

Bericht des Zukunftslabor Energie über das AP 1.1 des Teilprojekts 1



Eingereicht am: 01.09.2020

Eingereicht von: Dr. Catharina Siemer, Zukunftslabor Energie

Autor*in: Fayed, Sarah; Ferenz, Stephan; Lege, Tobias; Peñaherrera V., Fernando; Poppinga, Thomas;
Ofenloch, Annika; Schuldt, Frank; Siemer, Catharina; Wagner, Henrik, Werth, Oliver

Sprecher: Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff

Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN)

Beteiligte Institutionen:

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg/OFFIS e.V. (Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff)

DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme (Prof. Dr. Carsten Agert)

Leibniz Universität Hannover (Prof. Dr. Michael H. Breitner, Prof. Dr.-Ing. Astrid Nieße)

Technische Universität Braunschweig (Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel)

Ostfalia Hochschule (Prof. Dr.-Ing. Lars Kühl)

Hochschule Emden/Leer (Prof. Dr. Johannes Rolink)

Im vorliegenden Dokument wird der Zeitraum von 01.10.2019 bis 31.08.2020 dargestellt.

Der vorliegende Bericht gehört zum Teilprojekt „TP1: Erforschung von IKT-Abhängigkeiten in Quartiersversorgungssystemen“.

Inhaltsverzeichnis

1	Generelle Informationen.....	5
2	Erforschung von IKT-Abhängigkeiten in Quartiersversorgungssystemen.....	6
2.1	Einleitung.....	6
2.2	Anwendungsfälle.....	6
2.3	Quartiersbeschreibungen	29
2.4	Versorgungsszenarien.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehen der Entwicklung eines Szenarios für eine Quartiersversorgung auf Basis von Referenzmodellen unterschiedlicher Gebäudetypologien und -nutzungen.....	15
Abbildung 2: Eingliederung der Haushalte in ein übergeordnetes Quartiers-EMS (Vgl. [BLA19])	18
Abbildung 3: Rudimentäre Ausgestaltung der Verbundoptimierung als MAS [BLA19].....	19
Abbildung 4: Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg.....	29
Abbildung 5: Quarree100 Quartier in Heide, Schleswig-Holstein.....	31
Abbildung 6: Quartier „Am ölper Berge“ in Braunschweig, Niedersachsen.....	32
Abbildung 7: ENaQ Referenzszenario.....	34
Abbildung 8: Szenario 1a/1b- Zentrale Energieversorgung.....	35
Abbildung 9: Szenario 2a- Dezentrale Energieversorgung.....	35
Abbildung 10: Szenario 2b- Dezentrale Energieversorgung mit reduzierter Auswahl von Technologien	36
Abbildung 11: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „0“	37
Abbildung 12: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „1“	37
Abbildung 13: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „2“	38
Abbildung 14: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „3“	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 9: Zusammenfassung der Quartiere.	33
--	----

1 Generelle Informationen

Dieser Bericht sammelt die Ergebnisse von AP1.1 von Oktober 2019 bis August 2020. Die Ergebnisse werden entsprechend ihrer Ausarbeitungsform sowohl in textlicher Form als auch in Visualisierungen dargestellt.

In dem Teilprojekt AP1.1 „Identifikation und Definition relevanter Quartiersversorgungsszenarien und Anwendungsfälle für die Untersuchung von IKT-Abhängigkeiten“ wurden die integrierten Quartiersversorgungsszenarien konkretisiert sowie die verschiedenen relevanten Anwendungsfälle detailliert ausgearbeitet.

AP1.1 | Verantwortlich: IWI@LUH / HS OF

Kurzbeschreibung

Dieses Teilprojekt folgt einem anwendungsorientierten Ansatz. Anwendungsfälle, in denen sensible Abhängigkeiten zwischen IKT und Energieversorgungssysteme erwartet werden, sind z.B.:

- Untersuchung des Einflusses verschiedener digitaler Mess- und Überwachungssysteme auf die Effizienz und Stabilität des Systems sowie auf Technologieakzeptanz und Nutzungsbereitschaft,
- Autonome Energieoptimierung bei Einzelhaushalten auf Basis lokaler Flexibilitäten,
- Energieoptimierung von Haushalten im Verbund durch gemeinsame Bewirtschaftung von Ressourcen und Betriebsmitteln (Speicher, Erzeuger, Infrastruktur),
- Vermarktung von Flexibilitäten an Dritte (z.B. Aggregatoren bzw. Netzbetreiber) und
- Berücksichtigung natürlicher und unnatürlicher Störungen des Systems.

Diese und ggf. weitere Energieversorgungsanwendungsfälle sind bzgl. ihrer Abhängigkeiten von Digitalisierungstechnologien und rückwirkend ihrem Einfluss auf die Qualität dieser Technologien zu analysieren und modellieren sowie vorbereitend für die nachfolgenden Teilprojekte und die Veröffentlichung auf der FuE-Plattform (Säule II) geeignet zu dokumentieren.

Start	Ende
M1	M9
Erforderliche Inputs	Outputs
<ul style="list-style-type: none"> • Systemgrenzen des Wohnquartiers • Randparameter für Dimensionierung des Wohnquartiers, insb. Anzahl Wohneinheiten, Standort 	D1.1, M1.1 mit den Inhalten: <ul style="list-style-type: none"> • Lastprofile Wohn-, Nichtwohngebäude und Produktionsstätten • Definierte Anwendungsfälle z.B.: • Maximierung Autarkie • Maximierung Ertrag (realistisch) • Maximale CO2 Reduktion • Quartiersversorgungsszenarien auf Basis multipler Anwendungsfälle • Dimensionierung der Anlagen / Standort-bestimmung des Wohnquartiers in Abhängigkeit des jeweiligen Anwendungsfall

2 Erforschung von IKT-Abhängigkeiten in Quartiersversorgungssystemen

2.1 Einleitung

Ziel des Teilprojekts eins ist die „Erforschung von IKT-Abhängigkeiten in Quartiersversorgungssystemen“. Gegenstand der Untersuchung bilden die Informations- und Kommunikationstechnologien und die Energieversorgungsinfrastruktur in digitalisierten Wohnquartieren. Das dem Teilprojekt untergeordnete Arbeitspaket fokussiert im Wesentlichen die Konkretisierung der Quartiersversorgungsszenarien und die Ausarbeitung relevanter Anwendungsfälle. Letztere bilden die Basis für die Festlegung der Quartierseigenschaften, nach denen die zu untersuchenden Quartiere ausgewählt und beschrieben werden können und werden daher vorangestellt.

Die detaillierte Ausarbeitung der Anwendungsfälle A - F macht neben den Anforderungen an die Quartiere und den entsprechenden Aspekten der Versorgungsszenarien außerdem Schnittstellen in den verschiedenen Forschungsfragen selbst deutlich. Dies dient außerdem der späteren Koordination von Schnittstellen, die die Modellierung von Simulations-Anforderungen betrifft.

Die daran anschließenden Quartiersbeschreibungen sowie die Versorgungsszenarien gehen entsprechend einher mit den Fragestellungen der Anwendungsfälle.

2.2 Anwendungsfälle

2.2.1 *Anwendungsfall A - Untersuchung des Einflusses verschiedener digitaler Mess- und Überwachungssysteme auf die Effizienz des Systems (UOL/OFFIS, DLR)*

Verantwortlicher Partner: UOL/OFFIS, DLR

Beteiligte Institution: UOL/OFFIS, DLR

Stand: 09.06.2020

Beschreibung des Anwendungsfalls

Für ein komplettes Energiemanagement innerhalb von Quartieren sind Geräte für Messungen, Kontrolle, und Überwachung notwendig. Dazu gehören intelligente Messsysteme, BMS (Battery Management Systems), Kontrollsysteme für Generatoren, PV Systeme, usw., die mit unterschiedlichsten Kommunikationseigenschaften ausgestattet sein können (unterschiedliche physikalische Schnittstellen, zeitlich unterschiedlich aufgelöste Anbindungen, usw.). Auf Basis der Szenarien in den Anwendungsfällen besteht in diesem Anwendungsfall als Querschnittsuntersuchung die Performance der Kommunikation (Dreischichtigkeit: Ineffizienz -> Ineffektivität -> Instabilität) im Vordergrund der Untersuchung. Dabei sollen für die konkreten Simulationsszenarien (beispielsweise der Energieoptimierung oder der Vermarktung der Flexibilität) insbesondere untersucht werden, welchen Einfluss verschiedene Mess-, Überwachungs- und Steuerungssysteme auf die jeweilige Zielerreichung haben. Die Wirksamkeit von Regelstrategien in der Optimierung der Effizienz und Effektivität des Systems wird in den Szenarien von Anwendungsfall A untersucht.

Die Stabilität und Robustheit des Systems werden in Anwendungsfall F betrachtet.

Forschungsfragen

1. Wie ist der Einfluss elektronischer Mess-, Überwachungs- und Automatisierungssysteme auf die Effizienz und Optimalität (zentraler und) dezentraler Quartiersversorgungskonzepte?
2. Wie hängt die Zielerreichung von Kommunikationseigenschaften und Kommunikationsanbindung ab?
3. Welchen Einfluss hat das Timing der Kommunikation (beispielsweise für den CLS-Kommunikationskanalaufbau) von Mess- und Steuergeräten auf die Zielerreichung?
4. Welche Wechselwirkungen der Kommunikation (Bandbreitenengpass, konkurrierender Zugriff auf ein Medium) existieren in hochintegrierten Quartiers-IKT und -Energiesystemen?
5. Welche Kennzahlen sind anwendbar, um diese Wechselwirkungen zu analysieren und zu beschreiben?
6. Welche zusätzlichen Fragestellungen an die Kommunikation trägt das Clean-Energy-Package der Europäischen Union in die Gestaltung der Arealnetze ein?

Relevante Hintergrundannahmen

OFFIS ist verantwortlich für das vom BMBF und BMWi-geförderte Forschungsprojekt „Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg (ENaQ)“, in dem ein Quartiersansatz zur Bewirtschaftung von Strom-Wärme-Systemen mit knapp 130 Wohneinheiten praktisch umgesetzt wird und das als Anforderungsgeber sowie Transferplattform in diesem Vorhaben dienen soll.

Im Rahmen des Vorhabens wird eine reale Anlagensteuerung (geplant BHKW, PV, Speicher, Ladeinfrastruktur, usw.) umgesetzt. Zudem wird eine Messinfrastruktur bestehend aus intelligenten Messsystemen sowie auslesbaren Wärmemengenzählern eingesetzt anhand derer beispielsweise Messungen zum Zeitverhalten durchgeführt werden können und die Untersuchungen in diesem Anwendungsfall untermauern können.

Interaktion mit anderen Anwendungsfällen

Anwendungsfall B:

Die Technologieakzeptanz und Nutzungsbereitschaft der IKT Geräte für Mess- und Überwachungssysteme, die in den Anwendungsfällen A/F betrachtet sind, werden in Anwendungsfall B untersucht.

Anwendungsfall C/D:

Information über die Regelungsstrategie für die Untersuchung der Wechselwirkungen der Strategien in Anwendungsfälle C/D.

Anwendungsfall E:

Information über die Vermarktung der Flexibilitäten für die Untersuchung der Wechselwirkungen der Strategien. Welchen Einfluss haben diese Strategien auf die Optimierung des Energiesystems?

Anwendungsfälle F:

Die Systemstabilität und die Robustheit der Szenarien von Anwendungsfall A werden untersucht. Instabile und kritische Bedingungen, die Ergebnisse der Regelalgorithmen in den Szenarien sind, werden analysiert.

Resultierende Anforderungen an die Energieversorgungsszenarien

Betriebsmittel/Anlagen:

- Energieversorgung
 - Stromnetz
 - Gas
- Energie Technologien
 - PV
 - Solarthermieranlagen.
 - Wind
 - Wärmepumpen
 - BHKW
 - Brennstoffzellen
- Speicher
 - Batterieelektrisch
 - Pufferspeicher Wärme
- E-Mobilität
 - E-Autos (Bewohner)
 - Ladestation

Messtechnologien

- Gelände
 - Beleuchtungssensor
 - Eigenverbrauch gesamt
 - Verbrauch Ladepunkt / Steckdose
 - Verbrauch der Leuchte
 - Feinstaub
 - Temperatur
 - Luftfeuchte, relativ
 - Sky Imager/ Wetterbeobachtung
- Gebäude
 - Netzanalysator/ Stromzähler
 - Wärmemengenzähler

Simulationsanforderungen

- EMS und Strategien für Optimierung
- Jährliche Energieszenarien
- Auflösung 1h
- Optimierung der Energie System mit Betrachtung von Kosten, CO2 Emissionen, Eigenkonsum

Daten

- Beschreibungen der verwendeten Geräte (Erzeuger und IKT)

- Lastprofile (Geräten, Ladestation)
 - Energiebedarf durch Mobilität
- Energiebedarf
 - Warmenergiebedarf
 - Elektrische Energiebedarf
- Wasserbedarf
- Messdaten (Echte Daten)
- Wetterdaten
- Investitionskosten
- CO2 Emissionen
- Energiekosten (Strom, Gas, Warmenergie)
- Erzeuger- und Verbraucherprognosedaten
- Räumliche Verteilung der Anwender

Für die Anwendungsfälle B-E ist es wichtig zu erfassen:

- Welche Kommunikationen zwischen Geräten liegen vor?
- Welche Daten werden in welcher Frequenz und über welches Medium kommuniziert?

