



Fokusthema 9:

Zusammenspiel der Komponenten integrierter Energiekonzepte

Integrierte Konzepte zur energetischen Versorgung von Quartieren zeichnen sich durch die Interaktion der unterschiedlichen implementierten technischen Komponenten aus. Diese Interaktion ist ein wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität des Quartiers. Welche Komponenten, das heißt Erzeugungsanlagen, Energiewandler oder Speicher, mit welcher Leistung verwendet werden, hängt von den Rahmenbedingungen des jeweiligen Quartiers ab und wird in der Planung festgelegt. In diesem Factsheet wird das Zusammenspiel der unterschiedlichen technischen Komponenten beschrieben.

Mit dem optimalen Zusammenspiel der Komponenten werden die Ziele des klimaneutralen Quartiersenergiesystems unterstützt, konkret eine hohe Effizienz des Energiesystems, geringe Kosten, eine hohe Versorgungssicherheit und ein möglichst hoher Selbstverbrauch der im Quartier erzeugten erneuerbaren Energien. Weitere Ziele können beispielsweise die Entlastung des übergeordneten Stromnetzes durch Reduzierung von Spitzenlasten sowie die Bereitstellung von Flexibilitäten sein.

Photovoltaik und Batterien

Solarenergie ist in den meisten Quartieren die erneuerbare Energiequelle mit dem größten Potenzial. Da die Nutzungsmöglichkeiten der Solarwärme oft begrenzt sind oder sie weniger attraktiv ist, stellt die Solarstromerzeugung mit Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) meist die größte lokale Energiequelle im klimaneutralen Quartier dar. Werden die PV-Potenziale umfangreich genutzt, übersteigt im Sommerhalbjahr die Solarstromerzeugung tagsüber in der Regel den Strombedarf im Quartier. Um die

Belastung des übergeordneten Stromnetzes zu begrenzen und im Extremfall auch eine Abregelung von PV-Anlagen zu vermeiden, tragen im integrierten Energiekonzept verschiedene Maßnahmen dazu bei, den Solarstrom vornehmlich im Quartier zu verbrauchen und den Export zu minimieren. Innerhalb von Gebäuden und in Kundenanlagen (Mieterstromanlagen) ist es auch ökonomisch vorteilhaft, den Solarstrom selbst zu verbrauchen, da Gebühren und Steuern eingespart werden. Seit Januar 2021 besteht nach § 21 Abs. 3 Nr. 1 EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) der Anspruch auf die Zahlung des Mieterstromzuschlags auch dann, wenn der Solarstrom an einen Letztverbraucher in demselben Quartier ohne Durchleitung durch ein Netz geliefert und von diesem verbraucht worden ist. Dies ist ein erster Schritt in der Umsetzung der Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften, die nach Artikel 22 der Richtlinie 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II) in den Mitgliedstaaten auf lokaler Ebene umzusetzen sind. Sie sollen berechtigt sein, erneuerbare Energie zu produzieren, zu verbrauchen, zu speichern und zu verkaufen und die erneuerbare Energie, die mit eigenen Anlagen erzeugt wurde, auch gemeinsam zu nutzen. Mit den Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften wird es somit ökonomisch attraktiv werden, den im Quartier erzeugten Solarstrom selbst zu verbrauchen, wenn eine entsprechende Organisationsform gewählt wird.

Eine gute Möglichkeit, den Selbstverbrauch von Solarstrom zu erhöhen, ist die Kombination von Photovoltaik-Anlagen mit stationären Batteriespeichern. Im Jahr 2020 wurde bei etwa der

