeichers in Abhängigkeit der Haushalte tageweise wiedergibt (State of Charge). Im ersten Schritt wurden Verbrauchsprognosen für die Haushalte mit einer H0 Charakteristik erstellt. Im Verlauf des Projektes wurde eine Prognose anhand der statistischen Verbräuche der Haushalte errechnet. Außerdem wurden Daten von einer metrologischen Station in Darmstadt erhoben. Mit den Globalstrahlungsprognosen dieses Wetterdienstes wurden

Prognosen für jeden einzelnen Kunden erstellt. Mit den zur Verfügung stehenden Daten wurde ein Speicherfahrplan entwickelt, um den Quartierspeicher zu fahren (Abbildung 12).

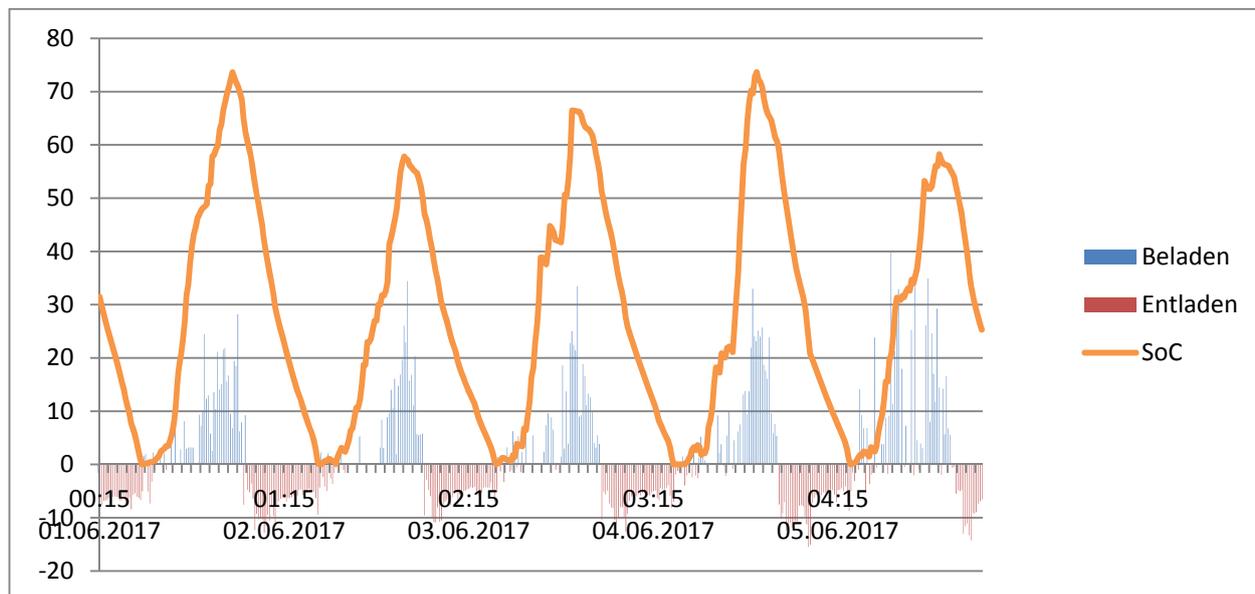


Abbildung 12: Beispielhafter Speicherfahrplan

Vorteil dieser technischen Lösung ist, dass der Einsatz des Speichers im Vergleich zu anderen technischen Konzepten planbar ist und die sekundäre und tertiäre Vermarktung verhältnismäßig einfach gestaltet werden können. Nachteil ist, dass die prognostizierten und tatsächlichen Verbräuche eines einzelnen Haushalts voneinander abweichen. Nimmt man mehrere Haushalte zusammen, so werden die Prognose-/Ist-Abweichungen geringer.

Insgesamt ist es gelungen die primäre Anwendung der Kunden zur Eigenstromoptimierung zu etablieren, die daraus resultierenden Flexibilitäten zu bestimmen und im Projekt zur Vermarktung auf der regionalen Flexibilitätshandelsplattform bereitzustellen. Damit sind die Grundlagen geschaffen, das ein zukünftiges Produktivsystem nach diesen Mechanismen funktionieren kann, sofern die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen angepasst wurden und damit die Basis für einen wirtschaftlichen Betrieb gelegt wurde.