2.2.2 Anwendungsfall B - Untersuchung des Einflusses verschiedener digitaler Mess- und Überwachungssysteme auf Technologieakzeptanz und Nutzungsbereitschaft

Verantwortlicher Partner: IWI@LUH

Beteiligte Institution: IWI@LUH

Stand: 02.06.2020

Beschreibung des Anwendungsfalls

Verschiedene digitale Mess- und Überwachungssysteme, wie z.B. Smart Home Komponenten (Smart Meter), Schnittstellen für Wärmepumpen oder Mikro-BHKW dienen als Messeinrichtung und Datenschnittstellen innerhalb des Quartiers („rich energy management ICT“).

Bei der Untersuchung dieser Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) müssen insbesondere die Technologieakzeptanz und Nutzungsbereitschaft der Bewohner/Nutzer der Gebäude/des Quartiers vorhanden sein. Grundsätzlich kann es ohne Nutzerakzeptanz (Attitude) keine Intention zur Nutzung von IKT und keinen Erfolg dieser IKT geben. Diese Kausalität führt dementsprechend zu keiner wirklichen Nutzung dieser IKT (Venkatesh et al., 2012). IKT werden von den Bewohnern nicht genutzt und können daher ihre Potentiale, zum Beispiel Energiemanagement im Quartier, nicht entfalten.

Daher müssen IKT-Komponenten in Quartiersszenarien so gestaltet sein, dass eine explizite Akzeptanz der Nutzer vorherrscht. Diese Akzeptanz kann aus verschiedenen Akzeptanzfaktoren bestehen. Hier können z.B. Bedenken bezüglich der Privatheit genutzter und übertragener Nutzerdaten in IKT bestehen (Guhr et al., 2020; Werth et al., 2020). Zusätzlich können aber auch die generelle Finanzierbarkeit und der wahrgenommene Wert der IKT-Komponenten, sowie demografische Faktoren (z.B. das Alter oder Einkommen der Nutzer) für die Technologieakzeptanz eine Rolle spielen.

Hersteller von IKT in Quartiersversorgungsszenarien müssen neben den Akzeptanzfaktoren zusätzlich auch Störungen von beispielsweise Datenübertragungen aktueller Umgebungs- und Prognosedaten sowie möglichen Netzausfällen im Quartier, durch Cyber-Angriffe von außen berücksichtigen.

Dieser Anwendungsfall erforscht den Stand der Forschung zu Technologieakzeptanz von IKT in Quartieren und leitet praktische Implikationen für IKT-Hersteller ab.

Forschungsfragen

1. Welche (kritischen) IKT sollten in der Betrachtung eines Quartierszenarios einbezogen und untersucht werden?
2. Wie ist der aktuelle Stand der Forschung zur Technologieakzeptanz und Adaption von IKT? Welche Grade von Akzeptanz, z.B. Duldung und explizite Akzeptanz, sind erkennbar?
3. Welchen Akzeptanzfaktoren sind relevant für die Entwicklung von IKT für Quartiersversorgungsszenarien und was sind die Implikationen für Hersteller dieser IKT?

Schnittstellen mit anderen Anwendungsfällen

Die Technologieakzeptanz und Nutzungsbereitschaft der IKT Geräte für Mess- und Überwachungssysteme, die in Anwendungsfall A und F betrachtet sind, werden in diesem Anwendungsfall untersucht.

Relevante Hintergrundannahmen

- Für die Simulation von Quartierszenarien implizieren wir breite Akzeptanz der IKT.
- Ggf. kann eine Vorauswahl, welche IKT Komponenten im Szenario vorhanden sind, entscheidend sein (siehe auch Forschungsfrage 1).
 - Nutzung der Erkenntnisse u.a. aus TA1.1.1. Modellierung der IKT-Systeme, IT-Störungs- und Angriffsfälle
 - Nutzung der betrachteten IKT-Komponenten aus Anwendungsfall A und F
 - Smart Meter
 - Sensoren
 - Wärmepumpen
 - E-Fahrzeuge
- Entscheidend sind auch demografische Annahmen der Bewohner im Quartier, da Alter, Geschlecht, Bildungsgrad, Wohneigentum/Miete, Einkommen usw. entscheidend für die Technologieakzeptanz sein können (z.B. Venkatesh et al., 2012).

Referenzen

1. Guhr, N., Werth, O., Blacha, P.P.H., & Breitner, M.H. (2020). Privacy concerns in the smart home context. SN Applied Sciences, 2(2), 1-12.

2. Venkatesh, V., Thong, J.Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178.
3. Werth, O., Guhr, N., & Breitner, M.H. (2020). Smart Home in private households: Status quo, discussion, and new insights. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology (IJSSMET)*, forthcoming.

2.2.3 Anwendungsfall C - Autonome Energieoptimierung von Gebäuden auf Basis lokaler Flexibilitäten

Verantwortliche Partner: HS OF, HS EL

Beteiligte Institution: IWI@LUH, TUBS, DLR-VE

Stand: 24.08.2020

Beschreibung des Anwendungsfalls

Aufgrund der Zielvorgaben zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele 2030 und 2050 ist insbesondere die Entwicklung von Effizienzstrategien im Gebäudebereich erforderlich. Der Sektor trägt mit etwa 50 % des Energieverbrauchs wesentlich zur weiteren Entwicklung der CO₂-Emissionen und des Energieverbrauchs bei. In Energieeinsparverordnung und EEWärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz) werden Vorgaben zur energetischen Effizienz und Nutzung Erneuerbarer Energien gemacht, zur Entwicklung nachhaltiger Strategien zur Energieversorgung sind jedoch weitergehende Ansätze auf Quartiersebene zu untersuchen und der Einsatz simulativ unterstützter Entwicklungsmethoden erforderlich. Die detaillierte Abbildung des Lastfalls auf Gebäudeebene stellt die Voraussetzung für die Entwicklung realitätsnaher Ansätze auf Quartiersebene dar.

Auf Gebäudeebene werden neben der Qualität der Gebäudehülle die Optimierung von Energieverbräuchen und ggf. Eigenerzeugung durch intelligente Regelung, Speichermanagement sowie Lastverschiebung auf lokaler Ebene an Bedeutung zunehmen. Viele elektrische und thermische Verbraucher in Haushalten lassen einen flexiblen Betrieb für eine optimale Nutzung von regenerativen Energieangeboten zu. Die Potenziale und Anforderungen zur Nutzung dieser Möglichkeiten sollen anhand von Simulationen analysiert und bewertet werden. Hierzu sollen Modelle sowohl für Wohngebäude, als auch Nichtwohngebäude erstellt werden. Mit der Ausdehnung der Bilanzgrenze auf die Quartiersebene (Anwendungsfall D), können integrale Lösungsansätze abgebildet und untersucht werden. Im größeren Maßstab ergeben sich zusätzliche Potenziale der effizienten und wirtschaftlichen Bereitstellung von regenerativer Energie und der Energiespeicherung bei sinkendem Gleichzeitigkeitsfaktor und entsprechend reduzierten flächenbezogenem Leistungsbedarf.

Um die Effizienz zentraler und dezentraler Optimierungsansätze vergleichen zu können, werden Modelle in der nötigen Detailtiefe entwickelt. Neben der reinen Wohnnutzung sind auch Nichtwohngebäude und ausgewählte industrielle Nutzungen abzubilden, um hierfür die jeweils sinnvollen Optimierungsansätze zu untersuchen und je nach Quartiersstruktur die entsprechenden Lastprofile generieren zu können.

Perspektivisch kann mit wetterprognosebasierten Regelungssystemen kombiniert mit Lastprognosen aus der Gebäudeleittechnik (GLT) eine ökonomische und technische Optimierung der lokalen Energiesysteme in Bezug auf Erzeugung, Lastverschiebungspotenzial und Speicher ermöglicht werden. Durch Lastverschiebungen können die Strombezugskosten und der Speicherbedarf reduziert werden. Durch die Maximierung der Speicherauslastung sowie Lastverschiebungen kann ein möglichst hoher Eigenverbrauch der lokal erzeugten Energie gewährleistet werden. In einem nachhaltig versorgten Quartier kann durch die Entwicklung lastadaptierter Versorgungsstrategien und intelligentem Ressourcenmanagement eine multikriterielle Optimierung erreicht werden, die den wirtschaftlichen, technischen und ökologischen Aspekten umfasst.

Ziel der Forschung ist es, Gebäudenutzern und -betreibern sowie Energieversorgern von Quartieren und Liegenschaften Handlungsempfehlungen für die zielorientierte Optimierung von Energiebereitstellung und -verbrauch unter Einbindung der Digitalisierung zu liefern. Ferner können hier auch weitere Akteure eine Rolle spielen. Das betrifft z. B. Hersteller, die es den Kunden (Gebäudenutzern) durch entsprechende intelligente, autonome Geräte ermöglichen, die Energieoptimierung auf Gebäudeebene vor Ort einfach und unkompliziert durchzuführen. Außerdem können auch Dienstleister auftreten, die diese Aufgabe für den Gebäudenutzer von extern, d. h. außerhalb der Quartiersebene, übernehmen. Auch in Richtung dieser Akteure sollen basierend auf diesem Anwendungsfall Empfehlungen ausgesprochen werden.

Alle im Weiteren angesprochenen Inhalte und Ziele beziehen sich auf die Gebäude- und nicht auf die Quartiersebene.

Ziele

- Wirtschaftliche, technische, energetisch und ökologische Optimierung der Energienutzung auf Gebäudeebene
 - o Maximierung der Gewinne der einzelnen Akteure
 - o Maximierung regenerativer Lastdeckung
 - o Sicherstellung einer zuverlässigen Energieversorgung
- Integration von Energiespeichern in den Anlagenbetrieb
- Integration von Verkehr und Gebäudebetrieb zu einem gesamtenergetischen Ansatz
- Entwicklung von Messkonzepten für Neubauten- und Bestandsgebäude für die energetische Optimierung und Definition einer Standard-Monitoring-Ausstattung mit Anbindung an das Quartiersmanagement (Anwendungsfälle A und D)
- Optimierung der Versorgungsinfrastruktur über Einspeise- oder Bezugsbegrenzungen, z. B. durch Minimierung von Last- und Einspeisespitzen bzw. Lastverschiebung
- Integration von prognosebasierten Regelungssystemen zur Minimierung des Energiebedarfs/ Optimierung des Eigenverbrauchs und zur Verringerung von Einspeisespitzen.
- Optimierung des nutzerabhängigen Ladeverhaltens der Elektrofahrzeuge zur Steigerung der Verfügbarkeit bei gleichzeitiger Lastglättung

Methodik

Die verschiedenen Gebäude sind als Anwendungsfälle über detaillierte Modelle mit Bauteilaufbauten, Nutzungsprofilen sowie integrierter Technik bzw. als Last- und Erzeugungsprofile zu entwickeln. Dabei ist es, je nach Messdatenverfügbarkeit und -genauigkeit, eine Entwicklung mathematisch fundierter Algorithmen zu einer Zeitreihenanalyse der Last- und Erzeugungszeitreihen erforderlich. Je nach Betrachtung und Ziel der Ergebnisauswertung kann sowohl die eine als auch die andere Abbildungsebene sinnvoll sein. Für die Integration in Quartiersmodelle kann hierbei insbesondere die Abbildung über Lastprofile angemessen sein, um plattform- und werkzeugunabhängig Variantenbetrachtungen der Quartiersversorgung durchführen zu können. Sollen Kriterien wie Nutzerkomfort, die Funktionalität von Smart-Home-Lösungen, die Integration regenerativer Energien in dezentrale Systeme oder z.B. die Auswirkung zukünftiger Wärmeschutz-Anforderungen auf die Lastprofile untersucht werden, kann auch die Abbildung von Gebäuden über detaillierte Modelle zum Einsatz kommen.

Während für die detaillierte Untersuchung thermischer Systeme aufgrund der zu betrachtenden thermischen Kapazität der Bauteile die Abbildung der Gebäude sinnvoll ist, kann für die Untersuchung des elektrischen Energiebedarfs eher auf einfachere Last- und Erzeugungsprofile zurückgegriffen werden. Sind jedoch die Auswirkungen der Integration von elektrisch betriebenen Wärmepumpen im Gebäudebereich auf den Stromverbrauch in Quartieren Ziel der Untersuchung, ist die Abbildung von Referenzgebäuden in der Modellierung relevant und erforderlich.

