

Resilienz im Quartier



CAE
Dr. Michaela Reim
michaela.reim@cae-zeroarbon.de

DLR
Dr. Michael Kröner
michael.kroener@dlr.de

Dr. Jan Zanger
jan.zanger@dlr.de

Fraunhofer IEE
Dr. Bernd Krautkremer
bernd.krautkremer@iee.fraunhofer.de

Michael Beil
michael.beil@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE
Dr. Matthias Kühnbach
matthias.kuehnbach@ise.fraunhofer.de

KIT
Marius Albiez
marius.albiez1@kit.edu
Johannes Galenzowski
johannes.galenzowski@kit.edu

Dr. Volker Stelzer
volker.stelzer@kit.edu

Helena Trenks
helena.trenks@kit.edu

Dr. Simon Waczowicz
simon.waczowicz@kit.edu

ZAE Bayern
Gloria Streib
gloria.streib@zae-bayern.de

Wuppertal Institut
Dr. Steven März
steven.maerz@wupperinst.org

Einleitung

Resilienz im Quartier bedeutet, dass das Quartier widerstandsfähig auf Krisen oder Katastrophen reagieren muss und gleichzeitig nachhaltig sein soll. Um dies zu gewährleisten, muss das Quartier sowohl robust als auch anpassungsfähig sein. Dafür braucht es gewisse Qualitäten wie Multifunktionalität, Agilität, Nähe, Öffentlichkeit und Redundanz sowie bestimmte Fähigkeiten wie Innovationsfähigkeit, Reaktionsfähigkeit, Umsetzungsfähigkeit und Erholungsfähigkeit.

Diese Qualitäten und Fähigkeiten resultieren in den verschiedensten Eigenschaften des Quartiers: nachhaltige Mobilität, funktionierender Katastrophenschutz, ausgebaute Digitalisierung, Retention (Zurückbehaltung) von Starkregen, Vermeidung von urbanen Hitzeinseln sowie Versorgungssicherheit hinsichtlich Energie, Ernährung und Gesundheit als auch Herstellung von innerstädtischer Biodiversität und innerstädtischem Artenschutz und für die soziale Resilienz sowohl Inklusion als auch Integration.

Wie Forschung konkret zur Erreichung dieser Eigenschaften eines Quartiers beitragen kann, soll anhand von vier Leitfragen im Folgenden dargestellt werden. Dabei werden aktuelle Forschungsvorhaben der FVEE-Institute im Einzelnen vorgestellt.

Wie wirkt sich die Klimaerwärmung auf das Leben im Quartier aus?

Das Leben in Innenstädten wird zusehends schwieriger durch Überhitzung der Innenstädte und Starkregenereignisse, die in der Stadt aufgefangen werden müssen (Schwammstadt). Urbanes Grün kann hier einen maßgeblichen Beitrag leisten. Um mehr Gebäudebegrünung in die Städte zu bringen, führt das CAE im BMWK-geförderten Forschungsvorhaben U-green (FKZ: 03EN1045A) die bauphysikalische Bewertung von Dach- und Fassadenbegrünungen durch.

Ziel des Projektes ist die thermische Charakterisierung von Begrünungssystemen, sowohl

hinsichtlich des winterlichen Wärmeschutzes als auch hinsichtlich des sommerlichen Überhitzungsschutzes. Es werden sowohl Labormessungen an Einzelkomponenten (Substraten, Pflanzen) und den verschiedenen Systemen als auch Freilandmessungen an Fassaden- und Dachbegrünungen (► Abbildung 1) durchgeführt.