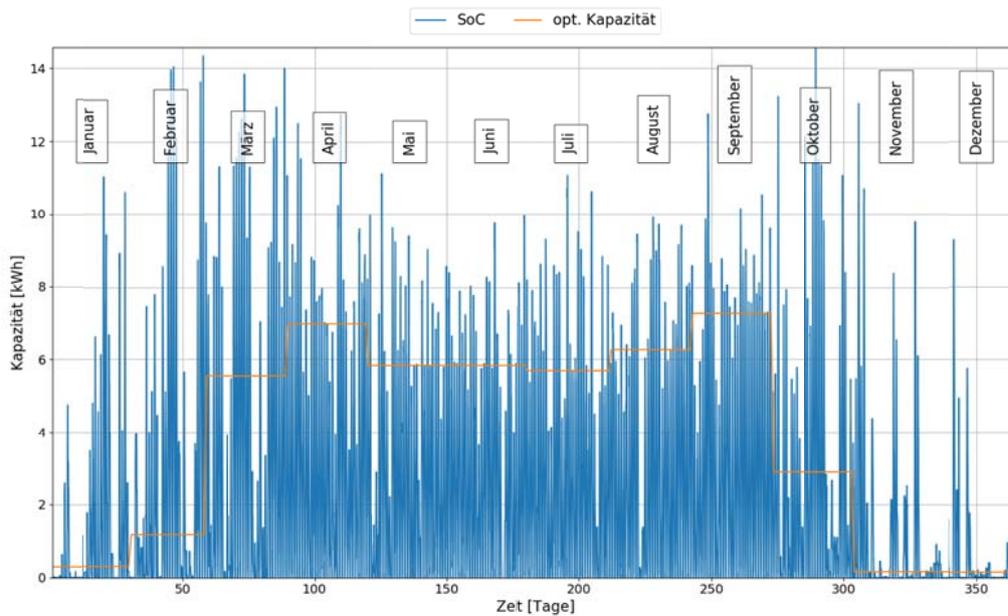


Abbildung 13: Speichernutzung eines Haushaltes

Die Abbildung zeigt den Jahresverlauf des Speicherfüllstandes (bzw. englisch „State of Charge“, kurz „SoC“) in blau abgebildet. Die intensivsten Speichernutzungsmonate sind hier tendenziell April und Oktober, da hier eine relativ hohe Produktion und ein durch die Heizung bedingte hoher Verbrauch aufeinandertreffen. Gerade im Frühling kommt es vor, dass es sonnenreiche und dennoch kühle Tage gibt, die eine hohe Erzeugung und einen hohen Verbrauch und damit eine intensive Speichernutzung mit sich bringen. Die orange eingezeichnete Linie ist ein Indikator für die monatliche Ausnutzung des Speichers.

In Abbildung 14 ist der Zusammenhang von Eigenerzeugung, Verbrauch (Haushaltstrom und Wärmepumpenstrom) und optimaler Speichernutzung für ein gesamtes Jahr schematisch dargestellt:

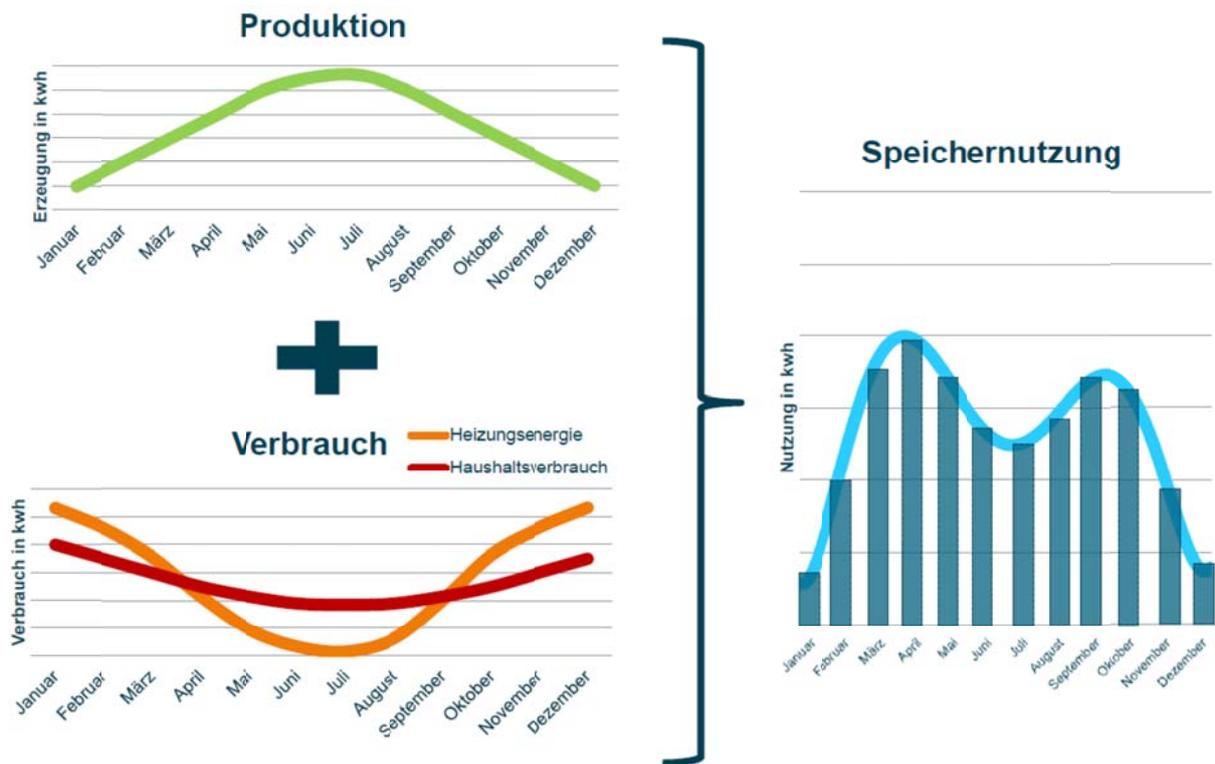


Abbildung 14: Schematische Darstellung des Zusammenhangs von Eigenerzeugung, Verbrauch und optimaler Speichernutzung

Entwicklung eines Flexibilitätsmanagers

In Energiesystemen auf Basis erneuerbarer Energien wird Flexibilität an vielen Stellen benötigt. Am Beispiel der nachstehenden Grafik wird deutlich, dass sowohl die Einsatzgebiete für Flexibilität als auch die Optionen zu deren Bereitstellung sehr komplex sind.