Die Modellierung erfolgt unter Beachtung der in den relevanten Normen und Richtlinien definierten Randbedingungen. Ggf. kann bei der Modellierung auf Werkzeuge zur Generierung von Lastprofilen (insbesondere der Trinkwarmwasserbereitung sowie des Strombedarfs in Abhängigkeit der Nutzung) zurückgegriffen werden.

Der Abgleich der in den Modellen ermittelten Bedarfswerte kann über veröffentlichte Verbrauchswerte typischer Nutzungen (z.B. in der VDI 3807, sowie veröffentlichten Verbrauchskennwerten des BMVBS) erfolgen. Über die Abbildung der Lastprofile in Abhängigkeit von sog. „Typtagen“ können ebenfalls Lastgänge ermittelt werden. Entsprechende Angaben sind für Wohngebäude mit bis zu 40 Wohneinheiten in der VDI 4655 enthalten.

Eine andere Möglichkeit der Modellvalidierung ergibt sich über die Auswertung von Messdaten aus dem Gebäudebetrieb. Hierzu sind die im Rahmen eines Monitorings als messtechnische Begleitung des Gebäudebetriebes alle für eine Bewertung des Lastprofils relevanten Messgrößen aufzunehmen. Soll in der weitergehenden Analyse auch der Betrieb der Anlagentechnik bewertet werden, sind entsprechend detaillierte Messgrößen (Speichertemperaturen, Volumenströme, Temperaturen, Pumpenlaufzeiten, Einschaltzeiten etc.) aus dem Gebäudebetrieb aufzunehmen. Die in einem Monitoring des Gebäudebetriebes vorzuhaltende messtechnische Ausstattung ist abhängig von dem Ziel der Untersuchung. Allgemeine Vorgaben zur messtechnischen Ausstattung von Gebäuden im Rahmen eines Monitorings ist in Vorgaben zur Umsetzung der wissenschaftlichen Begleitung von Bauvorhaben definiert (vgl. Messleitfaden – ENERGIEWENDEBAUEN).

Um Quartiere in der Vielfältigkeit ihrer Zusammensetzung abbilden zu können, sind auf der Betrachtung der Gebäudeebene unterschiedliche Nutzungen abzubilden. Je nach Zusammensetzung der Nutzungen in einem Quartier ergeben sich unterschiedliche Lastprofile mit charakteristischem Bedarfsprofil an elektrischer und thermischer Energie, wobei der Kältebedarf insbesondere im Fall von Nichtwohngebäuden oder gewerblichen Nutzungen eine höhere Relevanz hat. Wohngebäude zeichnen sich dagegen durch einfach abbildbare Lastprofile mit deutlichen jahreszeitlichen

Unterschieden aus. Die Herausforderung liegt insbesondere in der Abbildung der gewerblichen Nutzung.

Bei der Abbildung von thermischen Systemen sind insbesondere der Aufbau der Gebäude mit der thermischen Kapazität der Bauteile und den zulässigen Innentemperaturen zu beachten. Die Bereitstellung der thermischen Energie in Form von Wärme und Kälte spielt in der Modellierung ebenso eine Rolle wie die Verteilung, die Speicherung und die Übergabe. Die Abbildung der regelungstechnischen Integration der Komponenten erfordert Knowhow und die Verfügbarkeit von entsprechenden Modellen. Hierbei kann auf unterschiedliche Werkzeuge, wie z.B. TRNSYS, Matlab & Simulink, Modelica, IDA Indoor Climate and Energy, usw., zurückgegriffen werden.

Basis der Simulation sind in jedem Fall die klimatischen Randbedingungen sowie Nutzerprofile auf Gebäudeebene. Diese Randbedingungen sind auch bei der Simulation elektrischer Energieversorgungssysteme zu beachten. Werden strombasierte Systeme zur Wärme- oder Kältebereitstellung betrachtet, sind beide Modellebenen gemeinsam zu betrachten.

Um die elektrischen Verbräuche sowie die elektrische Erzeugung (z. B. Photovoltaik) der Gebäude im Quartier zu modellieren, sollen basierend auf realen Messdaten synthetische Last- und Einspeiseverläufe erzeugt werden. Der Vorteil synthetischer Lastzeitreihen besteht darin, dass hiermit mehr Verbraucher modelliert werden können, als die Anzahl der gemessenen Lastzeitreihen eigentlich zulässt. Das ermöglicht insbesondere hinsichtlich Lastschwankungen realistischere Lastmodelle. Zur Generierung der Verläufe soll u. a. auf Modelle aus dem Bereich der Zeitreihenanalyse zurückgegriffen werden. Neben den synthetisch generierten Zeitreihen für Last und Erzeugung werden ferner entsprechende Prognosezeitreihen generiert. Hierzu sollen sowohl Modelle aus dem Bereich der Zeitreihenanalyse als auch aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz zum Einsatz kommen. Die synthetischen Verläufe sowie die Prognosen sollen als Grundlage für die elektrische Optimierung der Gebäude dienen.

Für die elektrische Optimierung der Gebäude werden Lasten, Verbräuche sowie Verlagerungszeiten ausgewählter Haushaltsgeräte (z. B. weiße Ware) sowie elektrische Speichertechnologien definiert. Es werden unterschiedliche Flexibilitätsoptionen unter Berücksichtigung der Last- und Erzeugungsprognosen untersucht, z. B. Lastverschiebung, Einsatz von Energiespeicher, Einbindung von E-Mobilität. Ferner sollen sektorübergreifende Flexibilitätsoptionen wie die Wärmepumpen untersucht werden.

Die Basis der Entwicklung hinsichtlich energetischer und wirtschaftlicher Kriterien optimierter Nachhaltigkeitsstrategien für Gebäude und Quartiere stellt die Entwicklung der Simulationsmodelle zur Beschreibung des Systemverhaltens dar. Neben der simulationsbasierten Optimierung werden auch mathematische Optimierungsmethoden sowie eine Kombination aus beide Anwendungen Gebrauch finden. In Abhängigkeit der Optimierungsziele der Szenarien sind bestimmte Variablen der entwickelten Simulationsmodelle zur Minimierung oder Maximierung einer Zielfunktion automatisiert über den Optimierer und Simulator zu variieren, um so Handlungsalternativen untersuchen und bewerten zu können. Die Handlungsalternativen werden hierbei durch die Variablen des Simulationsmodells beschrieben. Die Bewertung der verschiedenen energetischen, technischen und bauphysikalischen Handlungsalternativen auf Gebäudeebene ist Arbeitsinhalt in Anwendungsfall C.

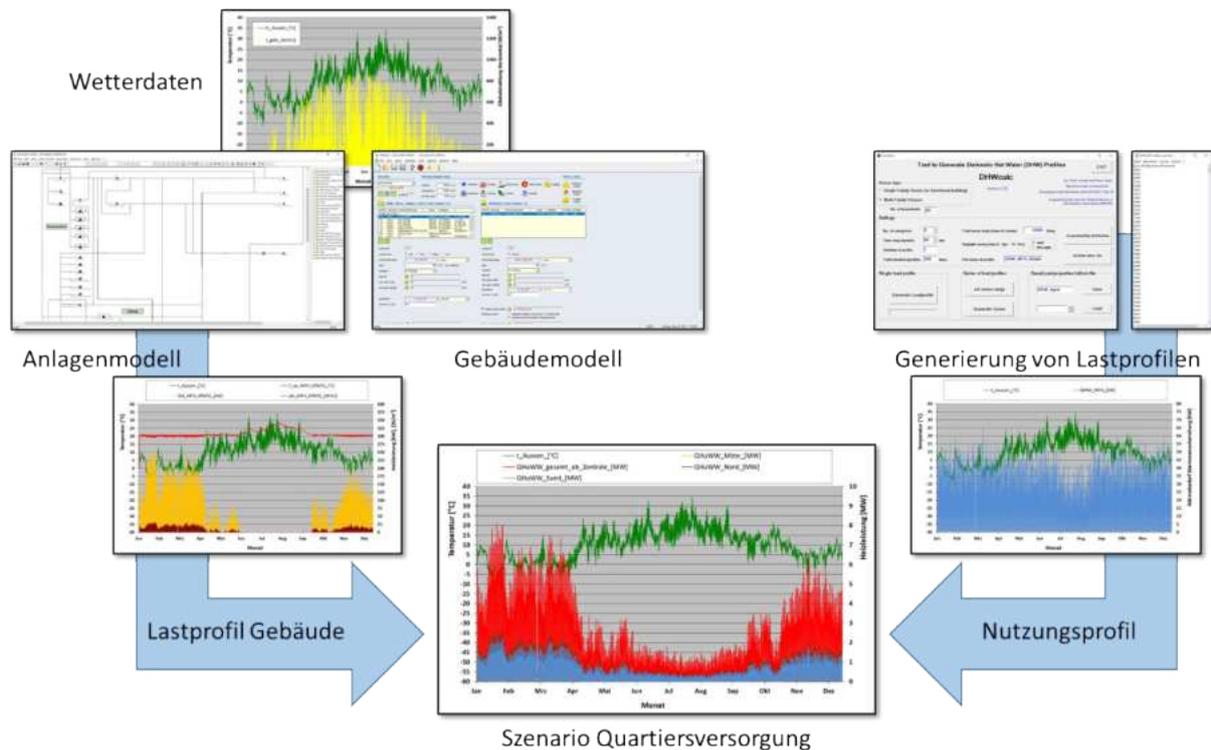


Abbildung 1: Vorgehen der Entwicklung eines Szenarios für eine Quartiersversorgung auf Basis von Referenzmodellen unterschiedlicher Gebäudetypologien und -nutzungen

Forschungsfragen

1. Wie lassen sich elektrische und thermische Energieversorgungssysteme hinsichtlich ihres Regelverhaltens in modernen Versorgungsszenarien integrieren? (TUBS, HS EL, HS OF)
2. Auf Basis welcher Angaben können bedarfsgerechte Lastprofile unterschiedlicher Gebäudetypologien und -nutzungen generiert werden? (HS EL, HS OF)
3. Auf welcher Datenbasis können hinreichend genaue technische Bewertungen vorhandener Lastprofile erarbeitet und Empfehlungen für das Lastmanagement in Quartieren entwickelt werden? (HS EL, HS OF)
4. Wie lassen sich Prognosen quasi nach dem Plug&Play Betrieb auf Gebäudeebene erfolgreich einsetzen? (HS EL, HS OF, IWI@LUH)
5. Wie beeinflussen Last- und Erzeugungsprognosen die Energieoptimierung von Gebäuden? Welche Prognosequalitäten sind erforderlich? Welche zeitliche Auflösung und welcher Prognosehorizont sind sinnvoll bzw. realisierbar? (HS EL (elektrische Systeme), HS OF (thermische Systeme), TUBS (Batteriespeicher), IWI@LUH)
6. Welche Lastmanagement-Methoden sind im Bereich Gebäude im betrachteten Quartieren realisierbar? Welche Methoden sind technisch sowie wirtschaftlich sinnvoll und umsetzbar? (HS EL (elektrische Seite), HS OF (thermische Seite), IWI@LUH (wirtschaftliche Seite), TUBS (Speicher))
7. Welche Lastverschiebungs-/ Lastreduktionspotenziale gibt es für die unterschiedlich genutzten Gebäude im Quartier? (HS OF, HS EL)

8. Wie sind Energiespeicher im Hinblick auf die Erreichung optimierter Verbrauchs- und Emissionswerte (z.B. in Nullenergie-Gebäuden) auszulegen und in Energieversorgungssysteme einzubinden? (TUBS)
9. Inwieweit wird das technische Potential (z.B. Vollbenutzungstunden, Abschätzung Lebensdauer, ggf. Abschätzung Emissionsreduktion) von (mehrfachgenutzten) stationären Speichern bei reiner Energieoptimierung auf Gebäudeebene ausgenutzt? (TUBS, HS OF, HS EL)
10. Welcher finanzielle Mehrwert kann den einzelnen Akteuren durch eine Gebäudeenergieoptimierung geboten werden? (IWI@LUH, TUBS)
11. Wie ist der wirtschaftliche / monetäre Nutzen der simultanen Mehrfachnutzung von Speichersystemen auf Gebäudeebene zu bemessen? (TUBS, HS OF, IWI@LUH)

Schnittstellen mit anderen Anwendungsfällen

12. Welche Messpunkte sind in MSR-Systemen von Bestandsgebäuden nachzurüsten, um den Datentransfer mit Energiemanagementsystemen (EMS) auf lokaler Basis zu ermöglichen? (HS EL, HS OF) (Schnittstelle: D, E)
13. Inwieweit lässt sich Lastflexibilisierung in Gebäuden von Quartieren durch Energiespeicher (elektrisch/thermisch) einsetzen? (TUBS, HS OF, HS EL) (Schnittstelle: D, E)
14. Inwieweit können durch die Energieoptimierung auf Gebäudeebene CO₂-Emissionen eingespart werden? (HS OF) (Schnittstelle: D)
15. Was sind effektive (Mess- und) Betriebskonzepte für simultan mehrfachgenutzte Speichersysteme hinsichtlich der Energieoptimierung bzw. Eigenverbrauchsoptimierung auf Gebäudeebene mit Ausblick auf die Verbundoptimierung und Flexibilitätsbereitstellung? (TUBS) (Schnittstelle: D und E)

Resultierende Anforderungen an die Energieversorgungsszenarien

Allgemein:

- Statische/dynamische Beschreibung der untersuchten Quartiere
- IKT-Infrastruktur und Möglichkeit der Steuerung
- Definition der Versorgungsszenarien

Betriebsmittel/-anlagen:

- Zeitliche Auflösung
- Thermische und elektrische Erzeugungs- und Lastdaten aus Messungen in Gebäuden und Quartieren (HS EL, HS OF → Gewerbebetrieb auch elektrisch)
- Ausstattung der Gebäude mit Verbrauchern
 - o Detaillierte Abbildung von Großverbrauchern
 - o Zusammenfassende Abbildung von Kleinverbrauchern
- Erzeugungsstruktur

- Energiespeicher
- Mobilitätsverhalten der Personen (E-Mobilität)
 - o Nutzungsrechte (Rohdaten und aufbereiteten Daten)?