In einem Gremium, dem unter anderem die Bayerische Architektenkammer, der BBSR, der BuGG, der Bund Deutscher Architektinnen und Architekten (BDA), die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, das CAE, der FLL, die LWG, der Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN und die TU Berlin angehören, werden entsprechende Messgrößen zur Integration von Begrünungssystemen in Normen zur energetischen Gebäudebilanzierung erarbeitet. Ein frei zugänglicher Datenkatalog für Begrünungssysteme wird erstellt. Weiterhin erfolgt die Programmierung eines Berechnungstools zur energetischen Bewertung von Begrünungssystemen (<https://cae-zeroarbon.de/Projekte.html>).

rain2energy (CAE)

Im Rahmen des vom BMWK geförderten Verbundprojekts rain2energy (FKZ: 03EN3045A) wird am CAE Nachhaltigkeit, Ökologie und Innovation im städtischen Quartier umgesetzt. Es wird ein gemischtes Quartier betrachtet, in dem sich sowohl Wohn- als auch Bürogebäude und gewerbliche Flächen befinden. Durch die unterschiedliche Nutzung der Gebäude fallen zu unterschiedlichen Zeiten an unterschiedlichen Orten Wärme- oder Kältebedarfe an. Der Lösungsansatz ist ein Anergie-Ring. Anergie bezeichnet hier Energie, deren Temperatur zu gering ist, um damit direkt ein Haus zu heizen oder Warmwasser zu erzeugen, allerdings warm genug ist, um über eine Wärmepumpe nutzbare Heizwärme oder Warmwasser zu erzeugen. Ein Anergie-Netz ist also ein kaltes Wärmenetz, das mit tiefen Temperaturen betrieben wird.

Der Anergie-Ring des Projekts verbindet drei Energiezentralen miteinander. Über Wärmepumpen wird je nach Bedarf Wärme in den Anergie-Ring eingespeist oder entzogen. Weiterhin sind drei große Regenwasserzisternen mit neu entwickeltem Regenwassermanagement als thermische Speicher an den Anergie-Ring angekopfelt. Die thermische

Nutzung der drei Regenwasserzisternen wird intelligent gesteuert. Zusätzlich wird das Regenwasser vor Einleitung in die Zisternen aufbereitet. Teilbereiche der Dächer sind ein begrüntes Retentionsdach mit PV, um auch hier Regenwasser speichern zu können und durch die Temperaturabsenkung den Wirkungsgrad der PV zu erhöhen. Ziel des Regenwassermanagements ist, dass keinerlei Regenwasser in die Kanalisation eingeleitet werden muss.

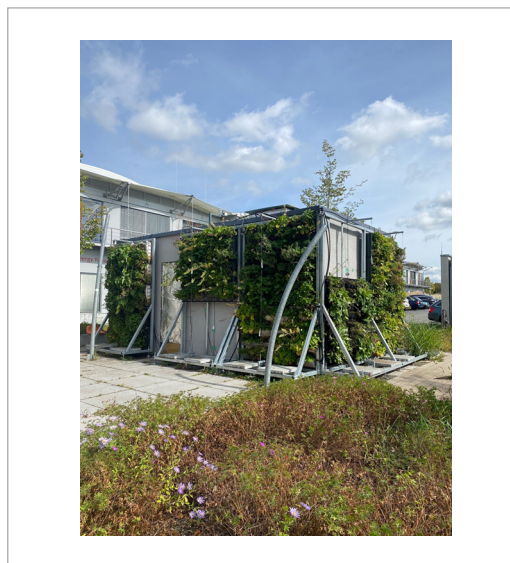
InEs (ZAE)

Einen anderen Ansatz, um die Energiebereitstellung im Quartier durch erneuerbare Energien sicher zu stellen, hat das ZAE Bayern im Rahmen des Projektes InEs (FKZ: 03EN3037A), Innovatives Energieversorgungssystem für ein gewerbliches Quartier im Wandel, erarbeitet. Hierzu hat es ein Energieversorgungssystem für ein sich in der Sanierung befindendes gewerbliches Quartier geplant.