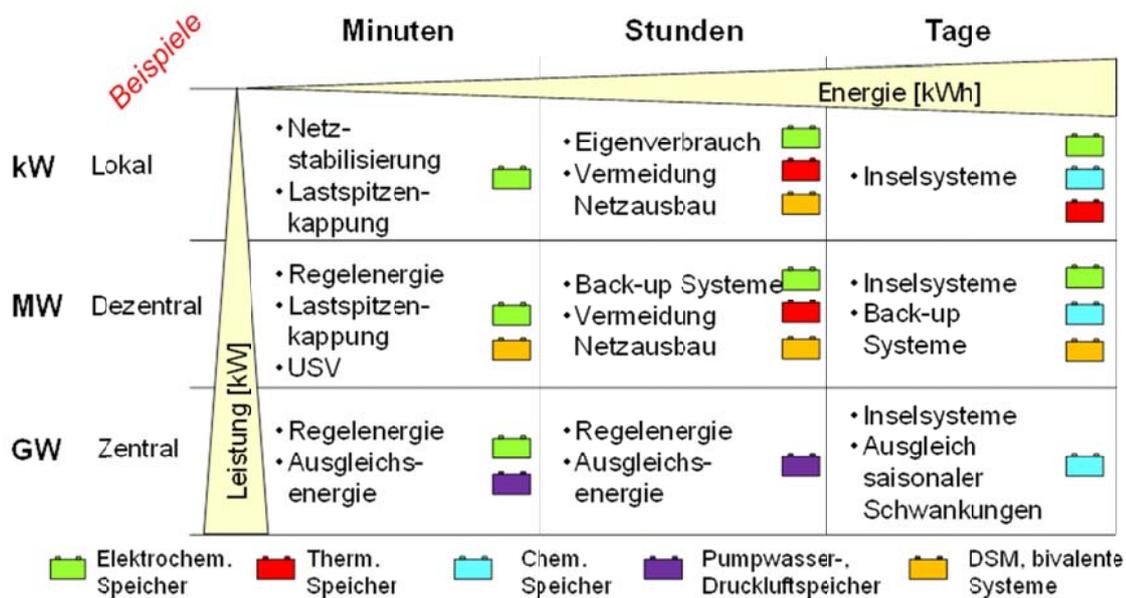


Abbildung 15: Einsatzmöglichkeiten und Optionen für Flexibilität (Quelle: StoREgio)

Hinzu kommt noch, dass unterschiedliche Akteure als Anbieter und Nachfrager von Flexibilität ins Spiel kommen und die regulatorischen Rahmenbedingungen diesen Akteuren enge Grenzen setzen, die technisch möglichen Flexibilitätspotentiale zu nutzen oder als Dienstleistung anzubieten.

Hocheffiziente, innovative Batteriespeichersysteme leiden hierunter besonders, da sie auf dem aktuellen Stand der industriellen Skalierung nur in Ausnahmefällen über ihren Einsatz in einer singulären Anwendung refinanziert werden können.

Im Vorhaben wurde Flexibilität unabhängig von ihrer technischen Grundlage betrachtet. Weiterhin wurde davon ausgegangen, dass der Flexibilitätsmanager und die Bereitsteller von Flexibilität nicht personenidentisch sind. Aus Sicherheitsgründen und um die vertragliche Beziehung zwischen den Parteien einfach gestalten zu können, nahm der Flexibilitätsmanager keinen direkten steuernden Zugriff auf Anlagen der angeschlossenen Partner. Die Nutzung einer Flexibilität wurde zwischen dem Flexibilitätsmanager und einem Energiemanagementsystem des angeschlossenen Partners verhandelt und durch letzteres gesteuert.

In der Konzeption des Vorhabens entstand innerhalb der vom Flexibilitätsmanager verwalteten Netzzelle ein interner Markt für Flexibilitäten. Flexibilitäten, die nicht innerhalb der Zelle genutzt wurden, konnten benachbarten Netzzellen oder in externen Märkten angeboten werden. Da der Flexibilitätsmanager abstrakt mit Flexibilitäten handelt, ließe sich ein solches System beliebig kaskadieren, d. h. eine Netzzelle fungiert selbst wieder als Subzelle einer noch größeren Zelle. Entsprechend wurde bei der Systemarchitektur in dem Vorhaben großer Wert darauf gelegt, Möglichkeiten zur Standardisierung der entwickelten Funktionen und Schnittstellen zu prüfen.

Im Projekt wurden die Haushalte der Solarsiedlung in Groß-Umstadt abgebildet. Die Summe der Haushaltsdaten wurde wie oben erklärt zum Fahrplan des Flexibilitätsmanagers hinzugefügt und an den Speicher übertragen. Dabei wurden unterschiedliche Optimierungsrechnungen für die Speicherfahrpläne durchgeführt, einerseits die kurzfristige Speicherung über 24 Stunden hinweg sowie andererseits die längerfristige Speicherung bis hin zu einem Monat. Außerdem wurden mehrere Erzeugungsanlagen an das Flexibilitätsmanagementsystem angeschlossen, die zur Erstellung von realistischen Offers bzw. Demands auf der Handelsplattform führten.