Hälfte der neu installierten PV-Anlagen auf Eigenheimen ein Batteriespeicher installiert.¹ Durch die Batterie kann der tagsüber erzeugte Solarstrom zwischengespeichert und in den Abendstunden verbraucht werden. Da viele Eigenheimbesitzerinnen und -besitzer tagsüber nicht zu Hause sind und somit wenig Strom verbrauchen, beträgt der Anteil des Solarstroms, der direkt verbraucht werden kann, im Jahreschnitt ohne Batterie nur etwa 35 Prozent des Jahresstrombedarfs (unter der Annahme, dass auf das Jahr gesehen Solarstromerzeugung und Stromverbrauch etwa gleich hoch sind). Mit einer Batterie lässt sich der Anteil auf über 60 Prozent steigern. Durch die Zwischenspeicherung des Solarstromüberschusses wird ein höherer Selbstversorgungsgrad erreicht (d. h. der Netzbezug minimiert). Zur Steuerung der Batterie ist ein Batteriemanagementsystem erforderlich. Dieses kann möglicherweise auch zur Erreichung von weiteren Nebenzielen beitragen, beispielsweise der Kappung von Lastspitzen im Strombezug.

Energiemanagementsysteme können auch die Vernetzung mehrerer Gebäude oder des gesamten Quartiers unterstützen. Somit lassen sich möglicherweise auch Photovoltaik- und Batteriekapazitäten gemeinsam im Quartier nutzen. Allerdings setzt das Energiewirtschaftsgesetz bislang dem lokalen Austausch und Handel von Strom unter Vermeidung von Gebühren und Steuern enge Grenzen (siehe Hinweis auf Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften).

Der Einsatz von Batteriespeichern ist nur zum kurzfristigen Speichern von Elektrizität über mehrere Stunden bis wenige Tage geeignet, da einerseits bei längeren Speicherdauern deutliche

Verluste auftreten und andererseits die Wirtschaftlichkeit eines Speichers proportional zur Zahl der Ladezyklen ist, das heißt, je öfter er be- und entladen wird, desto wirtschaftlicher ist ein Speicher. Aufgrund der Tagesschwankungen der Solarstromerzeugung ist ein Batteriespeicher so auszulegen, dass er einmal pro Tag be- und entladen wird, der Ausgleich der saisonalen Schwankungen der Solarstromerzeugung ist mit Batterien ökonomisch nicht sinnvoll.

Photovoltaik und Beladung von Elektromobilen

Vorteile für das Quartiersenergiesystem bietet auch die gezielte Kombination von PV-Anlagen und Elektromobilität. Die Lastprofile zur Beladung von E-Fahrzeugen können unterschiedlich sein und stimmen oft nicht mit dem Erzeugungsprofil von Solarstrom überein. Allerdings kann durch ein gesteuertes Laden der Elektrofahrzeuge der Anteil des Solarstroms am Ladevorgang meist deutlich gesteigert werden. Hierzu passt ein Energiemanagementsystem die Beladung des E-Fahrzeugs der Solarstromerzeugung an, das heißt, der Ladevorgang wird zeitlich verschoben oder in seiner Leistung begrenzt, wenn nicht genügend Solarstrom zur Verfügung steht. Dabei muss natürlich berücksichtigt werden, wann das E-Fahrzeug wieder beladen sein soll, und somit darf nur so weit in die Ladestrategie eingegriffen werden, dass diese Vorgabe erfüllt wird. Sind zusätzlich Batterieheimspeicher vorhanden, puffern diese die möglichen Ungleichzeitigkeiten zwischen Solarstromerzeugung und E-Mobil-Ladung ab und erhöhen somit den Selbstverbrauch des Solarstroms (beispielsweise wenn das E-Fahrzeug tagsüber unterwegs ist und nur nachts zu Hause geladen wird).

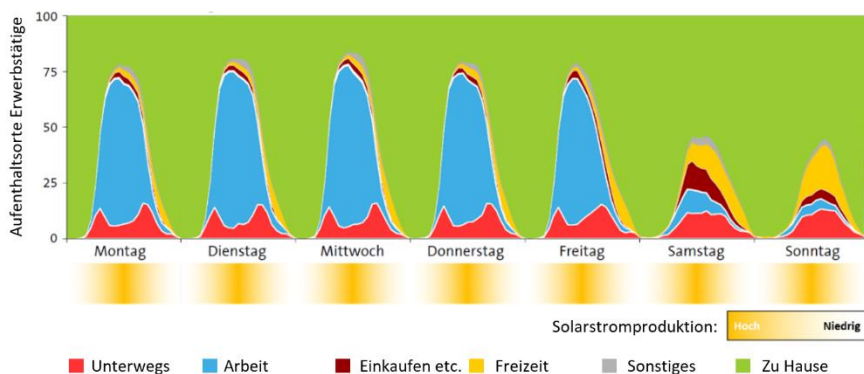


Abbildung 1: Vergleich der Aufenthaltsorte von Erwerbstätigen in Deutschland und der durchschnittlichen Erzeugung von Solarstrom mit nach Süden ausgerichteten Photovoltaikmodulen.² (Quelle: Fraunhofer ISE)