Ziel des Projekts ist eine Energieversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien bei Strom und Wärme. Die ehemalige Porzellanfabrik Winterling soll dafür die Abwärme zweier BHKW und einer ORC-Anlage nutzen, die über Biogas einer nahegelegenen Hefefabrik betrieben werden. Die Abwärme dient der Gebäudebeheizung und der Prozesswärmeversorgung der Gewerbemietler. Weiterhin soll der Keller der ehemaligen Porzellanfabrik Winterling abgedichtet, gedämmt und mit 1.240 m³ Wasser geflutet werden. So kann der Raum als Wärmespeicher die Entkoppelung von Wärmezeugung und -verbrauch ermöglichen. Zusätzlich sollen Dächer mit PV ausgestattet werden und organische Photovoltaik als innovative Komponente für eine Fahrradgarage, Imbissüberdachung und Straßenlaternen installiert werden. Der Windstrom eines nahegelegenen Windparks soll über ein Power Purchase Agreement direkt im Quartier genutzt werden. Zusätzlich wird eine Kleinwindkraftanlage auf dem ehemaligen Schornstein der Fabrik errichtet. Abschließend ist auch ein Batteriespeicher für das Quartier geplant.

Smart East (KIT)

Eine bereits realisierte Quartiersentwicklung mit erneuerbaren Energien hat das KIT im Rahmen des Forschungsprojektes Smart East (<https://smart-east-ka.de>; FKZ L75 21113 und des Helmholtz-Programmes Energiesystemdesign (ESD)) in der Karlsruher Oststadt mit zahlreichen Partnern wie dem FZI Forschungszentrum Informatik, dem IT-Unternehmen SevenZone sowie den Stadtwerken Karlsruhe umgesetzt. Hier handelt es sich um ein Mischquartier mit räumlich und zeitlich heterogenen Lastkurven, da sich sowohl Einzelhäuser, ein Mehrgenerationenhaus mit KiTa, Bäckerei und



► Abbildung 1

Freilandmessungen an Fassadenbegrünungen:

Freilandversuchsstand (Klimahaus Süd) zur thermischen Charakterisierung von Fassadenbegrünungen unter realen Bedingungen am CAE in Würzburg.

(Quelle: CAE)

Seniorenwohnheim, als auch ein Existenzgründerzentrum mit einer Vielzahl an Start-ups in dem Quartier befinden.

Die Umsetzung der Smart East Projektziele erfolgte in vier entscheidenden Aktionsfelder: Klimaschutz, Geschäftsmodelle, Digitalisierung und Partizipation. In drei Jahren wurden im Smart East Quartier die Sektoren Strom, Wärme, Kälte und Verkehr digitalisiert und energetisch vernetzt. Die Sektorenkopplung ist, zusammen mit einem Ausbau von Photovoltaik, das Ziel des Aktionsfeldes Klimaschutz. Mit der Digitalisierung als zweitem Aktionsfeld wurden insbesondere intelligente Messsysteme in den Gebäuden installiert und deren Daten in einer Quartiersplattform zusammengeführt. Das dritte Aktionsfeld bezieht sich auf die Identifikation von Geschäftsmodellen und deren Bewertung. Das vierte Aktionsfeld ist die aktive Teilhabe aller wesentlichen Stakeholder, wie Eigentümer, Mieter, Vermieter, Anlagenbetreiber und Energieversorger.

Dein BalkonNetz (KIT)

Besonderen Fokus auf das Thema Partizipation von Menschen mit geringem Einkommen und von Frauen an der Energiewende hat das KIT, das ITAS – Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (Arbeitsgruppe KAT) mit dem Projekt „Dein BalkonNetz“ gelegt. Das ITAS ist u.a. der Frage nachgegangen: Wie können Menschen, die sich in der Regel seltener an der Energiewende beteiligen, wie z.B. Menschen mit geringem Einkommen, Mietende oder Frauen hierzu aktiviert werden? (Albiez et al 2022). Hierzu wurde 22 Haushalten eine Balkonsolaranlage kostenlos zur Verfügung gestellt. Es gab rund 100 Bewerbungen, darunter wurden bewusst auch Mietende, Menschen

