

Wie agieren Quartiere netzverträglich?

Flexibilitätspotenziale der Vor-Ort-Versorgung

Eine effiziente und zielgerichtete Umsetzung der Energiewende erfordert eine enge Verknüpfung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität – nicht nur innerhalb eines Gebäudes oder einer Kundenanlage, sondern ebenfalls gebäudeübergreifend im Quartier. Auf Basis eines realen Wohnquartiers in Bochum/Weitmar haben Forschende des Fraunhofer Exzellenzclusters Integrierte Energiesysteme (CINES) anhand mehrerer Szenarien untersucht, inwieweit Flexibilitätspotenziale in Verbindung mit lokalen Erneuerbaren optimal zur sektorenübergreifenden Energieversorgung vor Ort beitragen. Neben der Möglichkeit zur Akzeptanzsteigerung für Energiewende-Vorhaben bei den Bewohnenden wurde zudem die Steigerung der Integrationsfähigkeit erneuerbarer Energien durch sogenannte Vor-Ort-Systeme bewertet.



Abbildung 1. Betrachtetes Wohnquartier in Bochum/Weitmar, vor Installation der Gebäude-PV-Anlagen

Bildquelle: Vonovia, Open District Hub e.V.



Sebastian Flemming, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fraunhofer IOSB-AST, Ilmenau

Tom Bender, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fraunhofer IOSB-AST, Ilmenau

Arne Surmann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fraunhofer ISE, Freiburg

Eine auf lokalen erneuerbaren Energien beruhende gebäude- und sektorenübergreifende Energieversorgung im Quartier kann bei der Transformation hin zu einem CO₂-neutralen Gesamtenergiesystem einen wichtigen Beitrag leisten. Eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Transformation ist die Nutzbarmachung von verfügbaren Flexibilitätspotenzialen zur gezielten Anpassung und zum Ausgleich zwischen der fluktuierenden, CO₂-neutralen Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieanlagen und der Energieverbrauchsseite.

