QUARREE 100

NR. 12 | 1. QUARTAL 2021

QUARREE100 NEWSLETTER SONDERAUSGABE 2

Liebe Bewohnerinnen und Bewohner des Rüsdorfer Kamps, liebe Heiderinnen und Heider, Projektpartner und Interessierte,

Im Rahmen des Verbundvorhabens Quarree100 wurden verschiedene Arbeitsbereiche etabliert, die sich mit wichtigen Schwerpunktthemen im Kontext der Energiewende auf Quartiersebene auseinandersetzen. In diesem Newsletter stellt sich der Arbeitsbereich 3 „Infrastrukturen und Systeme“ (AB 3) unter der Leitung des Advanced Energy Systems Institute (AES) der Universität Bremen mit einem Einblick in seine Arbeit vor.

THEMEN DIESER AUSGABE

SEITE 2: Infrastrukuren und Systeme

SEITE 3: Was ist ein Energiesystemmodell?

SEITE 4: Wärmeversorgung komplex

SEITE 5: Energiesystemmodelle für den Rüsdorfer Kamp

SEITE 6: Für unser Klima: Zukunftsszenarien

SEITE 7-8: Wärmenetze im Energiesystem

NEWSLETTER-REDAKTION:
Entwicklungsagentur Region Heide AöR
Hamburger Hof 3, 25746 Heide
Jannick Schwender
Tel. +49 481 123703-12
jannick.schwender@region-heide.de
Kerstin Haase
Tel. +49 481 123703-22
kerstin.haase@region-heide.de
www.quarree100.de

Projektkoordination:

ENTWICKLUNGSAGENTUR REGION HEIDE
Hamburger Hof 3 | 25746 Heide

Advanced Energy Systems Institute
Enrique-Schmidt-Str. 7 | 28359 Bremen

GEFÖRDERT DURCH
Bundesministerium für Bildung und Forschung
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

AUFGRUND EINES BESCHLUSSES DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES

QUARREE 100

Arbeitsbereich 3

INFRASTRUKTUREN UND SYSTEME

Arbeitsergebnisse im Rahmen des Projekts QUARREE100

WAS PASSIERT IN DIESEM ARBEITSBEREICH?

Um den Klimawandel bzw. dem damit einhergehenden mittleren globalen Temperaturanstieg auf unter 2 °C und möglichst 1,5 °C zu begrenzen, ist eine weitestgehende Dekarbonisierung des Energieversorgungssystems erforderlich. Das bedeutet, dass die Versorgung von Quartieren mit Energie für die Heizung, Elektrizität und Mobilität auf erneuerbare Energien umgestellt werden muss. Diese Umstellung bringt insbesondere auf Versorgerseite tiefgreifende Änderungen mit sich, da die in unseren Breiten verfügbaren erneuerbaren Energiequellen überwiegend fluktuierende Energiequellen, bspw. Windkraft und Photovoltaik (PV) darstellen, die zudem aus einer Vielzahl von verteilten Anlagen bestehen.

Dabei ist die Transformation des Energiesystems insbesondere auch deshalb tiefgreifend, weil nicht nur ein zentraler Kraftwerkspark ausgetauscht wird, sondern Maßnahmen wie ein Austausch der Heizungssysteme, Sanierung von Bestandsgebäuden, neue Mobilitätstechnologien, lokale Erzeugung und Speicherung und andere im direkten Umfeld der Bürger im Quartier Anwendung finden könnten. Darüberhinaus müssen Energieversorgungssysteme nicht nur auf eine Umstrukturierung hin zu verteilten Energieerzeugungsanlagen und höherer Vernetzung, sondern auch auf Ergebnisse wie extreme Wetterlagen und unvorhergesehene Störungen vorbereitet werden, um eine sichere Versorgung gewährleisten zu können. Die Transformation des Energiesystems bietet Chancen, insbesondere durch die Umsetzung intelligenter Energiemanagementsysteme, das Energieversorgungssystem zu stützen. Diese können bei richtiger Auslegung einen frühzeitigen Ausgleich energetischer Über- bzw. Unterversorgung anstreben und zur Sicherheit der Energieversorgung beitragen.