Ein entsprechend dieser Konzeption aufgebautes Energiesystem kann aufgrund der starken kommunikativen Vernetzung anfällig sein für Störungen oder sogar gezielte Angriffe von außen. Im Vorhaben wurden daher auch Konzepte entwickelt und implementiert, die einerseits unerwünschte Betriebszustände oder Eingriffe verhindern konnten und andererseits dafür sorgten, dass dennoch auftretende Störungen isoliert wurden und nicht die Funktion und Sicherheit des Restsystems beeinträchtigten. Die Entwicklung dieser Konzepte war Aufgabe des Fraunhofer IESE. Die ENTEGA arbeitete Fraunhofer IESE im benötigten Rahmen zu und lieferte entsprechende Daten.

Einsatz des Flexibilitätsmanagers im Rahmen zellulärer Energienetze

Im Rahmen des Vorhabens sollte ein zelluläres Energiesystem abgebildet werden, wobei die darin enthaltenen Flexibilitätspotentiale innerhalb der vom Flexibilitätsmanager verwalteten Netzzelle liegen. In diesem System sollte der Flexibilitätsmanager zum Einsatz gebracht und seine technische und ökonomische Performance untersucht werden.

Über das Vorhaben hinausgehend wurde und wird der Flexibilitätsmanager gedanklich neben Erzeuger, Netzbetreiber und Abnehmer als neue Marktrolle im Energiesystem interpretiert.

Funktionsgrundlage für den Flexibilitätsmanager waren ein Datenmodell und ein Vertragsmodell (AP B.1). Während das Datenmodell die Grundlage für die technische Funktion des Flexibilitätsmanagers darstellte, bildete das Vertragsmodell die Grundlage für die Bereitschaft von Partnern, sich an den Flexibilitätsmanager anzuschließen.

Das Datenmodell sollte ermöglichen, Flexibilitätspotentiale unabhängig von deren technischer Basis zu beschreiben. Flexibilitätspotentiale beschrieben dabei entweder die Möglichkeit, Energie anzubieten oder abzunehmen, d. h. entweder als Erzeuger oder als Last zu dienen. Diese Flexibilitätspotentiale sollten durch den Flexibilitätsmanager zwischen den angeschlossenen Partnern gehandelt werden. Als kleinste handelbare Einheit wurden Flexibilitätspakete gebildet. Diese beinhalteten eine Leistung, die zu einem bestimmten Zeitpunkt für einen bestimmten Gültigkeitszeitraum zu einem auszuhandelnden Preis angeboten wurde. Zur Komplexitätsbeschränkung sollte im Vorhaben die Gültigkeitsdauer eines Flexibilitätspakets auf einheitlich 15min festgelegt werden. Durch die Aneinanderreihung von Flexibilitätspaketen ergab sich eine Treppenfunktion, die das Flexibilitätspotential eines Partners beschrieb.

Prinzipiell sollen getroffene Nutzungsvereinbarungen von den angebotenen Flexibilitätpotentialen abgezogen werden, woraus sich eine neue Angebotsstruktur ergibt. Die physikalische Erbringung der vereinbarten Leistung wird dann durch die Leitsysteme der Partner gesteuert.

Entwicklung eines Daten- und Vertragsmodells zum Management von Flexibilitätpotentialen

Basis für die Kommunikation zwischen Flexibilitätsmanager und Energiemanagementsystem einer „Subzelle“ ist ein geeignetes Datenmodell, mit dem die wichtigsten Kenngrößen eines Flexibilitätsangebots beschrieben werden. Für die Ziele des Vorhabens ist entscheidend, dass das Datenmodell Flexibilitätsangebote unabhängig von ihrer zugrundeliegenden Technologie beschreibt und die zur Erfüllung der Funktionalitäten des Flexibilitätsmanagers benötigten Informationen bereitstellt. Dies setzt einen geeigneten Abstraktionsgrad voraus.

Zentraler Inhalt eines Flexibilitätsangebots ist das Angebot einer Leistung zu einem bestimmten Zeitpunkt über einen Zeitraum zu einem Preis. Grundsätzlich ergibt sich daraus eine Treppenfunktion, in der die Breite einer Treppenstufe die Gültigkeitsdauer der jeweiligen Kombination der übrigen Parameter darstellt. Neben den grundlegenden Parametern Leistung, Preis, Zeitpunkt und Zeitraum werden weitere Parameter benötigt.

Diese ergeben sich z. B. aus den Einflüssen auf die wirtschaftliche Abnutzung bzw. Alterung von Komponenten unter vorgegebenen Einsatzbedingungen. Umgekehrt muss bei einer marktseitigen Nachfrage nach Flexibilität aufgrund der gleichen Parameter eine Bewertung der wirtschaftlichen Abnutzung der Komponenten möglich sein.