2.2.4 Anwendungsfall D – Energieoptimierung von Gebäuden im Verbund durch gemeinsame Bewirtschaftung von Ressourcen und Betriebsmitteln (Speicher, Erzeuger, Infrastruktur)

Verantwortlicher Partner: TUBS

Beteiligte Institution: Ostfalia, HS EL, IWI@LUH, EI@LUH

Stand: 04.05.2020

Beschreibung des Anwendungsfalls

Motivation / Zielsetzung:

Mittels der IKT-basierten Vernetzung der steuerbaren Komponenten aller Gebäude, Erzeugungsanlagen und der zugehörigen Infrastruktur im Quartier kann eine ganzheitliche thermische und elektrische Energieoptimierung im Anlagenverbund durchgeführt werden. Ziel der Verbundoptimierung ist die gemeinsame Bewirtschaftung der erneuerbaren Energiequellen, sodass die betriebswirtschaftliche Bilanz maximiert, der Eigenverbrauch maximiert, die Energieeffizienz gesteigert und somit CO₂-Emissionen verringert werden. Darüber hinaus ist durch die Energieoptimierung auf Quartiersebene ggf. eine weitere Steigerung des Autarkiegrads in Verbindung mit dem Anwendungsfall der autonomen Energieoptimierung einzelner Haushalte möglich. Dazu werden entstehende positive Skaleneffekte u.a. im Bereich der Energieerzeugung des Wohnquartiers genutzt. Ein weiteres Ziel der Energieoptimierung auf Quartiersebene ist die Identifikation und Quantifizierung des Flexibilitätspotentials. Durch die Energieoptimierung im Verbund wird zugleich ein Pooling der Erzeugungs- und Verbrauchsstrukturen auf Quartiersebene betrieben und somit ggf. die geforderte Angebotsgröße zur Teilnahme an den verschiedenen Energiemärkten erreicht. Dadurch kann das Flexibilitätspotentials anschließend über das Wohnquartier hinaus genutzt werden. Dementsprechend kann dieser Anwendungsfall relevante Vorarbeit liefern bzw. als Schnittstelle zur Vermarktung der Flexibilität dienen. Gemäß den vorherigen Erläuterungen lassen sich die folgenden Optimierungsziele für den Anwendungsfall der Verbundoptimierung ableiten:

- Wirtschaftliche, technische, energetische und ökologische Optimierung der Energienutzung auf Quartiersebene
- Minimierung der Strombeschaffungskosten
- Optimierter Einsatz von Flexibilitätspotentialen (zu nachgelagerten Vermarktungszwecken)
- Minimierung der Strombeschaffungskosten am Strommarkt
- Minimierung der Lastspitzen / Lastglättung auf der übergeordneten Netzebene
- Optimierung des nutzerabhängigen Ladeverhaltens der Elektrofahrzeuge zur Steigerung der Verfügbarkeit bei gleichzeitiger Lastglättung
- Erhöhung der regenerativen Lastdeckung mit dem Ziel der Minimierung der CO₂-Emissionen

- Maximierung der Gewinne der einzelnen Akteure

In Abhängigkeit vom Projektverlauf und den betrachteten Energieversorgungskonzepten erfolgt eine Anpassung und ggf. die Ableitung weiterer Optimierungsziele.

Methodik:

Die Umsetzung der Verbundoptimierung erfolgt auf Basis einer effektiven Steuerung aller kommunikationsfähigen und regelbaren Komponenten des Quartiers. Dazu wird eine Verbindung zu den Energiemanagementsystemen (EMS) der Wohngebäude bzw. Haushalte hergestellt und deren Betriebsweise, die bislang auf eine autonome Energieoptimierung ausgerichtet war angepasst und auf Quartiersebene ausgerichtet. Die Optimierung kann dabei in Abhängigkeit vom gewählten Energieversorgungskonzept des Quartiers verteilt, zentral oder kombiniert durch ein Quartier-EMS und BEMS (Building-EMS) sowie HEMS (Household-EMS) erfolgen. Die nachfolgende Abbildung 2 verdeutlicht die im Rahmen der Verbundoptimierung durchzuführende Vernetzung und Eingliederung der EMS auf Gebäudeebene.

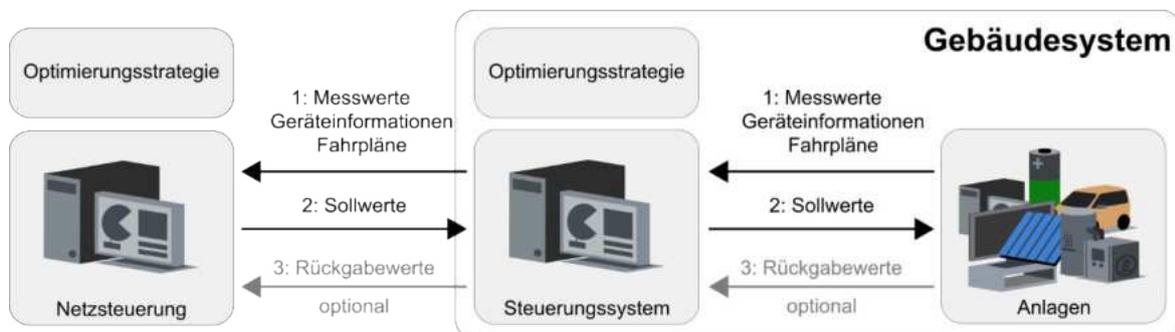


Abbildung 2: Eingliederung der Haushalte in ein übergeordnetes Quartiers-EMS (Vgl. [BLA19])

Gemäß Abbildung 2 liefern in (1) die Anlagen eines Gebäudes oder eines Haushaltes Messwerte, Geräteinformationen oder prognosegenerierte Fahrpläne an das Gebäude-EMS. Dieses sendet die Informationen mit einer optionalen Manipulation weiter an die Quartier-EMS. Anschließend werden in (2) die Sollwerte auf Basis der gewählten Optimierungsstrategie berechnet und an das Gebäude-EMS bzw. an die verbundenen Komponenten gesendet. In (3) setzen die Anlagen die Steuerungssignale im Rahmen ihrer technischen Restriktionen um. Als Option kann nochmals ein Feedback an das Gebäude-EMS und Quartier-EMS gesendet werden, um Soll-Ist-Abweichungen festzustellen und ggf. auszugleichen. [BLA19]

In Abhängigkeit vom Anwendungsfall der autonomen Energieoptimierung von Einzelhaushalten werden die im Zuge dessen entwickelten Modelle der Haushalte und Anlagen in die Verbundoptimierung eingegliedert. Die übrigen thermischen und elektrischen Komponenten des Quartiersenergiesystems, wie z. B. ein zentraler elektrochemischer Quartierspeicher oder Windkraftanlagen werden, falls dies nicht in einem anderen Anwendungsfall bereits erfolgt ist, modelliert und anschließend ebenfalls in das Quartier-EMS integriert bzw. mit dieser vernetzt.

Eine Möglichkeit zur Ausgestaltung der koordinierten Verbundoptimierung ist der Einsatz eines Multiagentensystems (MAS). Hierbei agieren die Gebäude, Haushalte, Erzeugungsanlagen, Speicheranlagen und Ladeinfrastruktur als Agenten mit dem Ziel gemeinsam eine übergeordnete Problemstellung zu lösen [FER99]. Die nachfolgende Abbildung 3 verdeutlicht die rudimentäre

Ausgestaltung des MAS als Verbundoptimierung bzw. als verteiltes Steuerungssystem im Wohnquartier.

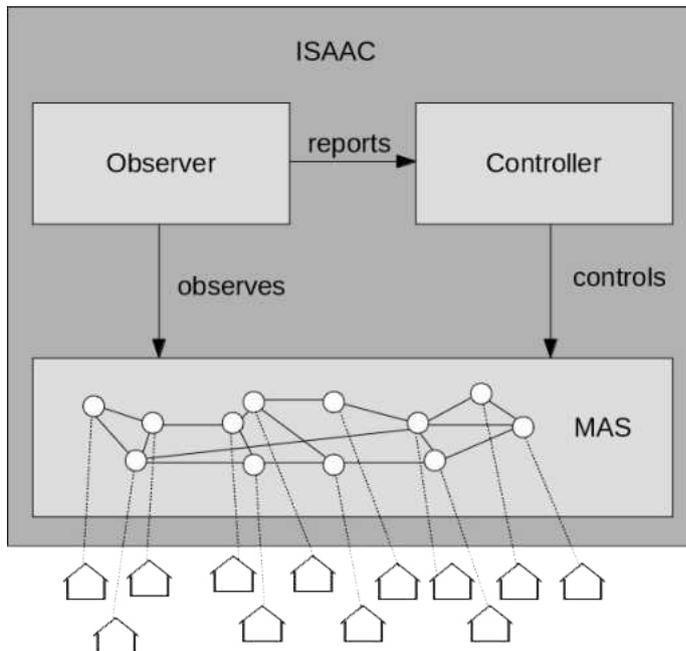


Abbildung 3: Rudimentäre Ausgestaltung der Verbundoptimierung als MAS [BLA19]

Forschungsfragen

Zentral: Inwiefern können auf Basis der durchgeführten Untersuchungen Referenzsysteme für Energieversorgungs- und Energieoptimierungskonzepte von Wohnquartieren entwickelt werden?

Technische Forschungsfragen

1. Was sind effektive Betriebskonzepte zur Energieoptimierung bzw. Eigenverbrauchsmaximierung eines EMS auf Quartiersebene? Inwiefern sind kompetitive dezentrale Markt Konzepte im Rahmen eines Quartiers eine effiziente Alternative zur kooperativen Optimierung? [EI@LUH, TUBS, Ostfalia (thermisch), HS EL (elektrisch); Schnittstelle: C und E]
2. Was sind effektive Betriebskonzepte, um Flexibilitätspotentiale im Quartier zu identifizieren und anschließend intern zur Verfügung zu stellen bzw. über das Quartier hinaus zu vermarkten? [EI@LUH, TUBS, Ostfalia, HS EL; Schnittstelle: C und E]
3. Wie kann mit der Störung bzw. Nichterreichbarkeit einzelner Anlagen umgegangen werden? (Zusätzliches Betriebskonzept im Sinne von Forschungsfrage 2) [EI@LUH; TUBS; Ostfalia, HS EL; Schnittstelle: F]
4. Identifikation von Betriebskonzepten zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen im und über dem Quartier hinaus (z. B. Netzengpassmanagement im Verteilungsnetz) und dem Ausgleich von Bilanzkreisabweichungen. [HS EL, EI@LUH; Schnittstelle: A und F]
5. Inwiefern kann durch Energieoptimierung im Verbund das gesamte technische Potential (Steigerung Effizienz der Speichernutzung bzw. Vollbenutzungsstunden) von stationären

- Speichern ausgeschöpft bzw. signifikant ggü. dem eigenverbrauchsorientierten Speicherbetrieb erhöht werden? [TUBS, HS OF; Schnittstelle: C]
6. Welche Auswirkungen hat die gesamtheitliche Energieoptimierung im Wohnquartier auf die Dimensionierung der eingesetzten Betriebsmittel / des BSS? Welche Implikationen sind daraus für zukünftige Projekte mit Energieoptimierung im Verbund ableitbar? [TUBS, IWI@LUH, HS OF; Schnittstelle: B und C]
 7. Welchen Daten müssen zwischen den Agenten mindestens geteilt werden? Wie können diese Daten sicher übertragen werden? [EI@LUH; Schnittstelle: E]
 8. Reicht eine Betrachtung der Wirkleistung für ein stabiles Quartierenergiesystem oder ist eine Betrachtung der Blindleistung ebenfalls erforderlich? [HS EL]
 9. Wie würde ein geeignetes Abrechnungssystem gestaltet werden? [EI@LUH; Schnittstelle E]
 10. Wie beeinflussen Last- und Erzeugungsprognosen die Energieoptimierung von Gebäuden in Quartieren? Welche Prognosequalitäten sind erforderlich? Welche zeitliche Auflösung und welcher Prognosehorizont sind sinnvoll bzw. realisierbar? [HS EL (elektrische Systeme), HS OF (thermische Systeme, IWI@LUH, TUBS (Batteriespeicher); Schnittstelle: C]