Die Partner im Arbeitsbereich 3

Kontakt: Institut AES der Uni Bremen | Benedikt Meyer | Tel. 0421 218 64888 | benedikt.meyer@uni-bremen.de

Q100 INFOBOX

WAS IST EIN ENERGIESYSTEMMODELL?

Bei der Modellierung von Energiesystemen handelt es sich um die Nachbildung von realen technischen Systemen zur Versorgung von bspw. Quartieren mit Wärme und Strom. Modelle sind immer vereinfachte Abbildungen der Realität, um so die Komplexität zu reduzieren und die Modelle bzw. die nachgebildeten Systeme handhabbar zu machen. Die Modelle bilden also nur die für die Zielstellung des Modells wesentlichen Zusammenhänge und Funktionen ab. Modelle sind demnach immer an einen bestimmten Zweck gebunden.

Die Modelle werden in Form von mathematischen Gleichungssystemen aufgebaut und mithilfe von Computern berechnet. Um zu gewährleisten, dass die Modelle verwertbare Ergebnisse liefern, werden sie mit Messdaten realer Systeme abgeglichen und überprüft. Mit diesen überprüften Modellen können dann neu zusammengesetzte, technische Systeme untersucht, ausgelegt und bewertet werden. Dabei ist es einfach möglich, Randbedingungen wie Energiepreise oder den Energiebedarf zu variieren und die Systeme auf ihr Verhalten dahingehend zu prüfen.

MODELLBAUKASTEN

Im Rahmen des AB 3 wird hierzu ein Modellbaukasten zur Analyse, Gestaltung und Steuerung urbaner Energiesysteme entwickelt, der sich aus Teilmodellen unterschiedlicher Aspekte des Energiesystems zusammensetzt. Dieser Modellbaukasten wird gemeinsam mit allen Partnern innerhalb des AB 3 entwickelt, sodass damit zentrale Fragestellungen zur Gestaltung und zum Aufbau einer resilienten und systemdienlichen Energieversorgung auf Quartiersebene beantwortet werden können.

QUARREE100 – von der Realität ins Detailmodell

Modellierung

WÄRMEVERSORGUNG KOMPLEX

DIE ZUKÜNFTIGE WÄRMEVERSORGUNG WIRD KOMPLEXER

Traditionell konnte die Wärmeversorgung für einzelne Gebäude unabhängig geplant und realisiert werden. Im Falle einer Fernwärmeversorgung weitete sich die Planung dann auf einen Stadtteil oder eine Stadt aus. Allerdings ist der Wärmesektor mittlerweile enger mit dem Stromsektor verbunden und das wird in Zukunft weiter zunehmen. Dies hat verschiedene Gründe:

- Wärmepumpen bieten eine gute Möglichkeit, die Wärme der Umgebung oder des Erdreichs zu nutzen und werden meistens mit Strom betrieben. Wenn viel Wind weht, bieten Wärmepumpen eine sehr effiziente Möglichkeit, den Strom z. B. aus Windkraftanlagen zum Heizen zu verwenden. Allerdings müssen die Gebäude auch beheizt werden, wenn kein Wind weht und keine Sonne scheint.
- Fossile Brennstoffe sollen immer weniger und in Zukunft gar nicht mehr genutzt werden. Teilweise können Brennstoffe auch synthetisch hergestellt werden. Dies ist meist aufwendig und daher steigt die Notwendigkeit, diese Brennstoffe immer effizienter einzusetzen. Daher sollen Strom und Wärme möglichst gekoppelt produziert werden, da dies die effizienteste Methode ist. Allerdings wird in einer solchen gekoppelten Produktion teilweise auch ein Überschuss einer der beiden Energieformen produziert.
- Die Stromerzeugung aus Sonne und Wind schwankt abhängig vom Wetter. An sonnigen und windigen Tagen wird manchmal regional mehr Strom erzeugt als benötigt wird. Eine Möglichkeit, diesen Strom nicht zu verschwenden wären z. B. elektrische Heizer in Wärmespeichern. Damit könnte Strom in Wärme gespeichert werden, die dann bei Bedarf genutzt werden kann. Es könnten aber auch z. B. durch Elektrolyse Brennstoffe hergestellt und gespeichert werden, die später Heizungssysteme betreiben.