Für naheliegende Zeiträume besteht nur ein eingeschränkter Verhandlungsspielraum aller Parameter. Für entferntere Zeiträume nimmt die Unschärfe des Angebots in allen Parametern zu, da immer größere Spielräume zur Anpassung der eigenen Erzeugung oder Last bestehen. Entsprechend müssen Parameter definiert werden, die die Bandbreite des Angebots in den Grunddimensionen wiedergeben. Kann ein Flexibilitätsangebot auch nur zu Teilen abgerufen werden, müssen die entsprechenden Unschärfen ggf. für jedes Teilangebot definiert werden. Ggf. können sich auch die Preise für einzelne Teilangebote unterscheiden. Neben den Parametern, die ein Flexibilitätsangebot beschreiben, sind weitere Parameter erforderlich bzw. wünschenswert, die sich aus der Optimierungsstrategie des Flexibilitätsmanagers oder der vertraglichen Abwicklung ergeben. Diese können z.B. sein:

- Informationen zu Nachfrager und Anbieter
- Geoinformationen zum Einbezug von Netzinformationen (lokale Physik)
- Informationen zum „Energieticket“ (EE-Strom oder Graustrom)
- Evtl. Bewertung von Nachfrager und Anbieter (Ausfallwahrscheinlichkeit)
- Priorisierungskriterien zwischen alternativen Angeboten

- Informationen zur Prozessgestaltung „Verhandlung“ und „Vertragsabschluss“
- Dokumentation und Sicherung der für eine Abrechnung relevanten Daten, Qualifizierung der Abrechnung

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der wesentliche Bestandteil des Teilprojekts „Implementierung“ war die Entwicklung eines funktionsfähigen Flexibilitätsmanagers. Zur Realisierung dieser Aufgabe war eine enge Zusammenarbeit mit der Firma KISTERS, Hersteller und Entwickler des bei ENTEGA genutzten Flexibilitätsmanagementsystems, notwendig. Die Zahlungen an die Firma KISTERS waren daher ein wesentlicher Kostenpunkt des Teilprojekts.

Neben dem Flexibilitätsmanager an sich waren auch der Quartierspeicher sowie mehrere an das Flexibilitätsmanagementsystem angeschlossene Redox-Flow- und Lithium-Ionen-Speicher von wesentlicher Bedeutung für die Realisierung der Projektziele. Entsprechende IT-Dienstleistungen zur Übertragung und Verarbeitung der Daten wie auch Wartungskosten der Speicher stellten deshalb ebenfalls einen wesentlichen Kostenfaktor da.

Daneben waren selbstverständlich die Personalkosten der mit Durchführung oben genannter Tätigkeiten betrauten Mitarbeiter von großer Bedeutung.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit

Die durchgeführten Forschungsarbeiten im Teilprojekt „Implementierung“ des Verbundprojekts Flex4Energy sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie weitgehend der im Projektantrag formulierten Planung entsprachen und alle wesentlichen im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden.

Bei den geplanten Kosten für Reisen konnten Mittel eingespart und für die Aufstellung des Quartierspeichers (Platzierung von Halteverbotsschildern, notwendige Arbeiten an der Kabelanbindung und am Speicherfundament), deren Kosten im ursprünglichen Projektantrag nicht eingeplant war, umgewidmet und verwendet werden.

Daneben waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt notwendig.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen

Der Vorteil eines Forschungsprojektes besteht u.a. auch darin, dass man sich über die aktuellen Rahmenbedingungen (z. B. Regulierungsrahmen) hinwegsetzen darf, denn im Ergebnisbericht werden auch Ausblicke und Verbesserungsvorschläge sowie Hemmnisse, die für ein funktionierendes System möglicherweise noch überwunden werden müssen, erwartet. Die nachfolgenden Ausführungen sind daher eine Vision, die im Projekt als Pilotsystem installiert wurden, im heutigen Marktumfeld aber noch keine Realität darstellen.

Aktuelle Wirtschaftlichkeitsberechnungen legen nahe, dass Batteriespeicher möglichst häufig und für verschiedene Einsatzgebiete genutzt werden sollten. Im Rahmen des Forschungsprojektes Flex4Energy wurde deshalb der Quartierspeicher in Groß-Umstadt als Multi-Use-Flexibilität für drei Anwendungsgebiete bzw. Vermarktungsmöglichkeiten eingesetzt:

2.4.1 Primäre Anwendung des Quartierspeichers zur Eigenverbrauchsoptimierung für Kunden

Als primäre Anwendung bot sich in diesem Solarbaugebiet die Eigenverbrauchsoptimierung für Bauherren, also die Endkunden, an. Die nicht direkt eigenverbrauchte Energie, die durch die PV-Anlage im Wohnhaus erzeugt wurde, wurde im Quartierspeicher in unmittelbarer Nähe gespeichert und stand den Kunden jederzeit zur Verfügung. Damit war eine Erhöhung des Autarkiegrades auf bis zu 70% möglich, wobei man je nach Konstellation von Verbrauchsverhalten und Erzeugungsverhalten ohne Speicherung nur auf einen Autarkiegrad von maximal 51% kommen kann. Der Autarkiegrad wird als Gradmesser genutzt, der anzeigt, zu welchem Anteil sich ein Haushalt selbst mit Strom aus der eigenen Photovoltaikanlage versorgen kann. Ein Autarkiegrad von 100% würde also bedeuten, dass sich ein Haushalt vollkommen vom Netzbetreiber abkoppeln könnte, um sich selbst mit Strom zu versorgen.