Anwendungsfallspezifische wirtschaftliche Forschungsfragen

11. Wie können die Kosten der Flexibilitätpotentiale optimal dargestellt werden? [IWI@LUH; Schnittstelle: E]
12. Inwieweit können durch die Energieoptimierung auf Quartiersebene CO₂-Emissionen eingespart werden? [Ostfalia (Bilanziell für Referenzwert)]
13. Wie ist der wirtschaftliche / monetäre Nutzen der simultanen Mehrfachnutzung von Speichersystemen auf Quartiersebene zu bemessen? [TUBS; Schnittstelle: C]

Anwendungsfallübergreifende wirtschaftliche Forschungsfragen

14. Welcher finanzielle Mehrwert kann den einzelnen Akteuren durch eine Quartiersenergieoptimierung und externe Flexibilitätsvermarktung geboten werden? [IWI@LUH; EI@LUH; TUBS]

Resultierende Anforderungen an die Energieversorgungsszenarien

Allgemein:

- Genaue Kenntnis über das Quartier zur Dimensionierung der Betriebsmittel
- IKT-Infrastruktur und Möglichkeit der Steuerung
- Siehe Hinweis zu Interaktionen mit anderen Anwendungsfällen in AF E

Betriebsmittel/-anlagen:

- Erzeugungsanlagen:
 - o PV-Anlagen

- Speichertechnologien:
 - o Batterieelektrisch
 - o Puffer-Wärmespeicher
- Verschiebbare Lasten:
 - o Kühlanlagen
 - o Gewerbe
 - o Schwimmbäder
- Verschiebbare Erzeugung:
 - o BHKW
- Infrastruktur:
 - o Fernwärme
 - o IKT-Infrastruktur und Möglichkeit der Steuerung
- Sektorkoppelnde Elemente
- Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur
- Wärmepumpe

Simulationsanforderungen:

- Zeitliche Auflösung der Austauschparameter (Elektr. Minutenbasis / Therm. Viertelstunde)

Datenbasis:

- Von den Gebäuden/Anlagen:
 - o Last/Erzeugungsprofile
 - o Flexibilitätspotentiale
 - o Entstehende Kosten

Relevante Hintergrundannahmen

In der aktuellen Ausgestaltung wird die Kopplungsfähigkeit der im Rahmen des Anwendungsfalls der autonomen Energieoptimierung der Einzelhaushalte mit dem Modell der Verbundoptimierung vorausgesetzt.

Literaturverzeichnis

[BLA19] Blaufuß, Christoph; Dumeier, Marcel; Kleinau, Maren; Krause, Henning; Minnemann, Julien; Nebel-Wenner, Marvin et al. (2019): Development of a Process for Integrated Development and Evaluation of Energy Scenarios for Lower Saxony – Final Report of the Research Project NEDS.

[FER99] Ferber, Jacques (1999): Multi-agent systems. An introduction to distributed artificial intelligence. Harlow: Addison-Wesley.

2.2.5 Anwendungsfall E - Vermarktung von Flexibilitäten an Dritte (z.B. Aggregatoren bzw. Netzbetreiber)

Verantwortlicher Partner: EI@LUH

Beteiligte Institutionen: EI@LUH, IWI@LUH, TUBS, HS EL

Interessierte Institutionen: OFFIS/UOL

Stand: 05.06.2020

Beschreibung des Anwendungsfalls

Innerhalb eines Quartiers sind verschiedene Flexibilitäten möglich. Dies sind zunächst die klassischen Flexibilitäten wie elektrische Speicher und thermische Speicher. Letztere können insbesondere durch Sektorkopplung genutzt werden. Außerdem können auch verschiebbare Lasten z.B. von Kühlhäusern oder Schwimmbädern aber auch verschiebbare Ladevorgänge von Elektroautos als Flexibilitäten genutzt werden. Auch bestimmte Erzeugungsanlagen können ihre Erzeugung zeitlich verschieben und so Flexibilität bereitstellen. Neben klassischen Kraftwerken sind dies insbesondere Blockheizkraftwerke (BHKWs) sowie Biogasanlagen.

Während diese Flexibilitäten einerseits innerhalb des Quartiers genutzt werden können um z.B. die Energienutzung erneuerbarer Energien zu optimieren, können diese andererseits auch außerhalb des Quartiers eine Anwendung finden. Dabei können die verschiedenen Akteure des Quartiers durch einen Aggregator als Verbund agieren.

Auf verschiedenen Märkten wie z. B. dem Intra-Day Markt und den Regelenergiemärkten aber auch für andere Systemdienstleistungen, wie z.B. Blindleistungsbereitstellung, kann der Aggregator so mit der Hilfe der Flexibilität Produkte anbieten. Durch diese Produkte kann einerseits das Energiesystem weiter gestützt werden. Andererseits entsteht so auch zusätzliches Einkommen für die Akteure.

Dazu ist es zunächst wichtig, dass die Flexibilität richtig abgebildet und aus den unterschiedlichen Quellen sinnvoll aggregiert wird. Während des Betriebs ist zusätzlich eine intelligente Steuerung der Anlagen notwendig, die flexibel auf Änderungen von Last und Erzeugung reagieren kann.

Technische Forschungsfragen

1. Wie kann technisch gesehen Flexibilität aus dem Quartier gebündelt an Märkten angeboten werden? (EI@LUH)
2. Wie können die Ziele einzelner Teilnehmer aus dem Quartier abgebildet werden? (EI@LUH)
3. Wie lässt es sich technisch gewährleisten, dass Anlagen jederzeit dem Verbund beitreten bzw. diesen auch wieder verlassen können? (EI@LUH)
4. Welchen Einfluss hat die Netztopologie auf die Flexibilität bei der Aggregation innerhalb des Quartiers um Netzengpässe bzw. kritische Netzzustände vorzubeugen? (EI@LUH, HS EL)

5. Wie kann Flexibilität sicher abgerechnet werden? (EI@LUH)

Anwendungsfallspezifische wirtschaftliche Forschungsfrage

6. An welchen aktuellen Märkten können Gewinne erzielt werden? (IWI@LUH, EI@LUH, TUBS)

Die folgenden Märkte bzw. marktähnliche Formen können untersucht werden:

- a. Sekundär Regelleistungsmarkt
- b. Tertiäre Regelleistungsmarkt
- c. Intraday-Markt
- d. Day-Ahead-Markt

7. Welche Flexibilitäten bieten dabei den größten finanziellen Mehrwert für den Arregator? (IWI@LUH, EI@LUH, TUBS)

- a. Wie sind unterschiedliche Speichertechnologien als Flexibilitäten zu bewerten?
- b. Wie ist der zusätzliche wirtschaftliche Mehrwert durch sektorkoppelnde Flexibilitäten?

Anwendungsfallübergreifende wirtschaftliche Forschungsfragen:

8. Welcher finanzielle Mehrwert kann den einzelnen Akteuren durch eine Quartiersenergieoptimierung und externe Flexibilitätsvermarktung geboten werden? (IWI@LUH, EI@LUH, TUBS, siehe Anwendungsfall C und D)

Relevante Hintergrundannahmen

Es werden die Energiemärkte sowie Regelenergiemärkte betrachtet, wie sie bei aktueller Regulierung existieren, sodass vergangene Marktergebnisse zum Vergleich herangezogen werden können.

Interaktion mit anderen Anwendungsfällen

Anwendungsfälle C/D:

Die wirtschaftlichen Fragestellungen sollten in C/D/E ähnlich gestellt werden. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass ähnliche Annahmen verwendet werden und ähnliche Kenngrößen simuliert werden. Es soll damit sichergestellt werden, dass die Anwendungsfälle vergleichbar sind.

Anwendungsfall D:

Technisch baut Anwendungsfall E eindeutig auf Anwendungsfall D auf. Dabei soll das MAS-System, das für Anwendungsfall D genutzt wird, nur erweitert werden und dieselben Schnittstellen wie bei Anwendungsfall D genutzt werden. Dies wird unter anderem dadurch ermöglicht, dass dieselben Akteure beteiligt sind (TUBS, EI@LUH, IWI@LUH).

Anwendungsfälle A/F:

Die Anwendungsfälle A/F simulieren weitere technische Fragestellungen insbesondere im Bereich stabile IKT und robuster Netzbetrieb. Dabei sollten wir uns eng abstimmen.

Resultierende Anforderungen an die Energieversorgungsszenarien

Betriebsmittel/Anlagen

- Verschiedene Speichertechnologien:
 - o Batterieelektrisch
 - o Pufferspeicher Wärme
 - o Szenarien mit verschiedenen Technologien, sodass ein Vergleich gezogen werden kann
- Verschiebbare Lasten:
 - o Kühlanlagen z.B. in Supermärkten
 - o Gewerbe
 - o Schwimmbad
- Verschiebbare Erzeugung:
 - o BHKW
- Sektorkoppelnde Elemente:
 - o E-Mobilität
 - o Wärmepumpen
- Betrachtung des elektrischen Netzes

Simulationsanforderungen

- Prognosedaten + echte Daten
- Zeitliche Auflösung von wenigen Minuten für sekundär Regelleistungsmarkt notwendig
Daten
- Marktdaten im richtigen Jahr mit passender zeitlicher Auflösung von
 - o Sekundär Regelleistungsmarkt
 - o Tertiäre Regelleistungsmarkt
 - o Intraday-Markt
 - o Day-Ahead-Markt
- Einsatzzeitpunkte für Regelleistung (Kann alternativ auch gut simuliert werden)
- Von den Gebäuden/Anlagen:

- Last/Erzeugungsprofile
- Flexibilitätspotentiale
- Die genaue Abschätzung ist Teil von den Anwendungsfällen C und D entstehende Kosten

Literatur

Mauser, J. Mueller, K. Foerderer and H. Schmeck, "Definition, Modeling, and Communication of Flexibility in Smart Buildings and Smart Grid," International ETG Congress 2017, Bonn, Germany, 2017, pp. 1-6.

A. Mashlakov et al., "Use Case Description of Real-Time Control of Microgrid Flexibility," 2018 15th International Conference on the European Energy Market (EEM), Lodz, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/EEM.2018.8469218.

2.2.6 Anwendungsfall F - robuste und stabile Betriebsführung / Berücksichtigung natürlicher und unnatürlicher Störungen des Systems

Verantwortlicher Partner: DLR VE

Beteiligte Institution: OFFIS/UOL

Stand: 09.06.2020

Beschreibung des Anwendungsfalls

Der Betrieb von Arealnetzen erreicht seine robuste Betriebsführung üblicherweise zum einen über die Auslegung der eigenen Versorgungsinfrastruktur, d.h. Planungsgrundsätze, technische Anschlussbedingungen, technische Anwendungsregeln (AR) und Standards. Zum anderen werden die maßgeblichen Systemdienstleistungen, wie z.B. Momentanreserve, Frequenz- und Spannungshaltung sowie Netzwiederaufbau über den Netzanschlusspunkt vom vorgelagerten Netz bereitgestellt.

Neuartige Arealkonzepte bringen aber eine Vielzahl an Innovationen mit sich, die in der bisherigen Form der Sicherstellung des robusten Netzbetriebs durch Systemdienstleistungen nicht mehr ausreichend berücksichtigt werden können. Dazu gehören:

- Starke Interaktion der Teilnehmer durch Energiemanagementaktivitäten (Effizienzoptimierung, Autarkiebestrebungen o.ä. siehe Anwendungsfall A)
- Starke Interaktion der Teilnehmer durch energiewirtschaftliche Interessen (z.B. Energiehandel, entgeltlich motivierte Bereitstellung von Systemdienstleistungen)
- Hoher IKT-Vernetzungsgrad mit erweiterten Eingriffs- und Manipulationsmöglichkeiten auf Teilnehmerebene
- Steigender Anteil von lokaler Einspeisung durch fluktuierende Erneuerbare Energien Erzeugung

- Zunehmender Anteil von leistungselektronisch operierenden Netzteilnehmern, die mit eigenen Regelungskonzepten eine Rückwirkung auf die Systemstabilität haben.
- Veränderte Netznutzung durch neue Verbraucher oder Sektorenkopplung, z.B. Elektromobilität und Wärmepumpen
- Bestrebungen der Arealnetze, sich durch eine zeitweise Autonomie von Netzstörungen im vorgelagerten Netz unabhängig zu machen
- Erweiterte Flexibilitätsanforderungen an Areale, die aus einer Neukonzeption der gesamten europäischen Energieversorgung (Clean Energy Package, CEP) motiviert sind.