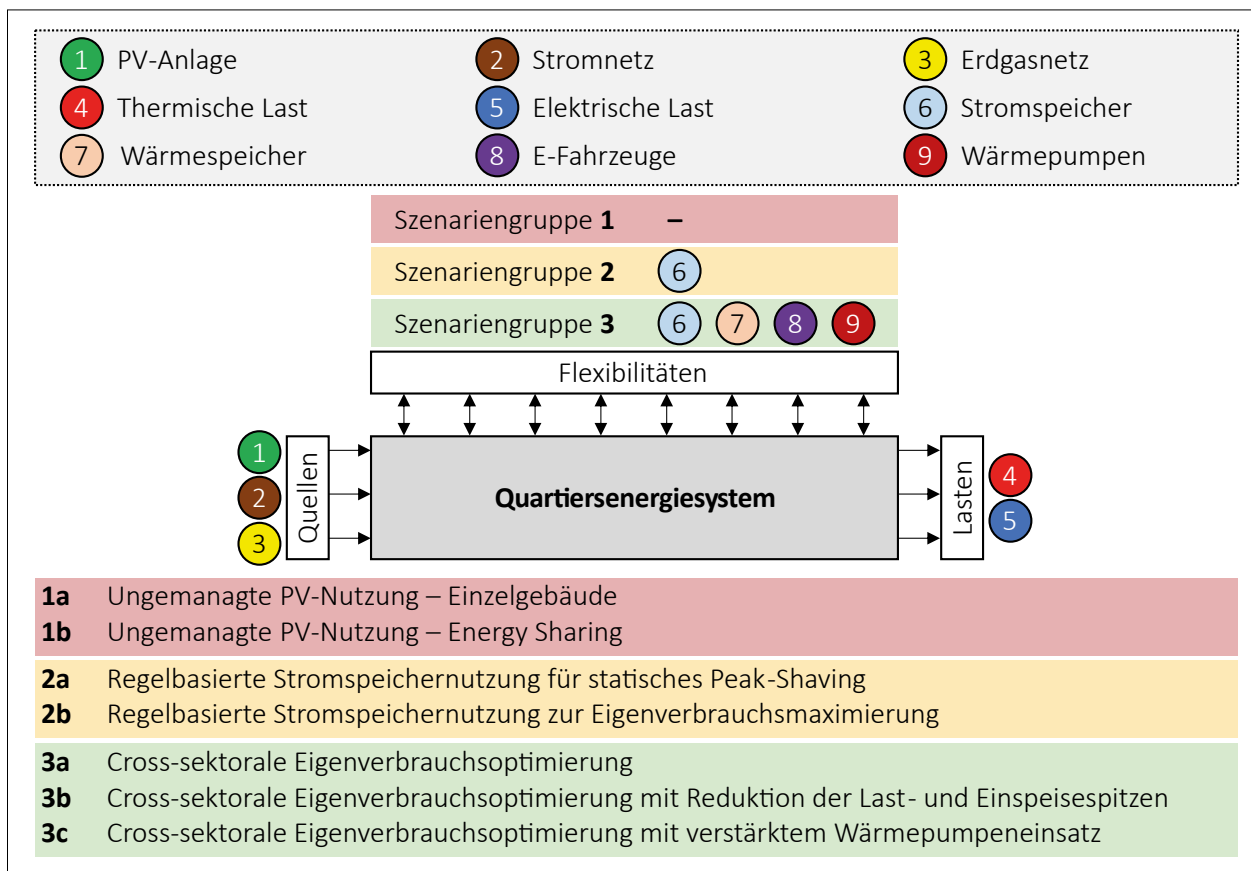


Abbildung 2. Übersicht Untersuchungsszenarien und -kategorien

Quelle: Eigene Darstellung

Für eine Analyse der Auswirkungen zur Nutzung verschiedener Flexibilitätsoptionen in Verbindung mit unterschiedlichen Ansätzen zur sektorenübergreifenden Betriebsführung wurden mehrere Szenarien entwickelt. Die gebildeten Szenarien lassen sich in drei Szenariengruppen zusammenfassen, die in *Abbildung 2*, einschließlich zugehöriger Subszenerien, dargestellt sind. Die Szenariengruppe 1 umfasst den Vergleich von Gebäude- und Quartiersenergiebilanzen im ungesteuerten Fall ohne Flexibilitätsnutzung, die Szenariengruppe 2 vergleicht zwei Heuristiken für die Steuerung von Stromspeichern und Szenariengruppe 3 bildet die Auswirkungen einer vollständigen Optimierung des lokalen Energiesystems unter Ausnutzung aller im Quartier verfügbaren Flexibilitätsoptionen ab. Hierzu zählen thermische und elektrische Energiespeicher, Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen. Die erneuerbare Energiebereitstellung erfolgt im untersuchten Quartier über PV-Anlagen.

Jedes Szenario verfolgt die Zielstellung der Steigerung des lokalen EE-Eigenverbrauchs und der lokalen EE-Eigenversorgung. Die Unterschiede zwischen den Szenarien resultieren daraus, welche Flexibilitätsoptionen (Elektromobilität, Wärmepumpen, Energiespeicher) genutzt werden und wann sie zeitlich in welcher Ausprägung zum Einsatz kommen. Die Untersuchung fokussiert sich hierbei auf die technische Quantifizierung der Möglichkeiten zur Nutzung von energetischen Flexibilitätspotenzialen und den jeweils resultierenden Nutzen für das Quartier. Der Vergleich und die Bewertung der szenarienspezifischen Simulationsergebnisse erfolgen unter anderem anhand der nachfolgend angegebenen Key-Performance-Indicators (KPI):

- CO₂-Reduktion (cross-sektoral) [%]
- EE-Eigenverbrauchsquote (elektrisch) [%]
- EE-Eigenversorgungsquote (elektrisch) [%]

- EE-Eigenversorgungsquote (cross-sektoral) [%]

Neben der KPI-gestützten Auswertung der Szenarien wurde darüber hinaus untersucht, wie das Quartier an der Bilanzgrenze zum vorgelagerten Energiesystem in Erscheinung tritt. Hierfür wurden die szenarienspezifischen Residuallasten und die zugehörigen geordneten Jahresdauerlinien in die Untersuchung einbezogen, um Rückschlüsse auf die Netzverträglichkeit zu ziehen.

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die Betriebsführungsvarianten in Verbindung mit dem Einsatz von unterschiedlichen Flexibilitätsoptionen einen signifikanten Einfluss darauf haben, wie Quartiere auf das vorgelagerte Energiesystem wirken. Für einen ersten Rückschluss auf die Netzverträglichkeit des betrachteten Quartiers wurden zunächst die KPI zur elektrischen EE-Eigenverbrauchs- und EE-Eigenversorgungsquote verglichen. Die aus der Untersuchung resultierenden Ergebnisse sind in *Abbildung 3* visualisiert.