mit geringem Einkommen und Frauen ausgewählt. Bereits beim Aufbau der Balkonkraftwerke kam es zu sehr positiven Effekten, Menschen, die sich vorher nicht kannten, haben sich gegenseitig Hilfe beim Aufbau der Anlagen angeboten, dies entsprach ganz dem Motto des Projektes „Energie schafft Gemeinschaft“. Im ersten Jahr wurden fast 4.000 kWh Strom erzeugt. 21 Haushalte sind kontinuierlich dabei geblieben, die meisten haben zusätzlich ihren Stromverbrauch gesenkt und es kam zu Verbreitungseffekten durch Nachahmung.

Im Rahmen des Realexperiments wurde in einem Mehrparteienhaus ein Modul installiert, 15 Monate später haben sich drei Nachbarn auch ein Balkonkraftwerk angeschafft obwohl nicht explizit für Balkonkraftwerke geworben wurde. Im sozialen Bereich sieht man hier positive Nachmacheffekte (Bögel et al 2023, Trenks et al.).

SInBa (Wuppertal)

Besonderen Fokus auf das Thema soziale Akzeptanz hat das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie mit dem Projekt SInBa – Soziale Innovationen im Bauen, Wohnen und der Stadtentwicklung gelegt. Technische Lösungen für die Energiewende im Bereich des Gebäudesektors sind seit Jahren bekannt und dennoch bleibt die Sanierungsrate konstant niedrig und der Gebäudesektor verfehlt seine Klimaschutzziele.

Hier setzt das Projekt an und will soziale Innovationen initiieren und begleiten, die die Verbreitung technischer Lösungen unterstützen oder andere soziale Praktiken erproben. Das Spektrum reicht hierbei z.B. von One-Stop-Shop-Ansatz, sozusagen eine Koordinierungsstelle, die alles regelt und übernimmt, wie beispielsweise Fördermittel beantragen, Bauunternehmen kontaktieren und koordinieren, Baugenehmigungen einholen bis hin zu Wohnungstauschbörsen. Aktuell befindet sich das Projekt noch in der Sondierungsphase für die Städte Mannheim und Wuppertal. Ziel ist es in den nächsten Jahren beispielhafte soziale Innovationen vor Ort zu initiieren, um den Weg hin zu einem klimaneutralen und klimagerechten Bauen und Wohnen zu befördern.

Energiegemeinschaft (Fraunhofer ISE)

Mit dem Voranbringen der Energiewende auf Quartiersebene hat sich das Fraunhofer ISE beschäftigt. Das ISE ist der Frage nachgegangen „Wie könnte eine Energiegemeinschaft nach österreichischem Vorbild in Deutschland aussehen? Um die Frage zu beantworten, hat das ISE für das Reallabor Pfaff auf dem ehemaligen Industriegelände der Firma Pfaff in Kaiserlautern einen energie-wirtschaftlichen Ansatz für die Umsetzung einer

Energiegemeinschaft erarbeitet. Die fehlende Umsetzung ist leider ein deutsches Problem, in Österreich ist Energy Sharing in Energiegemeinschaften durch reduzierte Netzentgelte und Umlagen finanziell attraktiv. Für das Reallabor Pfaff wurden daher drei unterschiedliche Szenarien durchgerechnet und miteinander verglichen: die Volleinspeisung, Eigenverbrauch und Energy Sharing.

Das Ergebnis zeigte, dass Energy Sharing die Bilanz aller Gebäude verbessert, die Eigenversorgung verschlechtert sich nicht und es entstehen zusätzliche Vermarktungsoptionen für Eigenversorger. Durch Energiegemeinschaften könnte der lokal genutzte PV-Strom um 10% gegenüber einer Beschränkung auf das Gebäude gesteigert werden.