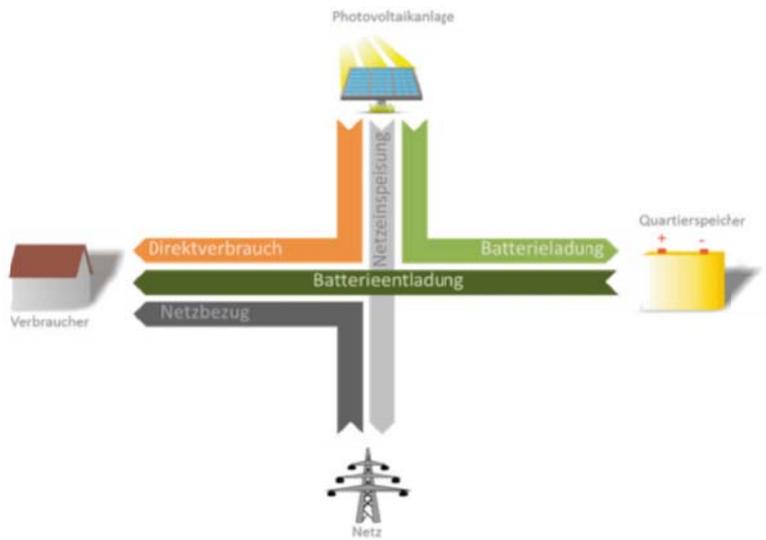


Abbildung 17: Energieflüsse

Photovoltaikstrom wird in der Regel zunächst selbst verbraucht. Überschüssiger Strom wird in das Niederspannungsnetz eingespeist.

2.4.2 Sekundäre Vermarktung des Quartierspeichers auf regionalem Marktplatz

Energiespeichersysteme und andere Flexibilitäten (BHKW, schaltbare Lasten und Erzeuger, regelbare Transformatoren) werden als ausgleichende Elemente im Energieverteilnetz zunehmend benötigt, um die Integration fluktuierender erneuerbarer Energien zu unterstützen. Dabei stellen Batteriespeichersysteme unterschiedlicher Technologien den derzeit sich am dynamischsten entwickelnden Bereich dar. Durch den Einsatz unterschiedlicher Speichersysteme können sowohl sehr kurzfristige Zeiträume als auch Zeiträume von mehreren Tagen wirksam adressiert werden. Damit leisten Speichersysteme sowohl einen Beitrag zur Stabilisierung der Netze, als auch zur Versorgungssicherheit und reduzieren den Kapazitätsbedarf an parallel laufenden, beziehungsweise als Reserve bereitstehenden fossilen Kraftwerken. Dies ermöglicht einen höheren Nutzungsgrad der potentiell erzeugbaren erneuerbaren Energie (Vermeidung von Abregelung) und damit eine deutliche Reduktion der ausgestoßenen CO₂-Mengen. Die Verteilnetzebene muss sich ihrer neuen Rolle in der Energieversorgung bewusst werden und diese auch aktiv annehmen. Erzeugung und Verbrauch sind zunehmend dezentral und schwankend. Das Verteilnetz muss flexibel reagieren, um dies auszugleichen.

Im Sinne von marktlichen Lösungen geht es darum, den möglichen Flexibilitätsbedarf des Gesamtsystems zu decken. Der Verteilnetzbetreiber ist zukünftig gefordert, gemäß des Ampelkonzeptes des BDEW für möglichst viele und lange „Grün-Phasen“ in seiner Netzzelle zu sorgen. Diese neue „Systemdienstleistung“ kann der Verteilnetzbetreiber entweder durch Maßnahmen mit eigenen Betriebsmitteln erreichen oder durch Anfragen und Kontrakte am regionalen Markt realisieren.

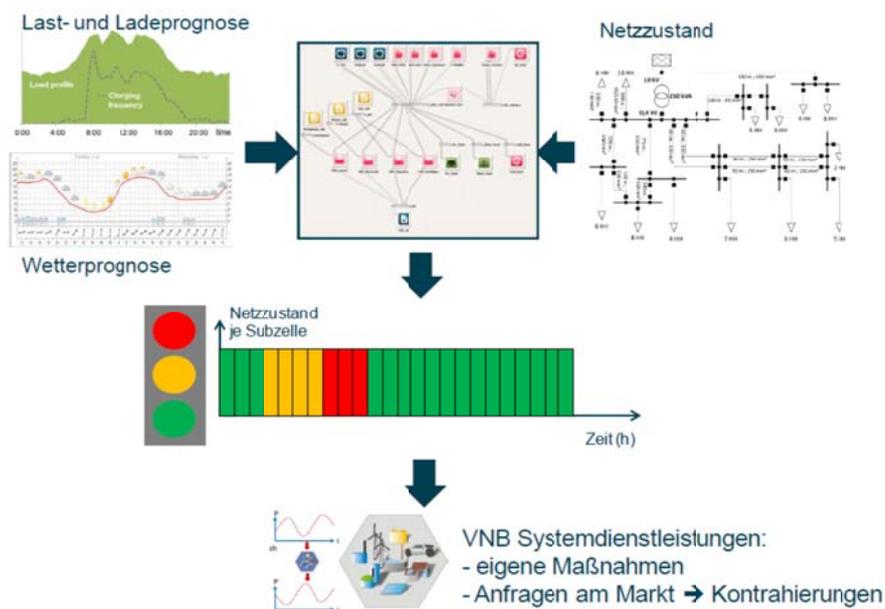


Abbildung 18: schematische Ermittlung von "BDEW-Ampelphasen" im Verteilnetz

Um rote Ampelphasen zu vermeiden, soll der Verteilnetzbetreiber zukünftig auch Flexibilitäten an einem regionalen Marktplatz beschaffen können, der auch die Netztopologie berücksichtigt, was z.B. für die Spannungshaltung essenziell ist. Hier würden überregionale Marktplätze wie der Regelenergiemarkt nicht weiterhelfen.