Diese Punkte machen deutlich, dass die Betrachtung von Wärmesystemen zunehmend komplexer wird und sich durch die Verbindungen mit dem Stromsektor nicht mehr einfach regional begrenzen lässt. Daher werden zur Planung zunehmend Computermodelle genutzt.

KOSTENLOS, QUELLOFFEN UND TRANSPARENT

Wir wollen im Rahmen unserer Arbeiten in Heide nicht nur unsere Ergebnisse veröffentlichen, sondern auch die dazugehörigen Modelle. Dadurch soll es Interessierten möglich gemacht werden, die Ergebnisse bis ins letzte Detail nachzuvollziehen und selbst reproduzieren zu können. Wir ermöglichen damit anderen Expert:innen unsere Ergebnisse kritisch zu hinterfragen und wollen so das Vertrauen in die Ergebnisse erhöhen. Dies könnte auch vorbildlich für andere Modellierungen sein.

Darüberhinaus haben wir auch Software entwickelt und weiterentwickelt, die bei der Erstellung von Energiesystemmodellen nützlich ist. Alle diese Entwicklungen stellen wir kostenlos und quelloffen zur Verfügung, sodass die ganze Forschungsgemeinschaft von der staatlichen Förderung in unser Projekt profitieren kann. Dies geschieht aus Überzeugung und sollte aus unserer Sicht für ein staatlich gefördertes Projekt eine Selbstverständlichkeit sein.

ENERGIESYSTEMMODELLE FÜR DEN RÜSDORFER KAMP

Um die Energieversorgung des Rüsdorfer Kamp nachhaltiger zu gestalten, werden innerhalb von Quarree100 Computermodelle der Energieversorgungssysteme erstellt. Dabei gibt es zwei große Modellgruppen.

QUARTIERSMODELLE - RÜSDORFER KAMP

Mit Quartiersmodellen sind Modelle gemeint, die das Quartier oder einzelne Komponenten des Energiesystems des Quartiers, wie beispielsweise das Strom- oder das Wärmenetz abbilden. Man kann unterscheiden zwischen technisch-wirtschaftlichen Planungsmodellen und rein physikalischen Modellen. Ein Planungsmodell versucht beispielsweise die Frage zu beantworten, welche Anlagen- und Speichertechnologien günstig sind, um eine gewisse Strom- bzw. Wärmenachfrage zu decken und ob die Einbindung von synthetischen Brennstoffen oder die Installation von Photovoltaikanlagen sinnvoll sind. Dies erfolgt unter der Maßgabe, ein kostengünstiges und emissionsarmes System zu erhalten. Ein physikalisches Modell wird dazu verwendet, um beispielsweise einen konkreten Auslegungsfall hinsichtlich der Machbarkeit zu untersuchen und das physikalische Verhalten des Systems zu analysieren. In einem solchen Modell kann auch die konkrete Regelung des Systems abgebildet und untersucht werden, wie das System sich in bestimmten Ausnahmefällen verhält.

ÜBERREGIONALE DEUTSCHLANDMODELLE

Das Deutschlandmodell liefert den Rahmen für die Quartiersmodelle. Vor allem geht es um die Frage, wie sich das Stromsystem in Zukunft ausgestalten wird. Wie oft wird ein Überangebot an Strom vorhanden sein und wie oft ein Mangel? Welche Preise werden sich zukünftig einstellen? Solche Informationen können dann Auswirkungen auf die Planung des Quartiersmodells haben, z. B. auf die Frage, ob es sich lohnt einen Stromspeicher zu bauen oder ob immer ausreichend günstiger Strom „importiert“ werden kann. Beispielhaft sind in Abbildung 1 die Einspeisezeitreihen fossiler Kraftwerke und erneuerbarer Energien, sowie die Verbrauchskurve für Deutschland für einen Zeitraum von zwei Wochen dargestellt. Mithilfe u. a. solcher Ergebnisse werden die zuvor formulierten Fragestellungen beantwortet. Durch den Austausch der Ergebnisse des Quartiersmodells und des Deutschlandmodells ist es zudem möglich, Rückkopplungen zwischen den lokalen Entscheidungen im Quartier und dem nationalen Energiesystem zu analysieren und zu bewerten.