Der Anwendungsfall ist auf Areale bezogen. Der Zuschnitt an neue Regeln, Erweiterungen von bestehenden Systemdienstleistungen, Definition von neuartigen Systemdienstleistungen, Schutzkonzepten (Safety & security) sowie der Beurteilung der Stabilität von verteilten Regelungskonzepten soll Bestandteil dieser Aufgabenstellung sein.

Forschungsfragen

1. Welche Anforderungen stellen die Interaktionen aus dem Energiemanagement an die robuste Systemführung?
2. Welche Anforderungen stellen die Interaktionen aus energiewirtschaftlichen Interessen an die robuste Systemführung?
3. Welche Eingriffsmöglichkeiten bestehen durch IKT auf Arealnetzebene?
4. Welche Manipulationsstrategien durch IKT sind im Arealnetz vorstellbar?
 - Strategien für die Energieoptimierung werden in AF A formuliert.
5. Welche erweiterten Schutzmechanismen (safety & security) werden zur Einhaltung eines stabilen Netzbetriebs erforderlich?
6. Welche Maßnahmen / Regeln sind für einen robusten Netzbetrieb in Arealnetzen sinnvoll, wenn ein zeitweiser Inselbetrieb angestrebt wird?
7. Welchen Einfluss hat der zunehmende Einsatz von Leistungselektronik in den Verteilnetzen?
 - a. Spannungshaltung
 - b. Netzschutz
 - c. Ungewollte Interaktionen von Regelungskonzepten
8. Welchen Einfluss hat die veränderte Netznutzungssituation (Verhalten der Netzteilnehmer, veränderte Gleichzeitigkeitsfaktoren, stärker fluktuierende Einspeisung) auf die Maßnahmen zur robusten Systemführung?
9. Welche zusätzlichen Fragestellungen an die Systemstabilität trägt das Clean-Energy-Package der Europäischen Union in die Gestaltung der Arealnetze ein?
10. Welche Wechselwirkungen der Kommunikation (Bandbreitenengpass, konkurrierender Zugriff auf ein Medium) existieren in hochintegrierten Quartiers-IKT und -Energiesystemen?

Einfluss von externen Signalen wie Strompreis auf die interne Stabilität.

Alle diese Fragestellungen sollen sowohl in digitalen Simulationen als auch in Laborexperimenten bearbeitet werden können. Die Interaktion der Labore des EFZN ist dafür erforderlich und soll für diesen Anwendungsfall eine besondere Gewichtung erhalten.

Relevante Hintergrundannahmen

Die relevanten Hintergrundannahmen betreffen die Ausgestaltung der zukünftigen Szenarien. Diese werden nicht in dem Projekt ZLE vorgenommen.

- Die Zukunftsszenarien sind geeigneten Entwürfen, Studien oder Forschungsergebnissen zu entnehmen.
- Das Clean Energy Package der EU beschreibt grob den Regulierungsrahmen der zumindest nächsten 10-15 Jahre.
- Der Bedarf an zusätzlicher Forschung zu Systemdienstleistungen orientiert sich an aktuellen Veröffentlichungen, wie z.B. die Forschungsroadmap Systemdienstleistungen des Forschungsnetzwerks Energie und der Systemdienstleistungs-Roadmap der DENA
- Der aktuelle Regulierungsrahmen wird zur Kenntnis genommen, kann aber für wissenschaftliche Fragestellungen als untergeordnet betrachtet werden. Innovative Konzepte scheiden nicht grundsätzlich durch Kollision mit dem bestehenden Rechtsrahmen aus.

Interaktion mit anderen Anwendungsfällen

Anwendungsfälle A:

Die Systemstabilität und Robustheit der Szenarien von AF A werden untersucht.

Instabile und kritische Bedingungen, die Ergebnisse der Regelalgorithmen in den Szenarien sind, werden analysiert.

Anwendungsfall B:

Die Technologieakzeptanz und Nutzungsbereitschaft der IKT-Geräte für Mess- und Überwachungssysteme, die in AF A/F betrachtet sind, werden in AF B untersucht.

Anwendungsfall C/D:

Information über die Regelungsstrategie für die Untersuchung der Wechselwirkungen der Strategien in Anwendungsfälle C/D.

Anwendungsfall E:

Information über die Vermarktung der Flexibilitäten für die Untersuchung der Wechselwirkungen der Strategien.

Welchen Einfluss haben diese Strategien auf die Stabilität des Energiesystems?

Resultierende Anforderungen an die Energieversorgungsszenarien

Betriebsmittel/Anlagen

- Energieversorgung
 - o Stromnetz
 - o Gas
- Energie Technologien (Elektrische Eigenschaften)
 - o PV
 - o Wind
 - o Wärmepumpen
 - o BHKW
 - o Brennstoffzellen
- Speicher
 - o Batterieelektrisch
 - o Pufferspeicher Wärme
- E-Mobilität
 - o E-Autos (Bewohner)
 - o Ladestation

Messtechnologien

- Gelände
 - o Beleuchtungssensor
 - o Eigenverbrauch gesamt
 - o Verbrauch Ladepunkt / Steckdose
 - o Verbrauch der Leuchte
 - o Feinstaub
 - o Temperatur
 - o Luftfeuchte, relativ
 - o Sky Imager/ Wetterbeobachtung
- Gebäude
 - o Netzanalysator/ Stromzähler
 - o Wärmemengenzähler

Simulationsanforderungen

- Transiente Stabilität <1s
- Energiemengenausgleich <1 min

Daten

- Gebraucht
 - o Beschreibungen der verwendeten Geräte (Erzeuger und IKT)
 - o Räumliche Verteilung der Anwender
 - o Messdaten (Echte Daten)
 - o Erzeuger- und Verbraucherprognosedaten
 - o Wetterdaten
 - o Preissignale
 - o Individuelle Lastprofile
 - o Energiebedarf durch Mobilität

2.3 Quartiersbeschreibungen

2.3.1 ENaQ - Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg



Abbildung 4: Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg

Kurzinfo

Standort: Oldenburg, Niedersachsen

Projektbeteiligung: 21 Partner (Koordination: OFFIS)

Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und
für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Bundesministeriums

Projektlaufzeit: 01/2018 – 12/2022

Ansprechpartner: Dr. Ing. Sven Rosinger (sven.rosinger@offis.de)

Weblink: <https://www.enaq-fliegerhorst.de/>

Ziel: „ein klimaneutrales Quartier auf einer Teilfläche des stillgelegten Fliegerhorsts in Oldenburg als Reallabor zu konzipieren und umzusetzen.“

Kooperation: Nutzbarkeit / Veröffentlichung der Daten nach Zustimmung

Alleinstellungsmerkmale

Versuchs- und Testfeld für technische und nicht-technische Innovationen, gemeinschaftliche Wohnprojekte, neuartige Versorgungs- und Mobilitätskonzepte auf Quartiersebene.

ENaQ als zentraler Baustein der Vision Smart City Oldenburg.

Partizipation der Bürger*innen Oldenburgs an Forschung und Ausgestaltung.

Systemgrenzen

- **Kopplung** der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität in einem Versorgungsnetz.
- **Optimierung** der Energiebedarf durch die Evaluation von KPI (CO₂, Kosten).
- **Maximierung** des lokalen Verbrauchs von nachbarschaftlich erzeugter Energie.
- **Umwandlung** überschüssiger Energie in andere Energieformen.
- Aufbau und Betrieb einer **Daten- und Transaktionsplattform**.
- **IKT:** Wetterdaten, Netzanalysator/ Stromzähler, Wärmemengenzähler, ...

Datengrundlagen

- **Lastprofile** (elektrisch): Ja, basierend auf Modellen; Zeitliche Auflösung: 1 h
- **Wärmebedarfe:** Ja, durch Berechnungen der Warmaustausch; Zeitliche Auflösung: 1h
- **Geometrische** Daten, Flächennutzung: Ja. Materialdaten und U-Wert, G-Wert bekannt.
- **Wetterdaten** (externe Daten): Ja. UOL Wetterstation, DLR Sensoren.
- **Persona:** Grobe Profile
- **Randparameter** für Dimensionierung des Wohnquartiers:
 - Gebäude: 7 Gebäude; 110 Wohneinheiten
 - Gebäudeliste vorhanden: MFH (MFH/M-MG), inklusive Sozialwohnungen (Studentenwohnheim) und Fahrzeughalle
 - Einwohner: Ca. 350

2.3.2 Quarree100



Abbildung 5: Quarree100 Quartier in Heide, Schleswig-Holstein

Kurzinfo

Standort: Heide, Schleswig-Holstein; Fläche: ca. 20 ha

Projektbeteiligung: 20 Partner (Koordination: Entwicklungsagentur Region Heide & Andanved Energy Systems Institute)

Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektlaufzeit: 11/2017 – 10/2022

Ansprechpartner: Kontakt über elenia zum siz energie+

Weblink: www.quarree100.de

Ziel: „Wandlung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Energien am Beispiel des Stadtquartiers Rüsdorfer Kamp“

Kooperation: Nutzbarkeit / Veröffentlichung der Daten noch ungeklärt

Alleinstellungsmerkmale

Mischquartier

Wohnen: Ca. 400 Menschen; Wohnbaubestand 1950er + 1960er

Gewerbe: Ca. 150 Arbeitsplätze (u.a. Hydraulikunternehmen, soz. Stiftung, Wäscherei)

Elektrolyse (Bestandteil „Tankstelle der Zukunft“)

Systemgrenzen

- Energiekonzept für energetische Quartierssanierung bekannt – hohe Übereinstimmung mit ZLE (PV, Speicher-, EMOB)
- Energetische Ausgangsbasis stark geprägt von fossilen Energieträgern (1/3 Erdgas; 2/3 Heizöl)
- Verwendung von zwei Zukunftsszenarien (Moderat / Optimistisch)
- IKT: Aktuell unbekannt, auf Basis des Energiekonzepts jedoch vermutbar

Datengrundlagen (Welche Daten liegen (grob) vor?)

- **Lastprofile** (elektrisch): Ja, basierend auf synth. Lastprofilen; Zeitliche Auflösung: 15 min
- **Wärmebedarfe:** Ja, mit TRANSYSS errechnet; Zeitliche Auflösung: akt. unbekannt
- **Geometrische Daten**, Flächennutzung: Ja
- **Wetterdaten** (externe Daten): Unbekannt
- **Persona:** Altersstruktur Straßen-scharf bekannt
- **Randparameter** für Dimensionierung des Wohnquartiers:
 - Gebäude: 180 Bestandsgebäude;

- Gebäudeliste vorhanden: EFH(DHH/RH), MFH (MFH/M-MG), NWG (EIK/SOZ/SON)
- Einwohner: Ca. 400
- Gewerbe: Ca. 150 Arbeitsplätze (u.a. u.a. Hydraulikunternehmen, soz. Stiftung, Wäscherei)

2.3.3 Quartier „Am Ölper Berge“



Abbildung 6: Quartier „Am ölper Berge“ in Braunschweig, Niedersachsen

Kurzinfo

Standort: Braunschweig, Niedersachsen

Ansprechpartner: Tobias Lege (to.lege@ostfalia.de)

Betreiber: Nibelungen Wohnbau GmbH

Weblink: <https://www.nibelungen-wohnbau.de/>

Kooperation: Nutzbarkeit / Veröffentlichung der Daten nach Zustimmung

Alleinstellungsmerkmale

Bestands-Wohnquartier mit teilsanierten Gebäuden aus den 40-50er Jahren.

Realverbräuche des Quartiers sind vorhanden.

Das Quartier repräsentiert einen Großteil des Wohngebäudebestands in Niedersachsen.

Systemgrenzen

- **Wärmeversorgung:** Versorgung der Gebäude über ein eigenes Fernwärmenetz (Versorger BS-Energy)
- **Anschlussleistung der FM-Übergabestation:** 2181 kW
- **Wärmespeicher:** keine vorhanden
- **Stromversorgung:** konventionelle Stromversorgung (Versorger BS-Energy)
- **Stromspeicher:** keine vorhanden
- **IKT:** analoge Erfassung von Verbrauchswerten

Datengrundlagen

- **Lastprofile:** können aus abgelesenen Verbräuchen generiert werden
- **Wärmebedarf_{Ges.}:** $\approx 2.160.000$ kWh im Jahr
- **Geometrische Daten, Flächennutzung:** werden je Gebäudetyp erfasst bzw. prozentual angegeben
- **Wetterdaten (externe Daten):** noch offen
- **Persona:** grobe Profile
- **Randparameter für Dimensionierung des Wohnquartiers:**

- Wohnfläche A_N : 25.200 m²
- Wohneinheiten: 400 WE

2.3.4 At a Glance

	EnaQ	Quarree100	Am Ölper Berge
Beschreibung	Wohnquartier	Mischquartier	Wohnquartier
Datengrundlage (real oder synthetisch)	Synthetisch basierend auf Modellen	Synthetisch	Realverbräuche
Rechte zur Datennutzung	Nutzbarkeit / Veröffentlichung der Daten nach Zustimmung	In Klärung (Henrik Wagner, TUBS)	Nutzbarkeit / Veröffentlichung der Daten nach Zustimmung
IKT-Komponenten	Ja, mehrere	Keine	Keine, analoge Erfassung Verbrauchsdaten
Persona-Beschreibungen	Grobe Profile	Ausführlich beschrieben	Grobe Profile
Sonstiges		Nicht Niedersachsen	

Tabelle 9: Zusammenfassung der Quartiere.