Dass die Verbindung der Solarstromproduktion mit der E-Mobilität puffernde Elemente und eine intelligente Ladestrategie benötigt, wird in Abbildung 1 deutlich. Sie zeigt im oberen Bereich den Aufenthaltsort von Erwerbstätigen im Verlauf einer Woche und im unteren Bereich die Solarstromproduktion. Es überrascht nicht, dass während der Werktage tagsüber, wenn die Sonne scheint und Solarstrom produziert wird, nur 20 bis 25 Prozent der Erwerbstätigen zu Hause sind. Das bedeutet, dass E-Fahrzeuge nur direkt mit Solarstrom geladen werden können, wenn sie beim Arbeitgeber geladen oder nicht zur Fahrt zur Arbeit genutzt

werden. Als Alternative kann der Solarstrom tagsüber gespeichert und nachts im Haushalt und zur Ladung des E-Fahrzeugs genutzt werden.

Eine noch weitergehende Flexibilisierung und damit verbunden eine stärkere Integration von Photovoltaik und Elektromobilität bietet das bidirektionale Laden, bei dem die E-Fahrzeuge einen definierten Anteil des Stroms ihrer Batterien dem Stromnetz zur Verfügung stellen können. Voraussetzung dafür ist, dass die E-Fahrzeuge an den Ladepunkt angeschlossen sind und dass

¹ <https://www.solarwirtschaft.de/2021/02/18/solarbatterie-boom/>

² Quellen:

infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.; IVT Research GmbH; infas 360 GmbH. (2018). Mobilität in

Deutschland - Ergebnisreport. Bonn: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - Referat G 13 – Prognosen, Statistik und Sondererhebungen. Ergänzung der solaren Erträge und Bearbeitung: Fraunhofer ISE.

zum Zeitpunkt der erwarteten Abfahrt der gewünschte Ladezustand der Batterie erreicht ist. Bei einer künftig zu erwartenden großen Anzahl von E-Fahrzeugen in einem Quartier könnten damit relevante zusätzliche Batteriespeicherkapazitäten bereitgestellt werden, die insbesondere kurzfristige Lastspitzen abfedern und somit helfen können, die fluktuierende Solarstromproduktion erheblich besser zu integrieren. Das bidirektionale Laden von E-Fahrzeugen erfordert allerdings ein entsprechendes intelligentes Lademanagementsystem, das mit den verschiedenen E-Fahrzeugen kommunizieren kann und Zugriff auf die Ladesteuerung der unterschiedlichen E-Fahrzeuge erhält. Bislang stehen solche Systeme nicht zur Verfügung und es fehlen auch noch die normativen Grundlagen für ihre Implementierung. Allerdings

kann davon ausgegangen werden, dass bei einem stark steigenden Anteil an E-Fahrzeugen bidirektionale Lademanagementsysteme zum kontrollierten Laden und teilweise auch bidirektionalen Laden standardmäßig installiert werden, um die zusätzliche Belastung der Stromnetze durch die E-Mobilität zu begrenzen.

Beim Ausbau der Ladeinfrastruktur von E-Fahrzeugen sollte somit auch berücksichtigt werden, wann und wo erneuerbarer Strom zur Verfügung steht, weshalb Arbeitgeber auch aus diesem Grund die Installation von PV-Anlagen und E-Mobil-Ladeinfrastruktur nicht nur für den firmeneigenen Fuhrpark, sondern auch für ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erwägen sollten.