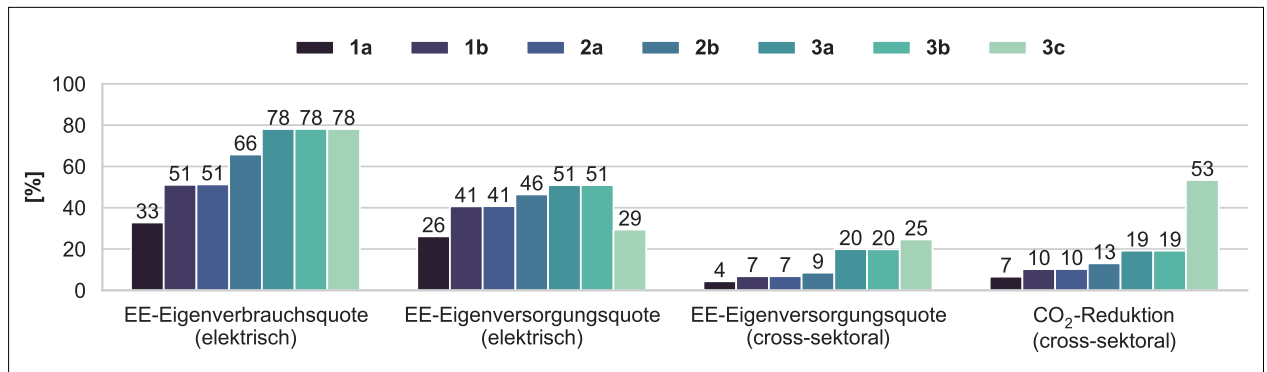


Abbildung 3. Gegenüberstellung szenarienspezifischer EE-Eigenverbrauchs- und -versorgungsquoten sowie der CO₂-Reduktion
Quelle: Eigene Darstellung

Maximaler Eigenverbrauch – netzdienlich und CO₂-sparend

Die EE-Eigenverbrauchsquote gibt an, wieviel der lokal bereitgestellten erneuerbaren Energie im Quartier genutzt und nicht in das vorgelagerte Energiesystem eingespeist wird. Das bedeutet, je höher der Anteil der eigenverbrauchten erneuerbaren Energie an der insgesamt lokal bereitgestellten erneuerbaren Energie ist, desto weniger muss zu anderen Verbrauchern über das vorgelagerte Energiesystem verteilt und übertragen werden. Dadurch werden Verteilungs- und Übertragungskapazitäten im vorgelagerten Energiesystem im Hinblick auf den »Abtransport« lokaler EE-Überschüsse geschont.

Im Unterschied zur EE-Eigenverbrauchsquote gibt die EE-Eigenversorgungsquote an, wie hoch der Anteil eigenverbrauchter erneuerbarer Energie am lokalen Energiebedarf

ist. Das heißt, je höher die Quote zur lokalen EE-Eigenversorgung ist, umso geringer ist der Energiebezug aus dem vorgelagerten Energiesystem, sodass auf diesem Weg die Verteilungs- und Übertragungskapazitäten hinsichtlich des »Hintransports« des verbleibenden, nicht lokal gedeckten, Energiebedarfs geschont werden.

Die beiden KPI geben einen ersten Indikator zur Einschätzung der Netzverträglichkeit des betrachteten Quartiers in Verbindung mit dem Einsatz und Betrieb von Flexibilitätsoptionen je Szenario. Bei einer KPI-basierten Beurteilung der Netzverträglichkeit stellen sich erwartungsgemäß die Szenarien 3a und 3b, welche den vollen optimierten Flexibilitätsrahmen ausschöpfen, als am besten dar.

Beim Vergleich dieser beiden Szenarien zeigt sich zudem, dass bei einer Flexibilitätsnutzung mit zusätzlicher Reduktion der Last- und

Einspeisespitzen keine Verschlechterung der KPI in Kauf genommen werden muss. So kann in Szenario 3b dieselbe Menge an CO₂-Emissionen eingespart werden wie in Szenario 3a.