2.4 Versorgungsszenarien

2.4.1 ENaQ - Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg

Für das Wohnquartier in Fliegerhorst-Oldenburg wird der Energiebedarf zum größten Teil aus lokal erzeugter Energie gedeckt werden. Überschüssige Energie kann dabei in andere Energieformen umgewandelt und gespeichert werden. Das Konzept verfolgt den Gedanken, die Energieeffizienz zu steigern, indem „Abfallenergie“ vermieden und eine Maximierung des lokalen Verbrauchs von nachbarschaftlich erzeugter Energie angestrebt wird.

Das Versorgungsnetz, das eine Kopplung von Strom, Wärme/Kälte und Mobilität unterstützt soll später auf weitere, für Norddeutschland typische Bestandsquartiere mit steigender Eigenversorgung übertragbar sein.

Szenario 0 – Referenzszenario mit herkömmlicher Energieversorgung

Dieses Szenario wurde erstellt, um die Referenzwerte der Treibhausgasemissionen zu berechnen und die Referenzwerte für die erforderliche Energieversorgung zu erhalten, um den Energiebedarf zu decken. Der Energiebedarf wird anhand von Simulationsdaten von Energieverbrauchsprofilen für die Bewohner jedes Gebäudes berechnet.

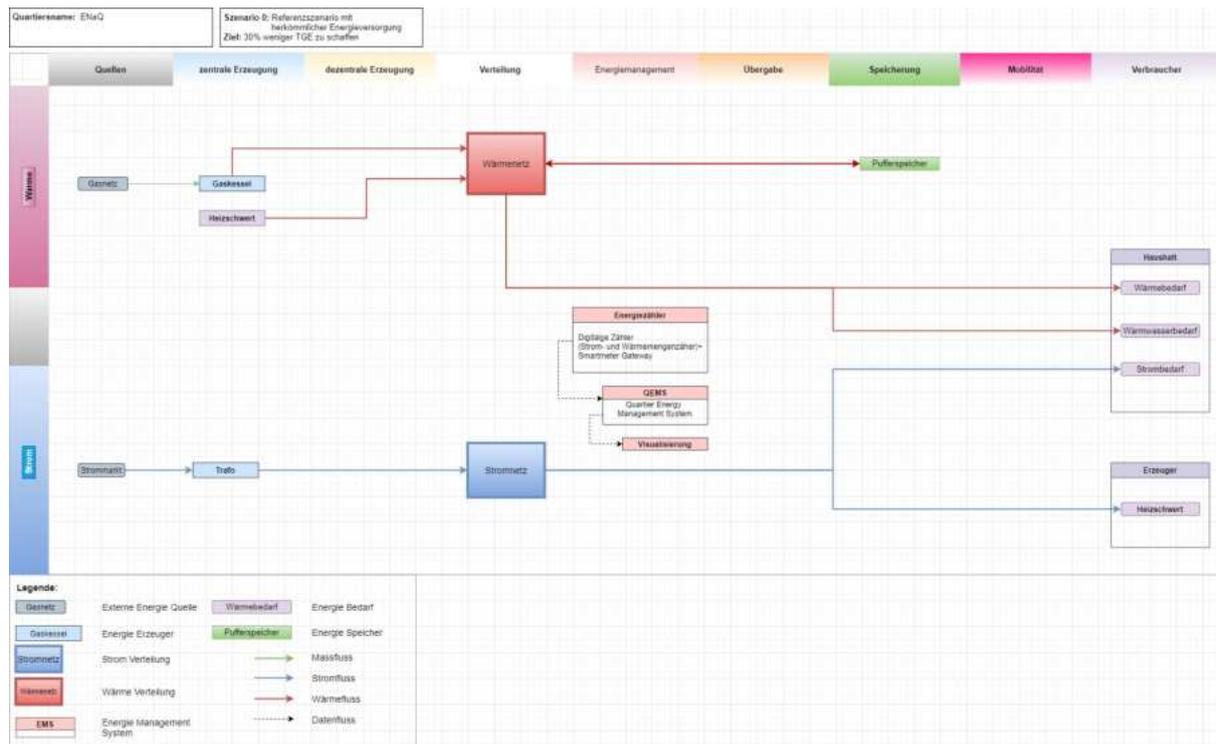


Abbildung 7: ENaQ Referenzszenario.

Szenario 1a/1b- Zentrale Energieversorgung. Wärmenetz mit 40° oder 80°C

Das Wohnquartier soll sich soweit wie möglich aus lokal erzeugter Energie selbst versorgen.

Mehrere Technologien sind in der Energieversorgung integriert, um erneuerbare Quellen und effiziente Technologien zu nutzen, um die Ziele für die Minimierung von TGE und Maximierung des Eigenkonsum zu erreichen. In diesem Szenario wird die Energie zentral an alle verschiedenen Gebäude geliefert.

Dieses Szenario berücksichtigt auch die Möglichkeit, Wärmenetzwerke mit niedriger (40°C) und hoher (80°C) Temperatur zu entwickeln, um Wärmeverluste zu minimieren und die Systemeffizienz zu maximieren.

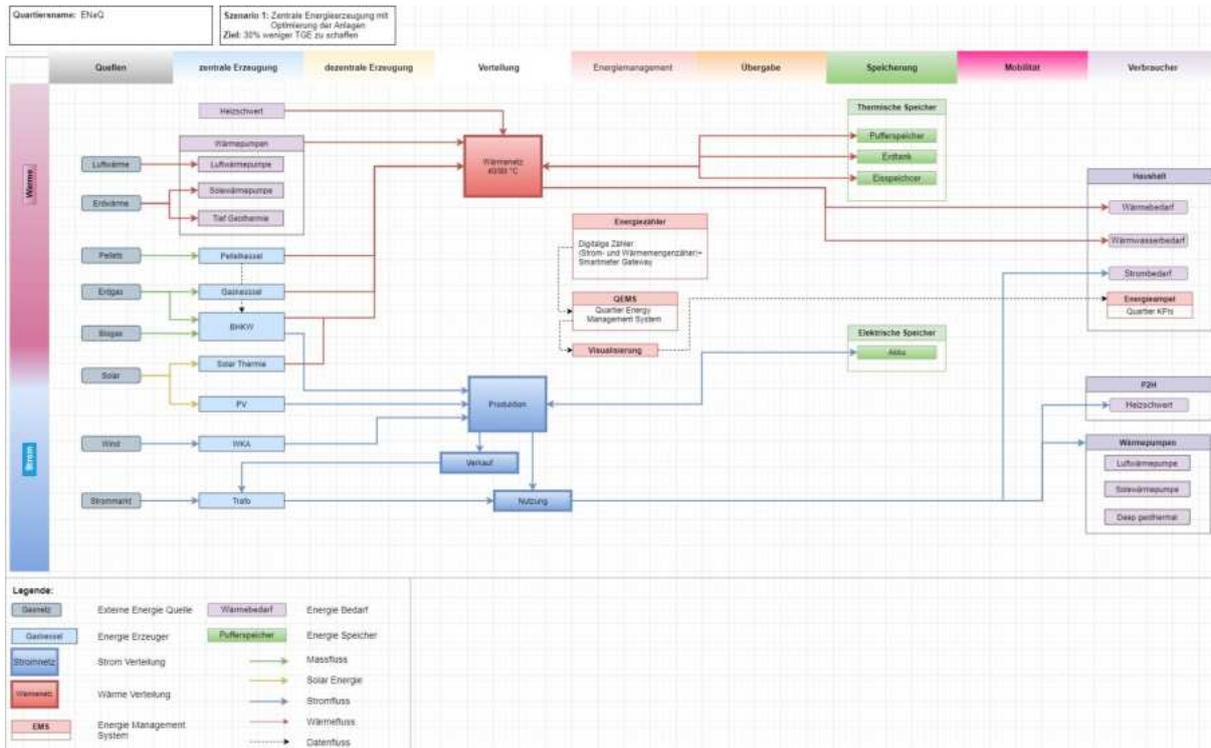


Abbildung 8: Szenario 1a/1b- Zentrale Energieversorgung

Szenario 2a - Dezentrale Energieversorgung

Dieses Szenario hat eine ähnliche Konfiguration wie das zentrale Szenario. Hier verfügt jedes Gebäude über eine eigene Sammlung von Energieversorgungstechnologien, die so dimensioniert sind, dass sie den Energiebedarf jedes einzelnen Gebäudes decken. Die Energiequellen für Energieträger liegen außerhalb des Systems, ebenso wie die Exporte von überschüssiger Energie aus lokalen Quellen.

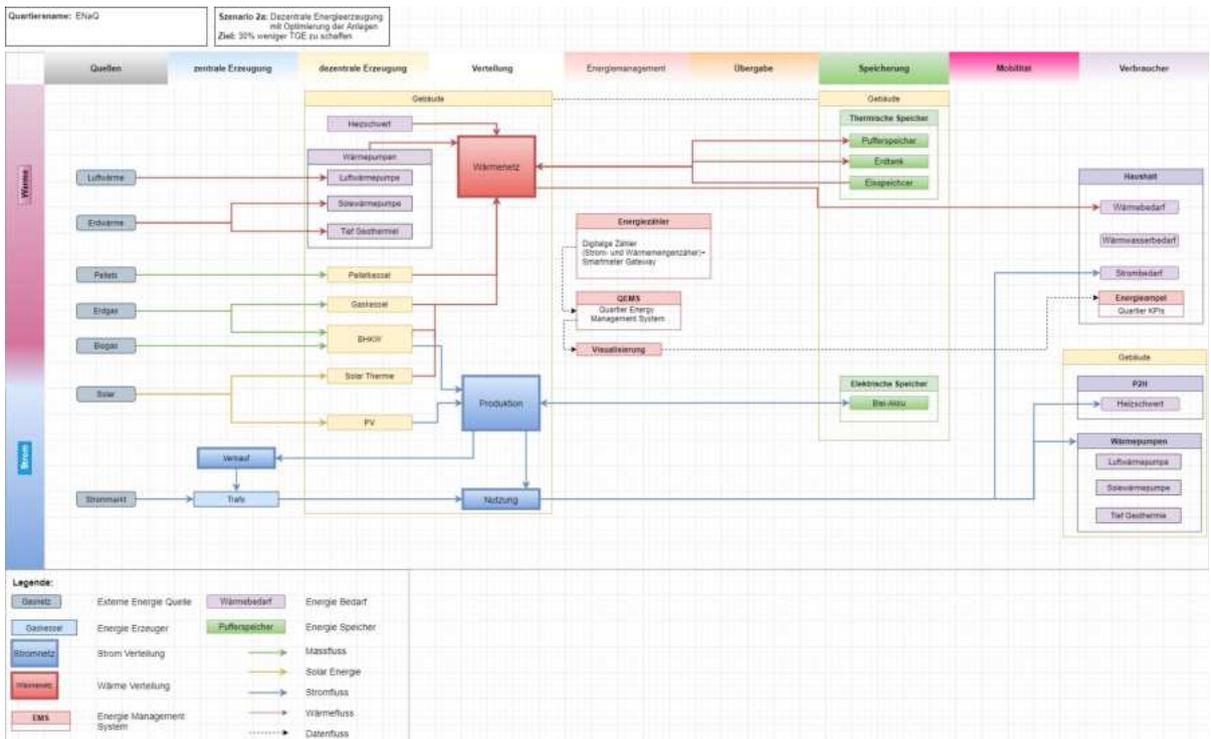


Abbildung 9: Szenario 2a- Dezentrale Energieversorgung

Szenario 2b – Dezentrale Energieversorgung mit reduzierter Auswahl von Technologien

Dieses Szenario bietet eine ähnliche Konfiguration wie das vorherige Szenario 2a mit einer reduzierten Auswahl an Technologien, um die Investitionskosten zu reduzieren. Die reduzierte Auswahl an Technologien bedeutet eine geringere Flexibilität des Systems und damit höhere Treibhausgasemissionen.