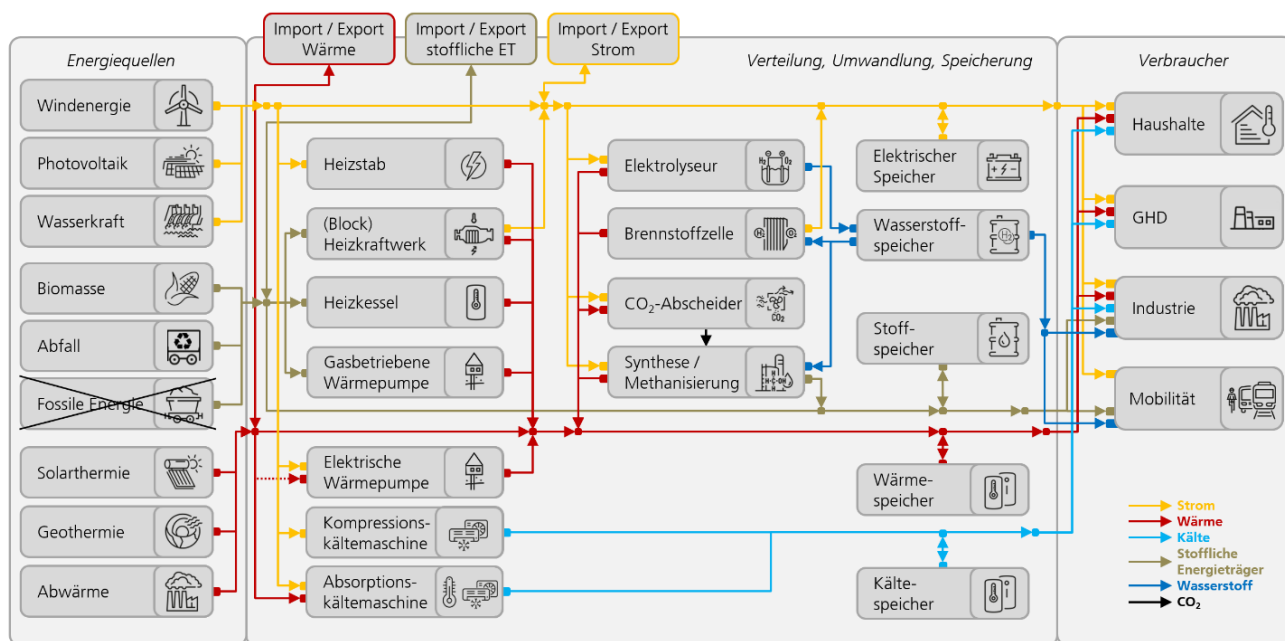


Abbildung 2: Basismodell eines Quartiersenergiesystems mit allen möglichen Komponenten und den zugehörigen Energieströmen. Da die Klimaneutralität angestrebt wird, sind fossile Energiequellen nicht zugelassen³. (Quelle: Fraunhofer ISE)

Photovoltaik und Wasserstoffproduktion/-nutzung

Abbildung 2 zeigt ein Basismodell eines integrierten Quartiersenergiesystems mit den möglichen Komponenten und Technologien sowie ihren Verknüpfungen. Dort ist ersichtlich, wie die Kopplung des Strom- und Mobilitätssektors auch durch die Herstellung von Wasserstoff erreicht werden kann. Der Solarstrom wird in diesem Fall genutzt, um in einem Elektrolyseur Wassermoleküle in Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle aufzuspalten. Mit dem Wasserstoff können Wasserstofffahrzeuge betankt und betrieben werden. Dabei wird der Wasserstoff mithilfe einer Brennstoffzelle wieder in Strom umgewandelt und dieser treibt den Elektromotor des Fahrzeugs an. Die Brennstoffzelle gibt als Abgas nur Wasserdampf ab. Da Wasserstoff speicherbar ist, bietet er sich vor allem für Fahrzeuge im Schwerlastverkehr oder für Fahrzeuge, die hohe Reichweiten benötigen, an. Allerdings ist zu bedenken, dass durch die Umwandlungskette im Elektrolyseur, bei der Verteilung und Speicherung sowie in der Brennstoffzelle zusätzliche Verluste auftreten, die die Gesamteffizienz deutlich reduzieren. Um dieselbe Strecke zurückzulegen, wird bei wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen etwa die doppelte Menge an klimaneutral hergestelltem Strom benötigt wie bei batterieelektrisch betriebenen E-Fahrzeugen. Hinzu kommt, dass eine spezielle