Im Vergleich zu früher treten heute in den Mittel- und Niederspannungsnetzen vermehrt Spannungsbandprobleme auf. Diese Problematik wird sich mit zunehmender Anzahl an Elektrofahrzeugen noch verstärken. Ein solcher regionaler Marktplatz für Flexibilitätsangebote ist auch eine zweite Vermarktungschance für Quartierspeicher wie den in Groß-Umstadt. Dadurch kann auch die vorhandene Infrastruktur besser genutzt werden. Durch stationäre Speicher, abschaltbare Verbraucher (z.B. Wärmepumpen), Blockheizkraftwerke und Elektromobilität entstehen zukünftig immer mehr Flexibilitäten, die von dritten Marktakteuren aufgrund ihrer primären Anwendung sowieso im Verteilnetz installiert werden. Diese dann vorhandenen Flexibilitätsanlagen können an einer regionalen Flexibilitätshandelsplattform für eine sekundäre Anwendung vermarktet werden.

Neben der Spannungshaltung berücksichtigt auch das Engpassmanagement im Verteilnetz die Netztopologie. So kann der Verteilnetzbetreiber entscheiden, ob und wann er das Netz ausbaut oder ob er zumindest vorübergehend den Netzengpass durch die Nutzung von regionalen Flexibilitäten beseitigt.

Auch für zukünftigen Peer2Peer Energiehandel wäre ein regionaler Marktplatz eine ideale Abwicklungsplattform.

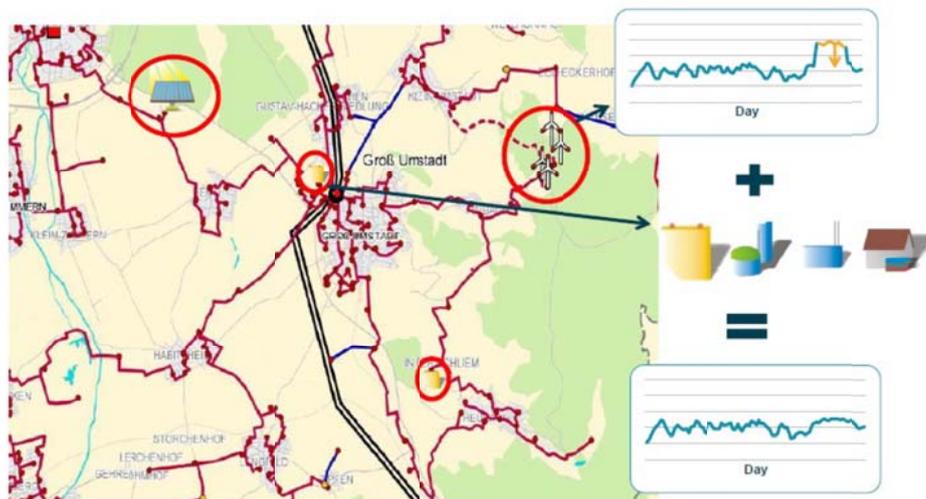


Abbildung 19: Netzengpassbeseitigung durch Nutzung regionaler Flexibilitäten

2.4.3 Tertiäre Vermarktung des Quartierspeichers auf überregionalem Marktplatz (z.B. EEX)

Bereits heute ist eine Vermarktung von Flexibilitätsanlagen wie z. B. Speichern auf überregionalen Marktplätzen wie der EEX möglich. Bisher können hier aber nur größere Einheiten am Regelenergiemarkt gehandelt werden. Deshalb sammeln Aggregatoren viele Anlagen ein und bieten diesen Anlagenpool dann am Markt an. Aufgrund der Überregionalität wird dabei aber quasi die „Kupferplatte“ vorausgesetzt und auf die Topologie verzichtet.

Da diese Marktmechanismen bereits geübte Praxis sind, wurde darauf im Rahmen des Forschungsprojektes Flex4Energy nicht weiter eingegangen.

2.5 Fortschritte anderer Stellen

Die Bundesregierung hat ehrgeizige Klimaziele festgelegt: Bis zum Jahr 2035 soll der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung 55 bis 60 Prozent betragen. Rund 95 Prozent der Anlagen, die Strom aus Wind, Sonne und Biogas erzeugen, speisen ihren Strom direkt in das Verteilnetz ein.

Die Energiewende findet im Verteilnetz statt. Wegen der steigenden Anforderungen an das Verteilnetz sind daher neue Lösungen erforderlich, die in verschiedenen anderen Forschungsprojekten neben Flex4Energy untersucht werden.