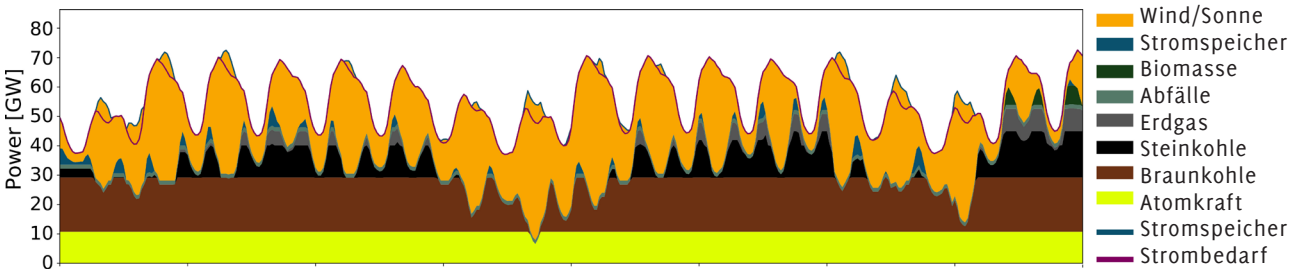

Abbildung 1: Einsatz der Kraftwerke im traditionellen Deutschlandmodell. Auf dieser Grundlage können Emissionen und Kosten für die Stromerzeugung berechnet werden.

Für unser Klima

ZUKUNFTSSZENARIEN

WER KENNT DIE ZUKUNFT?

Ein Wärmesystem, das in den nächsten Jahren umgesetzt werden und dann viele Jahre bestehen soll, muss für die Zukunft geplant werden. Aber woher sollen die Modelle wissen, wie die Zukunft aussieht?

Natürlich wissen die Modelle das nicht (und die Modellierenden auch nicht!). Allerdings lassen sich solche Modelle relativ leicht anpassen, wodurch die Möglichkeit besteht, verschiedene Varianten dazu anzunehmen, wie sich die Zukunft entwickeln könnte. Ein zukunftsfähiges Wärmesystem wäre dann eines, was sich unter verschiedenen Zukunftsszenarien als günstig und robust erweist.

KLIMAFREUNDLICHE ENERGIE, SICHER UND ZUVERLÄSSIG?