Wasserstoff-Ladeinfrastruktur aufgebaut werden muss. Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass im urbanen Pkw-Verkehr mit seinen kurzen bis mittleren Fahrtstrecken künftig vor allem batterieelektrische E-Fahrzeuge eingesetzt werden. Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge werden dagegen am ehesten im Langstrecken- und Güterverkehr, in Bussen oder im Schiffs- und Flugverkehr eingesetzt werden oder dort, wo eine Wasserstoffinfrastruktur bereits für andere Nutzungen vorhanden ist, zum Beispiel in der Industrie.

Grüne Gase als Energiespeicher

Aus Wasserstoff lässt sich mithilfe von chemischen Reaktionen unter Nutzung von Kohlendioxid auch Methan herstellen. Da es Hauptbestandteil des Erdgases ist, kann es das Erdgas ersetzen und die vorhandene Erdgasinfrastruktur nutzen. Die Umwandlung von Strom zu Wasserstoff oder weiter zu Methan fasst man unter dem Begriff Power-to-Gas (P2G) zusammen, klimaneutral hergestellte Gase bezeichnet man als grüne Gase. Aufgrund der Umwandlungsverluste sind P2G-Anwendungen gegenüber einem direkten Einsatz von Strom immer im Nachteil. Allerdings lassen sich Gase über längere Zeiträume verlustarm speichern und in Deutschland sind im Rahmen der Erdgasinfrastruktur bereits

³ Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

große Gasspeicher vorhanden. Somit stellen Wasserstoff und Methan eine notwendige saisonale Speicheroption für ein klimaneutrales Energiesystem dar, um beispielsweise im Winterhalbjahr auch während der Dunkelflaute auf eine Energiequelle zurückgreifen zu können. Allerdings sind die notwendigen Infrastrukturen (z. B. saisonale Gasspeicher) oder auch die Anwendungen (z. B. Schwerlast und Güterverkehr) nicht für Quartierslösungen geeignet und spielen dort nur in Ausnahmefällen eine Rolle. Unter anderem in dem vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Leuchtturmprojekt Es_West_P2G2P in der Esslinger Neuen Weststadt werden derzeit wichtige Erfahrungen mit der Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff in einem Wohnquartier gesammelt, dabei wird sich zeigen, ob P2G-Lösungen auch für Quartiere interessant sind.⁴

Kraft-Wärme-Kopplung: Produktion von Strom und Wärme

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme mit Blockheizkraftwerken (BHKWs) in Nahwärmenetzen auf Quartiersebene oder mit Mikro-BHKWs in einzelnen Gebäuden oder Gebäudegruppen hat den Vorteil einer hohen Effizienz und einer steuerbaren Energieerzeugung. Dabei kommen heute üblicherweise Erdgasmotoren zum Einsatz, deren Abwärme nutzbar gemacht wird. Der Gesamtwirkungsgrad für die Strom- und Wärmebereitstellung beträgt ca. 90 Prozent. Für die Wandlung von Wasserstoff in Strom und Wärme werden Brennstoffzellen eingesetzt, die in einer chemischen Reaktion direkt Strom und Wärme erzeugen. Allerdings muss für die Kraft-Wärme-Kopplung der klimaneutrale Brennstoff zur Verfügung stehen. In welchem Umfang Wasserstoff oder Methan aus P2G-Prozessen zu wettbewerbsfähigen Preisen für diese Anwendungen zur Verfügung stehen werden, ist fraglich und muss geprüft werden (siehe oben). Alternativ können Biogas oder Klärgas genutzt werden, die allerdings auch nur begrenzt verfügbar sind. Wenn in einem Quartier Zugriff auf solche Gase besteht und langfristige Lieferverträge abgeschlossen werden können, stellen BHKWs eine attraktive Lösung für eine klimaneutrale Quartiersenergieversorgung dar (vgl. Praxisbeispiele).