Im Rahmen des Verbundprojektes C/sells – Das Energiesystem der Zukunft im Sonnenbogen Süddeutschlands - implementiert der Flächennetzbetreiber bayernwerk in Kooperation mit den bayerischen Projektpartnern ein Smart Grid mit 1.500 Smart Metern und ca. 100 steuerbaren Elementen in Ostbayern. Hierdurch wird eine Plattform geschaffen mit dem Ziel, die Möglichkeiten von intelligenten Erzeugern, Verbrauchern und Speichern in Kombination mit Geschäftsmodellen und Flexibilitätsanreizen in der Praxis zu erproben und daraus Handlungsempfehlungen für die Energiewirtschaft der Zukunft abzuleiten.

Das Projekt DESIGNETZ hat den Anspruch, zuverlässige und kosteneffiziente Lösungen bereitzustellen, um die Energiewende ganzheitlich gelingen zu lassen. Dazu sollen alle Beteiligten, - die Verteilnetzbetreiber, große und kleine Stromerzeuger, kommunale Versorger, private Haushalte, Wirtschaft, die energieintensive Industrie und die Politik - in die Energiewende miteinbezogen werden. Je mehr Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien an das Verteilnetz angeschlossen werden, umso mehr fallen Stromschwankungen bei wechselnden Wetterverhältnissen ins Gewicht. Durch eine Optimierung des Verteilnetzes sollen diese Schwankungen flexibel ausgeglichen werden.

Mit dem Forschungsprojekt Grid Integration wird untersucht, ob trotz erheblicher Lastschwankungen und neuer Strukturen jederzeit die Systemstabilität im Nieder- und Mittelspannungsnetz gewährleistet werden kann, ohne direkt einen Netzausbau durchführen zu müssen. Innerhalb eines Feldtests wird der Algorithmus zur intelligenten Steuerung der Niederspannungsnetze implementiert und erprobt. Die zu entwickelnde Technik soll den Netzausbaubedarf verringern, die Systemstabilität erhöhen und damit ökonomisch sinnvoll in den bestehenden Betrieb integriert werden, ohne einen flächendeckenden Umbau der Infrastruktur (inkl. Zähler) vornehmen zu müssen.

2.6 Erfolgte Veröffentlichungen

Die seitens der ENTEGA erfolgten Veröffentlichungen bezüglich des Projektes können folgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 2: Veröffentlichungen

10.04.2015	HSE testet regionalen Austausch	e21.info
10.04.2015	Flex4Energy: HSE stabilisiert regionales Stromnetz	Energy Daily
11.04.2015	HSE: Pilotprojekt im Stromverteilnetz	Echo online
13.04.2015	Flexi-Pilot im HSE-Netz	TAM
13.04.2015	Bund fördert Pilotprojekt im HSE Stromverteilnetz	strom-kaufen.de
03.06.2015	Mehr Flexibilitäten als nur Speicher	E&M Powernews
03.03.2016	Mehr Flexibilität im Stromnetz	Jahrbuch Anlagentechnik
12.09.2016	Wichtiges Projekt zur Umsetzung der Energiewende	Hessenmagazin
15.09.2016	Speicher für die Kraft der Sonne	Echo online
08.11.2017	Flex4Energy: Quartierspeicherlösungen in Verbindung mit einer regionalen Flexibilitätshandelsplattform	Jahrbuch Anlagentechnik
20.03.2018	Elektronischer Marktplatz für Strom	Darmstädter Echo

Abbildung 1: Solarsiedlung "Am Umstädter Bruch" in Groß Umstadt 3

Abbildung 2: Quartierspeicher in der Solarsiedlung Groß-Umstadt 4

Abbildung 3: Blick in das Innere des Quartierspeichers 5

Abbildung 4: Einweihung Quartierspeicher 10

Abbildung 5: Kundenveranstaltung Neubaugebiet Groß-Umstadt 11

Abbildung 6: Angewendetes Messkonzept 12

Abbildung 7: Topologische Einordnung des Neubaugebietes in Groß-Umstadt 13

Abbildung 8: Schematische Darstellung des Messkonzeptes 13

Abbildung 9: Stromverbrauch und Stromerzeugung im Kundenportal 14

Abbildung 10: Ermittlung des Speicherfahrplans 15

Abbildung 11: Optimierungsmodell des Neubaugebietes im virtuellen Kraftwerk 19

Abbildung 12: Beispielhafter Speicherfahrplan 20

Abbildung 13: Speichernutzung eines Haushaltes 21

Abbildung 14: Schematische Darstellung des Zusammenhangs von Eigenerzeugung, Verbrauch und optimaler Speichernutzung 22

Abbildung 15: Einsatzmöglichkeiten und Optionen für Flexibilität (Quelle: StoREgio) 23

Abbildung 16: Prinzipielle Struktur eines Flexibilitätsangebotes 25

Abbildung 17: Energieflüsse 29

Abbildung 18: schematische Ermittlung von "BDEW-Ampelphasen" im Verteilnetz 30

Abbildung 19: Netzengpassbeseitigung durch Nutzung regionaler Flexibilitäten 31

Tabelle 1: Schlüsselveranstaltungen im Projekt Flex4Energy 9

Tabelle 2: Veröffentlichungen 33