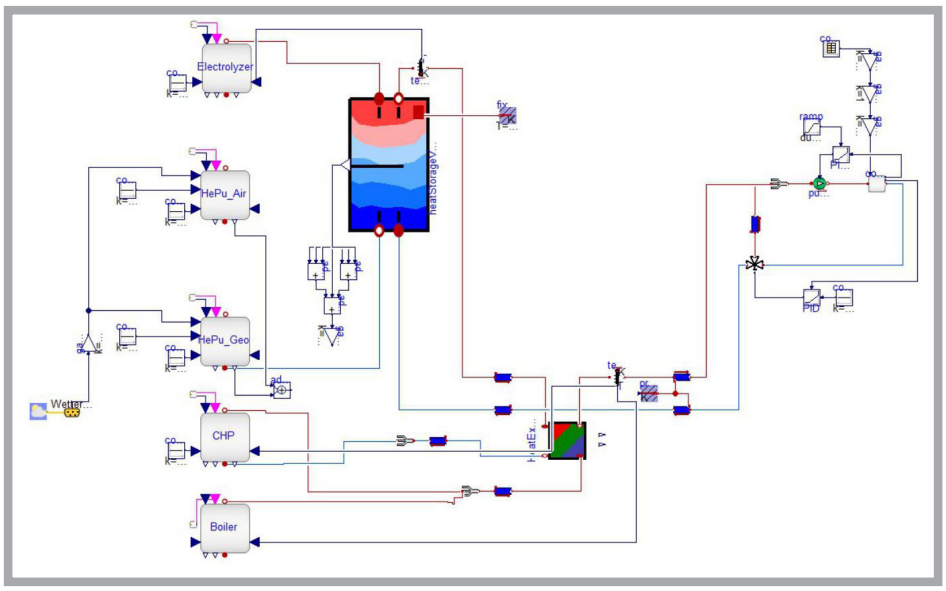

Abbildung 2: Auszug aus dem physikalischen Quartiers-Modell im Simulationsprogramm Modelica. Zu sehen sind die Versorgungsanlagen (Wärmepumpe, Blockheizkraftwerk und Elektrolyseur) samt Wärmespeicher, sowie wichtige Rohrleitungen und Sensorik.

Die Wende zu einem klimafreundlichen Energiesystem ist ein schwieriger und strukturell tiefgreifender Prozess. Neben den vielen positiven Effekten birgt dieser jedoch auch einige Unsicherheiten, wie die Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Quellen oder eine weitreichende digitale Vernetzung der Komponenten. Wenn es um die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Energieversorgung geht, wird immer das Wort Resilienz ins Spiel gebracht. Vereinfacht beschreibt die Resilienz eines Systems, in diesem Fall die Energieversorgung des Rüsdorfer Kamps, wie widerstandsfähig und anpassungsfähig das System auf unbekannte und unerwartete Störungen reagieren kann. Dies wird innerhalb des AB 3 am Beispiel des Rüsdorfer Kamps untersucht. Natürlich wird keinem dabei der Strom oder die Heizung abgestellt. Um also zu testen, wie eine klimafreundliche und zuverlässige Energieversorgung gewährleistet werden kann, werden Szenarien von möglichen Ausfällen der Versorgungsanlagen, Lieferengpässen von Rohstoffen oder Flauten bei erneuerbaren Energiequellen anhand des physikalischen Computermodells (s. Abbildung 2) des Rüsdorfer Kamps simuliert. Auf diese Weise kann ohne Beeinträchtigung der Bewohner vor Ort eine Aussage getroffen werden, wie zukünftig Quartiere über den Rüsdorfer Kamp und das Projekt Quarree100 hinaus resilient gestaltet werden können.

WÄRMENETZE IM ENERGIESYSTEM

Wärmenetze spielen im zukünftigen Energiesystem von Quartieren wie dem Rüsdorfer Kamp eine entscheidende Rolle zur Erreichung der Klimaziele. Zur Planung und Entwicklung der Wärmeinfrastrukturen wurde ein Optimierungsmodell erstellt, das den günstigsten Trassenverlauf und eine Auslegung der Leitungsdurchmesser berechnet. Damit lassen sich die Kosten der Wärmeinfrastruktur sowie die Wärmeverluste des Wärmenetzes abschätzen und die Planung von Wärmenetzen unterstützen. Abbildung 3 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer Wärmenetzoptimierung des Rüsdorfer Kamps.

GESTALTUNG DER WÄRMEERZEUGUNG

Je nachdem, welche Bürger:innen und Gebäudeeigentümer:innen sich zu welchen Zeitpunkt an das Wärmenetz anschließen, hat dies Einfluss auf die Erschließung und den Trassenverlauf. Mit diesem Optimierungsmodell ist es möglich, verschiedenen Szenarien zu berechnen und daraus einen Wärmeausbaufahrplan abzuleiten. Weiterhin ist es möglich, den Einfluss der Betriebstemperaturen und verschiedener Leitungstypen mit verschiedenen Dämmstärken auf die Auslegung und Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes zu untersuchen.