Um dies in Deutschland endlich umsetzen zu können, müsste die Renewable Energy Directive (RED) endlich in nationale Gesetze implementiert werden, innerhalb der Energiegemeinschaft müsste ein reduziertes Netzentgelt möglich sein und der Handel für Kleinmengen muss ermöglicht werden.

Wie sieht die urbane Mobilität im klimaneutralen Quartier der Zukunft aus?

LesSON (Wuppertal)

Das Wuppertal Institut trägt mit dem Projekt LesSON, Lebenswerte Straßen, Orte und Nachbarschaften (FKZ 17-08.02.01-09/22) zur Beantwortung dieser Frage bei. Die Transformationsherausforderung der innerstädtischen Mobilität liegt daran begründet, dass Straßen über Jahrzehnte ausschließlich als Verkehrswege betrachtet wurden und nicht als multifunktionale öffentliche Räume, die Platz für Interaktion, für kulturelle Ereignisse, Straßencafés, Bäume etc. bieten und dadurch die Gemeinschaft im Quartier fördern und gleichzeitig resilient gegen Klimaveränderungen sind. Das WI sieht Straßen als einen wichtigen Bestandteil für den Übergang von einer autogerechten Stadt hin zu einer zukunftsfähigen Stadt.

Straßen müssen hierfür drei wichtige Kernpunkte erfüllen: Straßen müssen auf die Klimaanpassung reagieren, in dem sie blau-grüne Infrastrukturen bieten. Weiterhin müssen Straßen die innerstädtische Aufenthaltsqualität verbessern und zu guter Letzt müssen Straßen die Verkehrswende fördern.

Das Projekt sieht drei Phasen vor: Zu Beginn steht die Bestands- und Bedarfsanalyse, in Phase zwei werden Zukunftsbilder entworfen und dann in der letzten Phase geht es ins Straßenexperiment. Durch die Phasen sollten ambitionierte, aber auch gesellschaftlich tragfähige Planungen entstehen. In

den Phasen wurde sowohl die Stadtverwaltung als auch die Kommunalpolitik und die Zivilgesellschaft eingebunden, um den notwendigen Paradigmenwechsel auf ein breites gesellschaftliches Fundament zu stellen.

Im Ergebnis wurden in den beiden Pilotstraßen in Dortmund und Gelsenkirchen (► Abbildung 2), jeweils rund 50-75% des ruhenden Verkehrs (geparkte, haltende und nicht fahrbereite Fahrzeuge) reduziert. Im Gegenzug entstanden breitere Gehwege, neue Baumstandorte, Beete sowie Aufenthaltsräume für verschiedene Bevölkerungsgruppen. Die Entwürfe wurden in zwischen politische beschlossen, sodass in einigen Jahren neue lebenswerte und resiliente Stadträume entstehen werden.

Welche Synergieeffekte können sich zwischen Resilienz und Energiebereitstellung ergeben?

Einsatz von EE bei Blackout (IEE)

Das IEE betrachtet die Möglichkeiten des Einsatzes von erneuerbare Energien, wenn es doch einmal zu einem langanhaltenden, flächendeckenden Stromausfall (Blackout) gekommen sein sollte, und entwickelt Lösungsansätze für den Schutz verschiedener kritischer Infrastrukturen und vulnerabler Gruppen sowie die Aufrechterhaltung der Handlungsfähigkeit der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben. Außerdem gilt es Kaskadeneffekte auf Wärme und Kraftstoffe zu dämpfen sowie Anlaufstellen für die Zivilbevölkerung zu schaffen. Beispielhaft zeigt das IEE Lösungen für den Landkreis Hersfeld-Rotenburg in Hessen durch Bildung lokaler und regionaler Versorgungsinseln auf Basis erneuerbarer Energien auf. Vorhandene erneuerbare Energien werden hierzu in die potenziellen Netzinseln mit eingebunden. Wie dies in der Umsetzung ganz konkret aussehen kann, zeigen zwei Beispiele. Das ist zum einen eine Verteilnetzinsel im Landwirtschaftszentrum Eichhof