Reduktion der Residuallastspitzen zeigt Netzverträglichkeit

Eine Bewertung der Netzverträglichkeit mithilfe dieser KPI basiert auf Jahresenergiebilanzen und erlaubt daher keine leistungsbezogene Beurteilung des Quartiersverhaltens. Um das durch lokale Lasten, erneuerbare Energiebereitstellung und Flexibilitätsnutzung überlagerte Leistungsverhalten des Quartiers in die Betrachtung einzubeziehen, wurden die szenarienspezifischen Residuallasten an der Bilanzgrenze zum vorgelagerten Energiesystem gegenübergestellt. Diese sind in *Abbildung 4* als mittlere Tagesprofile einschließlich des jeweiligen 90 %-Konfidenzintervalls dargestellt.

Durch diese Art der Visualisierung lässt sich die Charakteristik veranschaulichen, zu welchen Tageszeiten vorrangig Strom aus dem vorgelagerten Netz bezogen wird (Residuallast > 0) bzw. in welchen Zeiträumen eine Rückspeisung stattfindet (Residuallast < 0). Eine flache Ausprägung der mittleren Tageskurve mit Leistungswerten nahe 0 wird hierbei als netzverträglich interpretiert, da in diesem Fall hohe Last- bzw. Einspeisespitzen weitestgehend vermieden werden.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Leistungsgradienten im mittleren Residuallastgang zeigt Szenario 3b das netzverträglichste Verhalten.

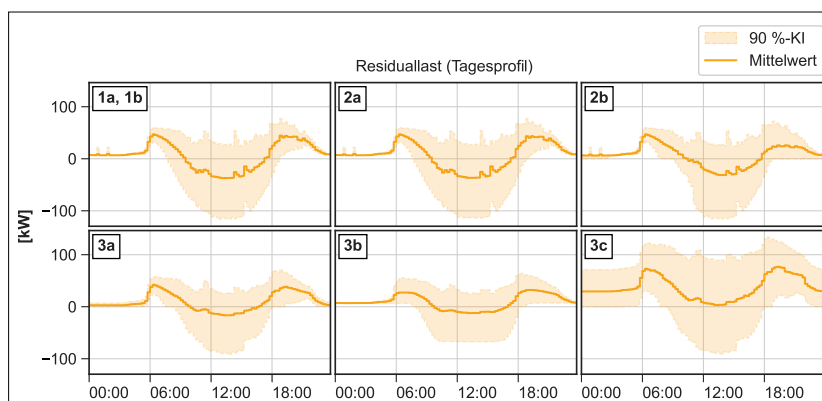


Abbildung 4. Durchschnittliches Tagesprofil der Residuallast der betrachteten Szenarien
Quelle: Eigene Darstellung