Zur Planung und Dimensionierung der Anlagen und Speicher der Energieversorgungszentrale selbst, werden, wie zuvor beschrieben, technisch-wirtschaftliche Planungsmodelle entwickelt und zur Weiterentwicklung bestehender freizugänglicher Bibliotheken beigetragen. Abbildung 4 zeigt den schematischen Aufbau der Energiezentrale zur Versorgung des Wärmenetzes. Die wesentlichen Komponenten einer möglichen Energiezentrale sind ein Blockheizkraftwerk in Kombination mit einer Wärmepumpe und einem thermischen Speicher. Zusätzlich sorgen dezentrale Photovoltaikanlagen (PV) auf den Dächern des Rüsdorfer Kamps für die Erzeugung erneuerbaren Stroms. Falls PV-Strom vorhanden ist oder ein besonders hoher Anteil erneuerbarer Energien in das vorgelagerte Stromnetz eingespeist wird (beispielsweise Windkraftanlagen in Schleswig-Holstein), dann kann damit Wärme erzeugt und diese in einem Wärmespeicher gespeichert werden. Gibt es weder PV-Stromerzeugung im Rüsdorfer Kamp und ist auch überregional die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien gering, wird das Blockheizkraftwerk (BHKW) zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme betrieben. Der Strom aus dem BHKW kann dann entweder zum Betrieb der Wärmepumpe verwendet oder in das Stromnetz eingespeist werden. Weiter wird mithilfe einer Elektrolyse aus Stromüberschüssen der PV im Quartier Wasserstoff (H_2) erzeugt.

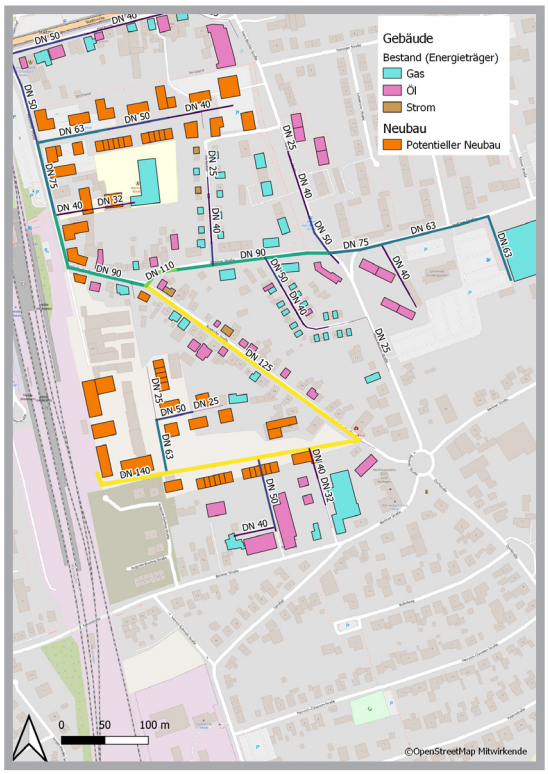

Abbildung 3: Ergebnis der Wärmenetzoptimierung für eine beispielhaftes Anschlussszenario. Hintergrundkarte: OpenStreetMap.

DER RÜSDORFER KAMP: VORBILD FÜR ANDERE QUARTIERE

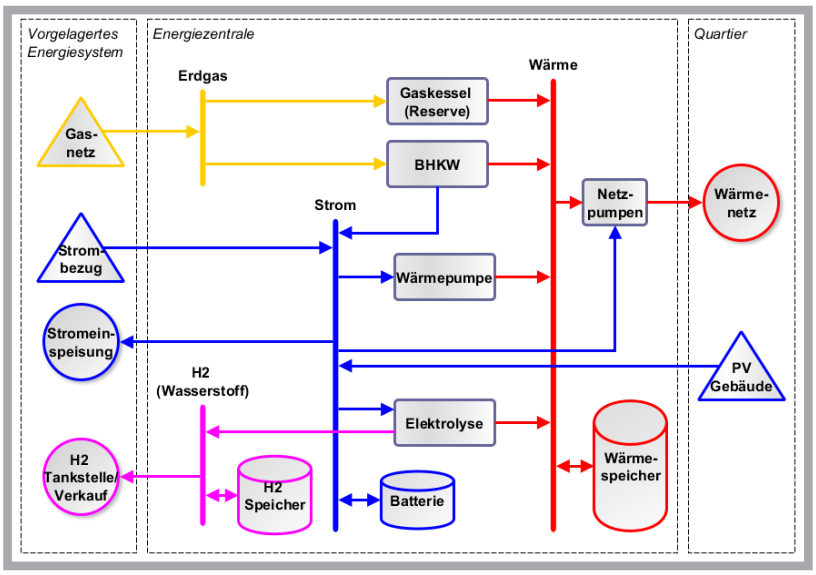

Abbildung 4: Schema der Energiezentrale des Energiekonzeptes von Quarree100.