in Bad Hersfeld. Hier stehen als erneuerbare Energien Biogas, Holzhackschnitzelheizung, Wärmenetz, PV und Batteriespeicher zur Verfügung. Die Lebensmittelversorgung ist durch den landwirtschaftlichen Betrieb sichergestellt, das Internatsgebäude bietet Aufnahmekapazität für vulnerable Gruppen, wie beispielsweise beatmungspflichtige Heimpflegepatienten. Zu guter Letzt stehen den Katastrophenschutz-Einheiten Kraftstoffe und Büros zur Verfügung.

Zum anderen zeigt das IEE das Potential eines Tanklagers auf. Hier lassen sich PV und Batteriespeicher ergänzen und eine Netzersatzanlage mit Flüssigkraftstoff betreiben, die durch die Einbindung von PV und Batteriespeicher deutlich kleiner und kostengünstiger wird. Damit wird der Kraftstoffumschlag für Schwerpunkttankstellen mit besonderer Bezugsberechtigung sowie die Versorgung von Netzersatzanlagen in Krankenhäusern sichergestellt. Im Normalbetrieb refinanzieren sich PV und Batteriespeicher weitestgehend durch die Eigenstromnutzung. Erneuerbare Energien machen Notversorgungs-lösungen kostengünstiger und flächendeckend verfügbar.

Energieversorgungsausfälle auf Quartiersebene (DLR)

Von einem vergleichbaren Szenario wie das IEE geht das DLR Institut für Verbrennungstechnik (DLR-VT) in Stuttgart aus. DLR-VT betrachtet hier Energieversorgungsausfälle auf Quartiersebene. Eine der Fragen lautet, welche Möglichkeit besteht, ein Wohnquartier im Winter mit Strom und Wärme zu versorgen, wenn ein mittelfristiger Ausfall des Stromnetzes und/oder eines H₂-Backbone-Netzes auftritt? Gibt es Synergien der Energiebereitstellung zu nahen Gewerbequartieren?

Der Ansatz des DLR-VTs ist ein entsprechend dimensioniertes Mikrogasturbinen-BHKW (FKZ: 03ET7094 (BMW)), welches im Normalbetrieb über einen zukünftigen H₂-Backbone betrieben wird. Dieses Mikrogasturbinen-BHKW versorgt das Wohnquartier zusätzlich zu Wärmepumpen,



► Abbildung 2

Transformation von Straßen zu resilienten Stadträumen

links: Darstellung des heutigen Zustands der Lothringer Straße

rechts: Planungen für den Straßenumbau)

(Quelle: Bildrechte MUST Städtebau GmbH)

Photovoltaikanlagen und dem Stromnetz mit Strom und Wärme. Der Vorteil bei diesem Ansatz ist, dass der Anlagenwirkungsgrad im kompletten Jahresgang sehr hoch ist, da auch im Sommer die Abwärme durch eine Anbindung an ein nahes Industriequartier genutzt werden kann. Das Mikrogasturbinen-BHKW kann sowohl über gasförmiges H₂ als auch über einen zusätzlichen Power-to-Liquid (PTL)-Tank, welches aus erneuerbaren Stromquellen erzeugt wurde, versorgt werden. Im Fall eines mittelfristigen Ausfalls des Stromnetzes (z.B. mehrere Tage/Wochen) können die Wärmepumpen nicht mehr aus dem Netz betrieben werden. In diesem Fall kann das Mikrogasturbinen-BHKW, bei entsprechender Dimensionierung, die komplette Wärme und den Strom für das Wohnquartier bereitstellen und somit diesen Ausfall kompensieren. Andererseits besteht auch die Möglichkeit, die Wärmepumpen durch die elektrische Energie aus dem BHKW zu betreiben und somit weiterlaufen zu lassen. Im Fall eines zusätzlichen mittelfristigen Ausfalls des H₂-Backbones wird das Mikrogasturbinen-BHKW auf den Power-to-Liquid-Backup-Brennstoff umgeschaltet und kann mit diesem klimaneutral betrieben werden. Diese hohe Brennstoffflexibilität bei gleichzeitig geringen Abgasemissionen ergibt sich durch die eingesetzte jet-stabilisierte Brennkammer in Kombination mit einer variablen Geometrie zur Anpassung der Luftaufteilung in der Brennkammer. Diese beiden Technologien sind bei DLR-VT in der Entwicklung und zum Teil bereits in der Felderprobung.