Photovoltaik, elektrische Wärmepumpen und Wärmespeicher

Im Vergleich zur Nutzung von Brennstoffen zur Wärmeerzeugung ist die Erzeugung von Wärme aus Strom mithilfe von Wärmepumpen sehr effizient. Denn aus einer Kilowattstunde (kWh) Strom können etwa 4 kWh Wärme mit einer Temperatur bis zu 60 °C hergestellt werden. Die restlichen 3 kWh entnimmt die Wärmepumpe aus der Umwelt, entweder aus der Luft bei sogenannten Luft-Wasser-Wärmepumpen oder aus dem Erdreich bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Der zugeführte Strom wird von den Wärmepumpen zur Temperaturerhöhung von Medien mittels Kompression genutzt. Auf diese Weise können Wärmepumpen Wärme- bzw. Abwärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau nutzen, um Nutzwärme auf einem höheren Temperaturniveau bereitzustellen. Die sogenannte Arbeitszahl, die das Verhältnis von bereitgestellter Nutzwärme zur eingesetzten elektrischen Energie darstellt (auch COP, Coefficient of Performance, genannt), ist umso höher, je geringer das Temperaturniveau der Nutzenergie ist. So sind Flächenheizungen für die Raumwärme mit niedrigen Vorlauftemperaturen zu bevorzugen. Typische

Wärmepumpen können Trinkwarmwasser auf 60 °C erwärmen, neuere Wärmepumpen können auch höhere Temperaturen bereitstellen. Wärme lässt sich einfacher und kostengünstiger speichern als Strom. Somit hat die Kopplung von Photovoltaik-Anlagen mit Wärmepumpen nicht nur den Vorteil der effizienten, klimaneutralen Wärmebereitstellung, sondern bietet auch die Möglichkeit, zeitweilige Stromüberschüsse mittels der Wärmepumpe als Wärme zu speichern und sie dann einzusetzen, wenn sie benötigt werden. Somit ist es sinnvoller, statt Strom in Batterien zu laden, mit Wärmepumpen Wärme zu erzeugen und die Wärme zu speichern, vorausgesetzt die Wärme oder Kälte ist zu einem späteren Zeitpunkt auch nutzbar. Da im Quartier Überschussstrom nur aus der Photovoltaik und damit im Sommerhalbjahr anfällt, kommt hier meist nur die Trinkwarmwasser- und möglicherweise die Prozesswassererwärmung in Frage. Im Winterhalbjahr mit Heizwärmebedarf sind nur relativ wenige Solarstromüberschüsse vorhanden. Eine bessere zeitliche Übereinstimmung wird bei der Bereitstellung von Klimakälte erreicht, die im Sommerhalbjahr benötigt wird. Auch sie kann in Kältespeichern gespeichert werden und somit Überschüsse aus PV-Anlagen aufnehmen.

Solarwärme und saisonale Wärmespeicher

Soll die Solarenergie den Energiebedarf zur Raumheizung zu großen Teilen oder vollständig decken, muss sie vom Sommerhalbjahr in das Winterhalbjahr, also saisonal, gespeichert werden. Da ein nennenswerter Anteil des Wärmebedarfs der gesamten Heizperiode aufgenommen werden muss, sind saisonale Wärmespeicher sehr groß. In Dänemark sind bereits in größerem Umfang Wärmenetze mit Solarwärmeanlagen und großen saisonalen Warmwasserspeichern mit ca. 100.000 m³ Wasserinhalt im Einsatz, die Quartiere und kleine Ortschaften mit Heizwärme versorgen.⁵ Eine zweite Möglichkeit besteht darin, mit Erdsonden den Untergrund zur Speicherung von heißem Wasser zu nutzen. Dies wurde beispielsweise in Neckarsulm im Stadtteil Amorbach mit 530 Erdsonden und einem Volumen von 65.000 m³ in Verbindung mit einer Solarwärmeanlage demonstriert.⁶ Zwar konnte hierbei in den letzten 30 Jahren die Technik weiterentwickelt und die Kosten konnten gesenkt werden, wie verschiedene Pilotprojekte belegen, doch sind diese Systeme bislang noch nicht wettbewerbsfähig.