DEUTSCHLANDMODELLE

Solche Modelle bieten die Möglichkeit zu untersuchen, welche Auswirkungen es hätte, wenn das Energiesystem des Rüsdorfer Kamps ein Vorbild für weitere Quartiere wäre. In diesem Zusammenhang wurde untersucht, welche Auswirkungen es hätte, wenn es bis ins Jahr 2050 verteilt über Deutschland 5000 ähnliche Quartiere gäbe.

Dafür wurde ein zweistufiges Modell entwickelt, welches im ersten Schritt die generelle Zusammensetzung der deutschen Energielandschaft bis ins Jahr 2050 ermittelt und dabei Randbedingungen wie den Atom- und Kohleausstieg sowie eine Abkehr von Kohle, Öl und Gas berücksichtigt. In der zweiten Stufe des Modells werden die einzelnen Jahre detailliert in stündlicher Auflösung in einer Kraftwerkseinsatzplanung betrachtet und eine Strompreisberechnung durchgeführt. Die Interaktion zwischen dem Deutschlandmodell (blau) und dem Quartiersmodell (grün) wird in Abbildung 5 übersichtlich dargestellt.

In diesem Fall könnten in solchen Quartieren rund 4,6 % des 2050 in ganz Deutschland benötigten PV-Stroms erzeugt werden. Zusätzlich würden ca. 10 % der in Deutschland erforderlichen Raumwärme über Quartierslösungen zur Verfügung gestellt, wenn eine entsprechende Nachverdichtung des Wohnraums und eine ausreichende Sanierungsrate der Bestandsgebäude erreicht wird. Durch die hohe Flexibilität der vorgestellten Quartierslösung kann eine leichte Senkung des Strompreises erzielt werden. Weiterhin wird für die klimaneutrale Mobilität und damit den Betrieb von PKW im Jahr 2050 eine erhebliche Menge an Wasserstoff benötigt. Der flächendeckende Einsatz von Elektrolyseuren in Quartieren könnte rund ein Viertel der hierfür erforderlichen Menge zur Verfügung stellen.

Sollte das Modell Quarree100 Schule machen, kann viel Flexibilität, Wasserstoff und Solarstrom in bebautem Wohnraum bereitgestellt und andere Flächen geschont werden. Durch die vorgestellten Untersuchungen verschiedenster Facetten der Simulation von zukunftsfähigen Energiesystemen trägt der AB 3 nicht nur zu einer erfolgreichen Umsetzung vor Ort im Rüsdorfer Kamp bei, sondern leistet seinen Beitrag für die Entwicklung in ganz Deutschland.

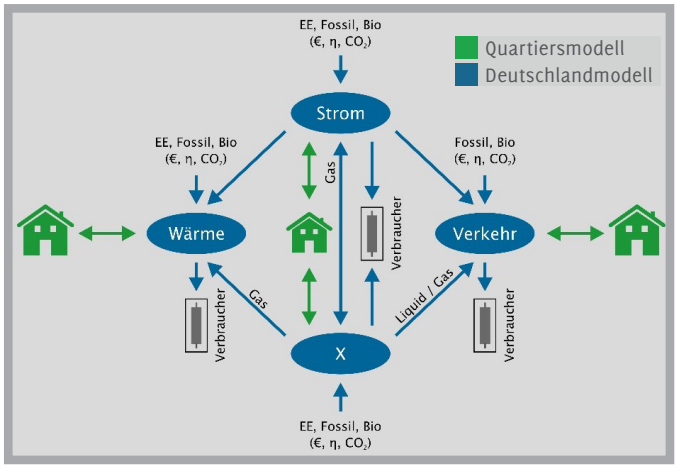

Abbildung 5: Interaktion des Deutschlands- mit dem Quartiersmodell.