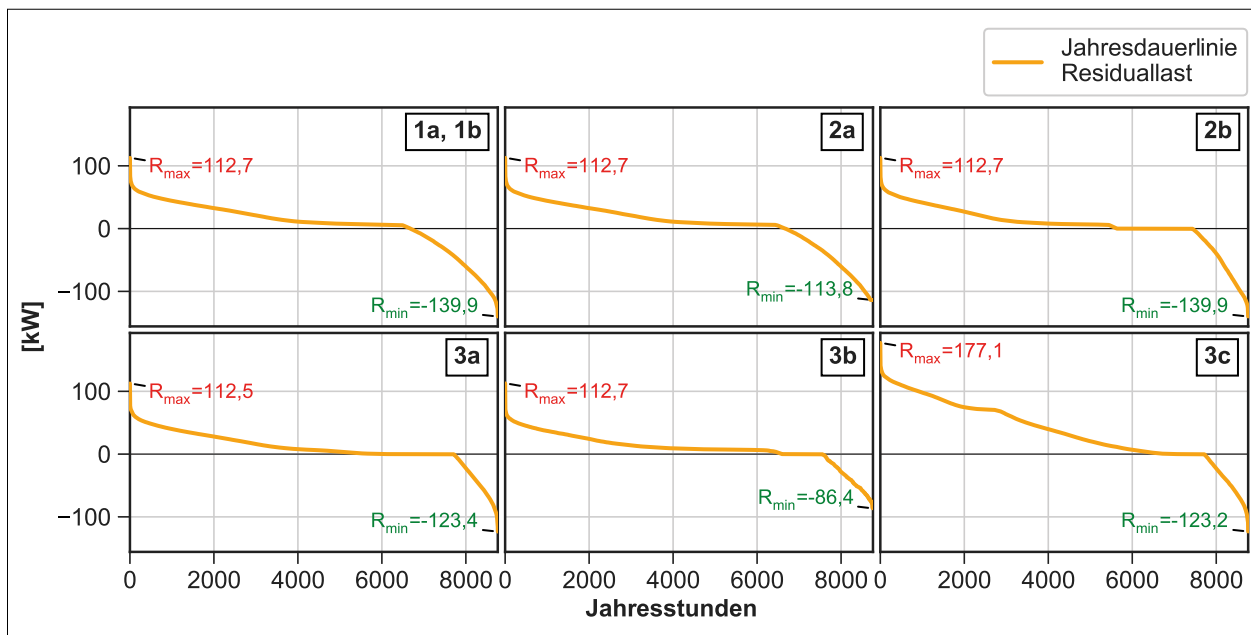


Abbildung 5. Geordnete Jahresdauerlinie der Residuallast der betrachteten Szenarien Quelle: Eigene Darstellung

Durch die Nutzung der Flexibilitätsoptionen zur gezielten Lasterhöhung und das vorrangige Laden des elektrischen Energiespeichers in Zeiten der höchsten PV-Erzeugung findet in diesem Szenario, insbesondere in der Mittagszeit, eine starke Glättung der Rückspeiseleistung statt.

Durch eine solche Minimierung der Einspeiseleistung in Zeiträumen der höchsten Energiebereitstellung in photovoltaik-dominierten Energiesystemen wird die Integrationsfähigkeit weiterer EE-Anlagen gleicher Art im Energiesystem erhöht und führt dadurch zu besonders netzverträglichem Verhalten. Die zielgerichtete Lastreduzierung und das Entladen des Speichers zu Energiebezugszeiten mit hohem Leistungsbedarf haben zudem eine Glättung und Minimierung der Bezugsleistung zur Folge.

Eine weitere Möglichkeit zur Bewertung des Quartiersverhaltens an der Bilanzgrenze zum vorgelagerten Energiesystem stellt die geordnete Jahresdauerlinie der Residuallast dar, visualisiert in *Abbildung 5*. Die minimalen und maximalen Werte der Residuallast sind in der Darstellung angegeben. Analog zum durchschnittlichen Tagesprofil der Residuallast wird ein flacher Verlauf der Kurve im Bereich der Nulllinie als netzverträglich interpretiert.

Auch die Untersuchung der geordneten Jahresdauerlinien der Residuallast zeigt, dass Szenario 3b aufgrund der am stärksten geglätteten Kurve das netzverträglichste Verhalten des Quartiers aufweist. Vor dem Hintergrund, dass in diesem Szenario die maximale Rückspeiseleistung des Quartiers am deutlichsten reduziert werden kann, bietet diese Führungsweise des Quartiersenergiesystems das höchste Potenzial zur Entlastung des vorgelagerten Energiesystems. Trotz der in diesem Szenario gleichzeitig adressierten Glättung und Reduzierung der Bezugsleistung des Quartiers kann keine Reduktion der Jahreshöchstlast gegenüber den anderen Szenarien erreicht werden.

Fazit – Kombinierte Optimierung von Eigenverbrauch und Peak-Shaving schafft Mehrwerte für Quartier und Netz

Zusammenfassend kann sowohl aus der Betrachtung der Jahresenergiebilanzen mittels KPI als auch der leistungsbezogenen Beurteilung der Residuallast festgestellt werden, dass die Betriebsführungsvariante mit optimiertem Einsatz aller verfügbaren Flexibilitätsoptionen im untersuchten Quartier zur Maximierung des lokalen EE-Eigenverbrauchs und der lokalen EE-Eigen-

versorgung, in Kombination mit dynamischem Peak-Shaving sowohl der Rückspeise- als auch Bezugsleistung, das höchste Potenzial für netzverträgliches Verhalten lokaler Energiesysteme aufweist.

Es konnte gezeigt werden, dass eine sektorenübergreifende und koordinierte Nutzung von Flexibilitätsoptionen mit Optimierung der Energieversorgung im Quartier auf Basis des vorrangigen Einsatzes lokaler erneuerbarer Energien Mehrwerte sowohl für das lokale als auch für das vorgelagerte Energiesystem schafft. Die genaue Ausgestaltung der lokalen Energieversorgung in Verbindung mit der zeitlichen Nutzung von Flexibilität vor Ort ist für deren Mehrwerte entscheidend.

sebastian.flemming@iosb-ast.fraunhofer.de

tom.bender@iosb-ast.fraunhofer.de

arne.surmann@ise.fraunhofer.de

www.iosb-ast.fraunhofer.de