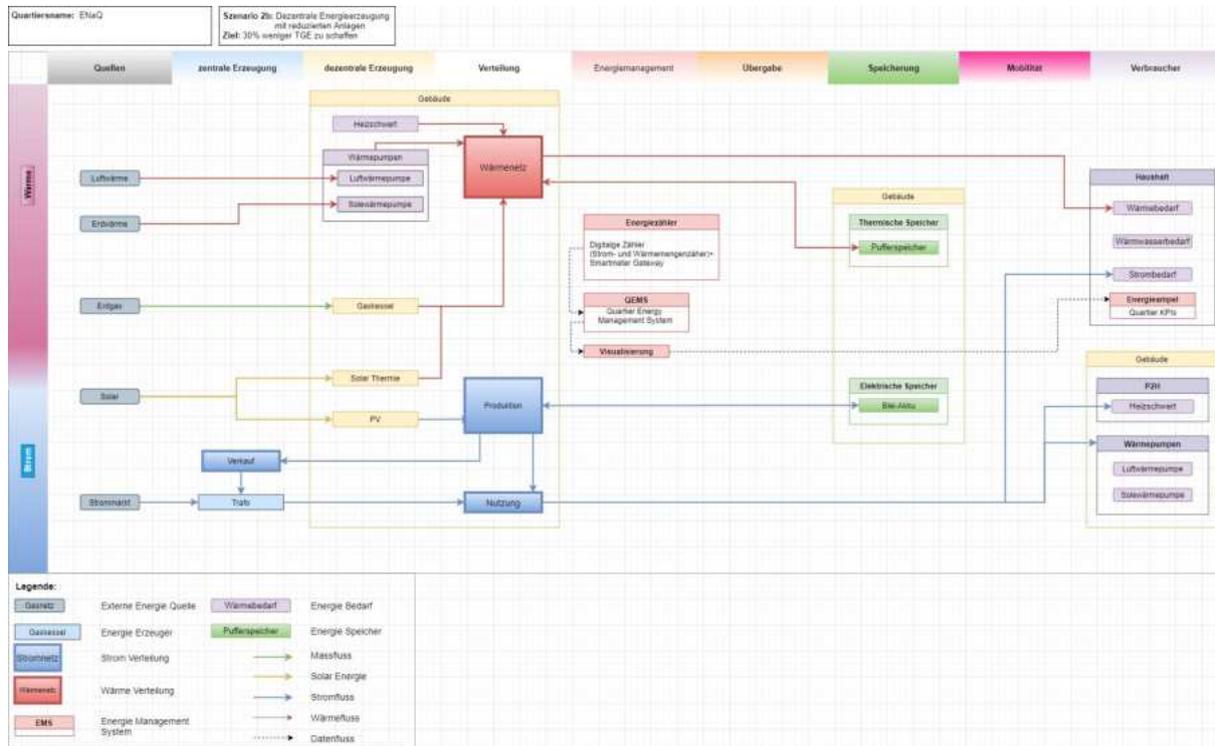


Abbildung 10: Szenario 2b- Dezentrale Energieversorgung mit reduzierter Auswahl von Technologien

2.4.2 Quarree100

Die Freigabe der Daten für die Versorgungsszenarien ist zur Zeit noch in Abstimmung und kann daher noch nicht veröffentlicht werden.

2.4.3 „Am Ölper Berge“

Szenario 0 – Referenzszenario mit herkömmlicher Energieversorgung

Das „Szenario 0“ zeigt schematisch die Versorgung des Quartiers „Am Ölper Berge“ in Braunschweig. Die Energieversorgung des Bestands-Quartiers entspricht in diesem Szenario dem derzeitigen Stand und damit auch einer Vielzahl ähnlicher Wohnquartiere in innerstädtischen Bereichen. Das Energieversorgungsunternehmen speist über Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strom und Wärme ein. Die Verteilung erfolgt wärmeseitig über ein Fernwärmenetz. Der Strom wird über das regionale Stromnetz verteilt. Die Warmwasserbereitung in den Gebäuden wird zum Teil über die Fernwärme gedeckt.



Abbildung 11: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „0“

Szenario 1 – zentrale Wärmeerzeugung durch WP, dezentrale Stromerzeugung durch PV, Wärmespeicher

Im Szenario 1 wird die Wärmeerzeugung beim Versorger durch eine zentrale Wärmepumpe erweitert. Durch die Nutzung von industrieller Abwärme bzw. auch Umweltwärme kann ein je nach Auslegung ein Großteil der Wärme bereitgestellt regenerativ bereitgestellt werden. Der Anteil der herkömmlich erzeugten Wärme durch den Einsatz fossiler Energieträger reduziert sich entsprechend. Stromseitig werden freie Flächen im Quartier für die Erzeugung von Solarstrom genutzt. Die Organisation der Verwendung des zum Teil dezentral erzeugten Stroms und die Reduzierung von Lastspitzen erfolgt durch Integration von Energie-Management Systemen.

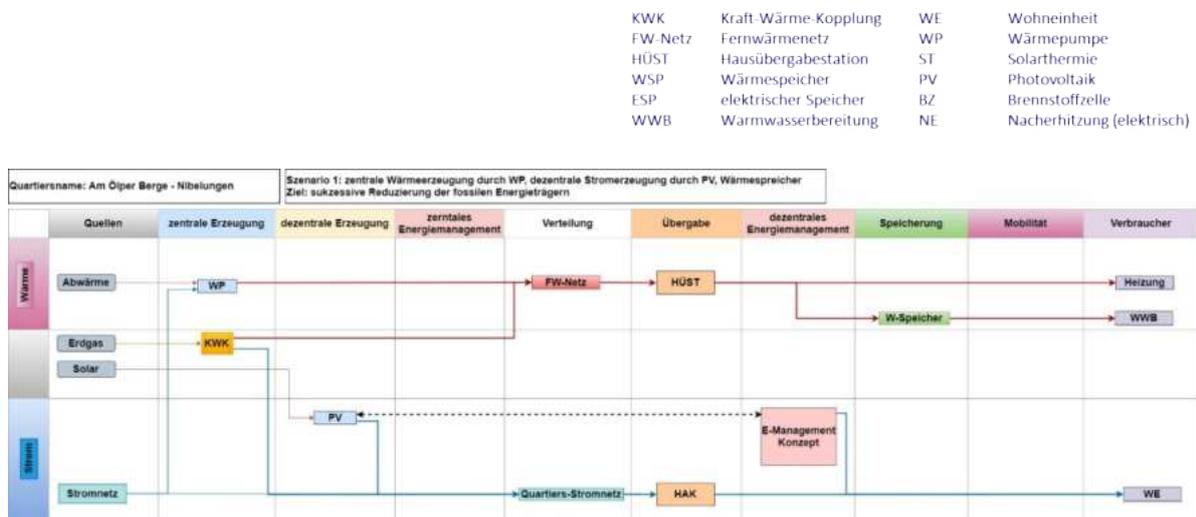


Abbildung 12: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „1“

Szenario 2 – zentrale Wärmeerzeugung durch WP, ST und Biomasse, dezentrale Stromerzeugung durch PV, thermischer und elektrischer Speicher

Weitere Optimierungen werden im Szenario 2 dargestellt. Wärmeseitig wird die Kraft-Wärme-Kopplung durch Brennstoffzellen zur Wärme und Stromerzeugung ergänzt. Darüber hinaus werden durch die Verfeuerung von Biomasse weitere Anteile an Wärme regenerativ bereitgestellt. Ergänzend zu der zentralen netzgebundenen Energiebereitstellung werden im Quartier über die Integration von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen Wärme- und Strom erzeugt. Speicher sollen eine Nutzung der dezentral erzeugten Energie in den Gebäuden ermöglichen und zur Lastspitzenreduzierung beitragen. Das stromseitige Energiemanagement gehört auch in diesem Szenario zur Ausstattung der Gebäude und soll zur intelligenten Verwendung des dezentral erzeugten Stroms und Netzentlastung beitragen.

KWK	Kraft-Wärme-Kopplung	WE	Wohneinheit
FW-Netz	Fernwärmenetz	WP	Wärmepumpe
HÜST	Hausübergabestation	ST	Solarthermie
WSP	Wärmespeicher	PV	Photovoltaik
ESP	elektrischer Speicher	BZ	Brennstoffzelle
WWB	Warmwasserbereitung	NE	Nacherhitzung (elektrisch)

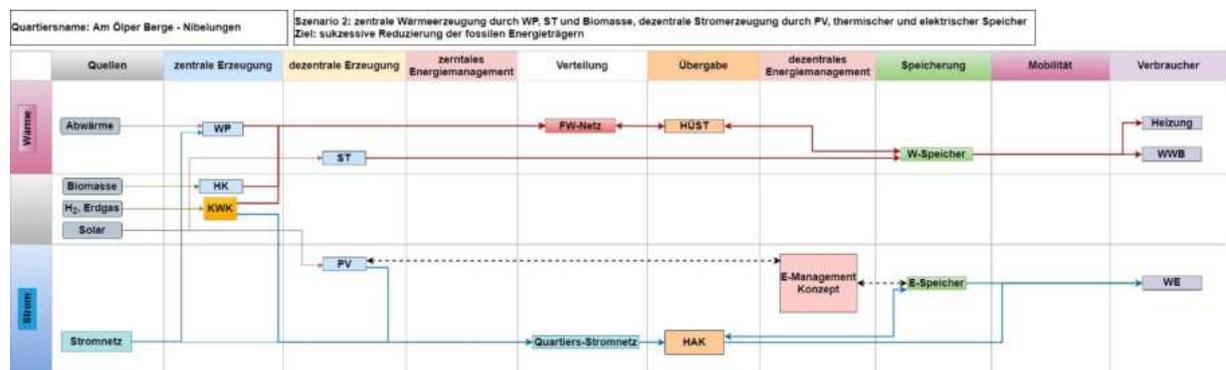


Abbildung 13: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „2“

Szenario 3 - maximale Nutzung industrieller Abwärme, zentrale Stromerzeugung durch WKA, dezentrale Stromerzeugung durch PV, thermischer und elektrischer Speicher, E-Mobilität

Das Szenario 3 zeigt ein Versorgungskonzept, wie es ab 2050 zur Einhaltung der Klimaschutzziele flächendeckend angewandt werden könnte. Die Kraft-Wärme-Kopplung wird vollständig über Brennstoffzellen abgedeckt. Die Wärmeversorgung erfolgt ergänzend durch die Nutzung lokaler Wärmequellen. Mit dezentralen Wärmepumpen wird ergänzend Wärme bereitgestellt. Über den Transfer von Wärme zwischen Industrie- und Wohnnutzung bzw. die Abwärmenutzung aus der Industrie wird der fossile Energiebedarf nahezu verdrängt bzw. auf ein Minimum reduziert. Der Erzeugung, Speicherung und Nutzung des regenerativ bzw. wasserstoffseitig erzeugten Stroms wird über ein zentrales sowie ein dezentrales Energie-Management Konzept gesteuert. Durch Ertragsprognosen und Nutzung von lokalen und mobilen Energiespeichern (Elektroautos) wird der Eigenverbrauch maximiert.

KWK	Kraft-Wärme-Kopplung	WE	Wohneinheit
FW-Netz	Fernwärmenetz	WP	Wärmepumpe
HÜST	Hausübergabestation	ST	Solarthermie
WSP	Wärmespeicher	PV	Photovoltaik
ESP	elektrischer Speicher	BZ	Brennstoffzelle
WWB	Warmwasserbereitung	NE	Nacherhitzung (elektrisch)

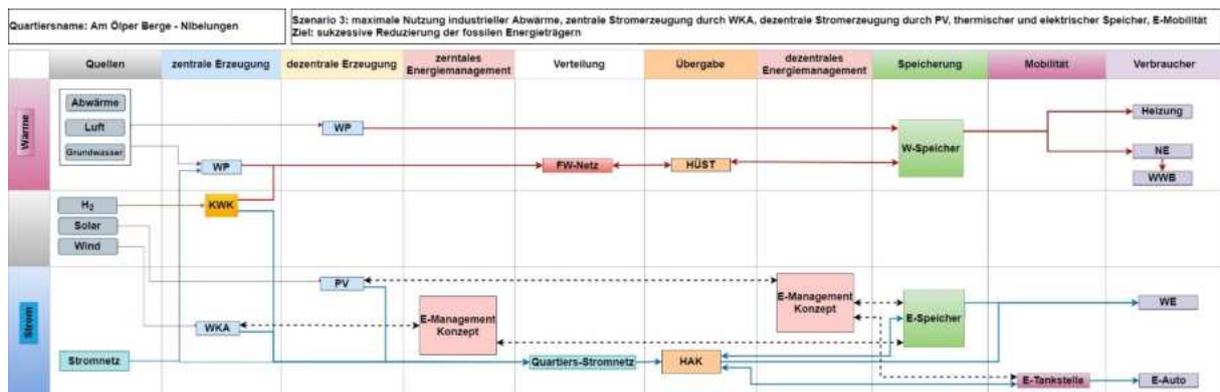


Abbildung 14: „Am Ölper Berge“ Versorgungsszenario „3“