KI für resilientes Quartiersenergiemanagement (DLR)

Einen smarten und KI-basierten Ansatz für ein resilientes Quartiersenergiemanagement baut das DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme in Oldenburg auf mit Förderung vom BMWK. Hierzu werden rückspeisende batterieelektrische und Brennstoffzellen-Fahrzeuge als mobile Backup-Kraftwerke in die Betrachtung mit einbezogen. Der technische Nachweis zum Einsatz solcher mobilen Versorgungseinheiten für eine dynamische Stabilisierung des Netzes konnte gezeigt werden. Im Idealfall kann Abwärme der Fahrzeugsysteme zusätzlich durch Einspeisung in Niedertemperatur-Wasserspeicher für die Bereitstellung von Warmwasser und Raumwärme genutzt werden. Ein zukünftiges Quartier ausschließlich mit erneuerbaren Energien zu versorgen, führt auf Grund der sowohl im Tagesverlauf als auch saisonal fluktuierenden Erzeugung zu einem großen Bedarf an sowohl Energiespeichermöglichkeiten, als auch an Last-Flexibilitäten in allen Bereichen von Strom über Wärme bis hin zum Verkehr. Zusätzlich kommen neben der Resilienz auch noch ökonomische und

technische Betriebsaspekte hinzu, wofür es eine Vielzahl an Informationen von Gebäuden, Verkehr, Strom- und Wärmelastprofilen, Wetterprognosen bis hin zum einzelnen Nutzerverhalten benötigt und welche es zu optimieren gilt. Die Komplexität der Datenverarbeitung und Optimierung in Echtzeit stellt hier eine immense Herausforderung dar. Das DLR löst diese Problematik durch eine Verknüpfung von Quartiers-, Gebäude und Mobilitätssimulationen, Verbrauchsprognosen und energierelevanten Wettervorhersagen sowie der Verbindung mit rückspeisenden Fahrzeugen als mobile Backup-Kraftwerke. Parallel zur Modellierung werden Echtzeitdaten von Fahrzeugen und Gebäuden kombiniert um eine höhere Validität der Modelle zu erreichen. Fallen diese Echtzeitdaten aus, wird das zugrundeliegende Modell durch das KI-basierte Energiemanagement dennoch einen stabilen Betrieb gewährleisten und trägt damit zur Resilienz des Quartiers bei.

Quellen

- Albiez, M.; Stelzer, V.; Parodi, O.; Bögel, P. M.; Trenks, H. (2022) Energiewende nah an Mensch und Alltag, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, (6), 31 -33
- Bögel, M.P., Trenks, H., Upham, P., Sauter, H., Albiez, M., Stelzer, V., Laborgne, P. (2023): *Diversifying power in action: A socio-psychological approach to inclusive energy transition experiments*, *Energy Research & Social Science*, Volume 100
- Galenzowski, J., Waczowicz, S., Meisenbacher, S., Mikut, R., & Hagenmeyer, V. (2023) A real-world district community platform as a cyber-physical-social infrastructure systems in the energy domain. In *Proceedings of the 10th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities, and Transportation* (pp. 434-441).
- Trenks, H., Bögel, P.M. Empowering citizens for the energy transition: facilitating role change through real-world experiments. *Sustain Sci* (2024). <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01453-7>