PV-Anlagen, kalte Wärmenetze, thermische Untergrundspeicher und Wärmepumpen

Um Solarstrom saisonal für die Wärmeversorgung nutzbar zu machen, wird die Wärmeenergie nicht auf hohem Temperaturniveau, sondern als Primärwärmequelle für Wärmepumpen in einem Temperaturbereich etwa zwischen 5 °C und 20 °C in saisonalen thermischen Untergrundspeichern gespeichert. In Kombination mit kalten Wärmenetzen, die eine Vorlauftemperatur zwischen 10 °C und 20 °C haben, wird der Untergrundspeicher im Winterhalbjahr als Primärenergiequelle für die Wärmepumpen zur Beheizung des Quartiers verwendet. Im Sommerhalbjahr dienen die Solarstromüberschüsse dazu, den abgekühlten Untergrundspeicher mit den Wärmepumpen wieder zu regenerieren. Die kalten Wärmenetze (auch Wärmenetze 5. Generation genannt) können Abwärmequellen mit niedrigen Temperaturen, beispielsweise von Kühlhäusern und Rechenzentren, nutzbar machen.

⁴ <https://projektinfos.energiewendebauen.de/forschung-im-dialog/neuigkeiten-aus-der-forschung/detailansicht/esslinger-quartier-bereitet-eigene-wasserstoffproduktion-vor/>

⁵ <https://www.solarthermalworld.org/news/seasonal-pit-heat-storage-cost-benchmark-30-eurm3>

⁶ https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSP/SharedDocs/Projekte/WSProjekte_DE/Neckarsulm_Amorbach_II.html

Neben der Bereitstellung von Wärmeenergie können kalte Wärmenetze auch zur Deckung von Kühlbedarfen eingesetzt werden. Da die Temperatur des Rücklaufs der Wärmenetze (nach der Wärmeentnahme durch Wärmepumpen) üblicherweise zwischen 10 °C und 15 °C liegt, kann dieser direkt für Kühlanwendungen, zum Beispiel von Büroräumen, durch Senkung der Temperaturen in den Decken genutzt werden. Während der Kühlung nimmt das Wärmeträgermedium Abwärme aus den Kühlanwendungen auf und führt somit dem Wärmenetz wieder thermische Energie zu. So lassen sich Synergien zwischen Wärme- und Kältebedarfen erschließen und die Gesamteffizienz des Systems lässt sich erhöhen, was den Primärenergiebedarf des Quartiers reduziert. Der Umfang der so erschließbaren Synergien hängt von der Verteilung der Energiebedarfe für Wärme und Kälte, den verschiedenen Temperaturniveaus und ihrer zeitlichen Verteilung sowie der Systemtechnik inklusive der Speichervolumen sowie deren Steuerung ab. Dementsprechend sind integrierte, sektorgekoppelte Energiekonzepte erforderlich, um solche Quartiersenergiesysteme zu planen und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu prüfen.

Biomasse als speicherbare, klimaneutrale Energiequelle

Die Integration von fluktuierender Energieerzeugung aus Sonnenenergie und Windenergie stellt eine besondere Herausforderung klimaneutraler Energiesysteme dar. Doch auch die Integration von Biomasse auf Quartiersebene muss möglichst effizient erfolgen. Biomasse in fester Form (Stückholz, Holzhackschnitzel, Pellets) oder als Biogas kann zur Wärmeerzeugung in Feuerstätten oder Heizkesseln eingesetzt oder zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken verfeuert werden. Die Herstellung von Biotreibstoffen ist aufwendig und somit nur für den Transportbereich relevant, weshalb Biotreibstoffe im Quartierskontext üblicherweise keine Rolle spielen. Da Biomasse eine speicherbare erneuerbare Energiequelle darstellt, ist sie eine sehr wertvolle Ergänzung zu den fluktuierenden Quellen, um die Energieversorgung in Zeiten mit wenig Solarstrahlung und wenig Windenergie sichern zu können.

Allerdings ist zu bedenken, dass verschiedene Systemlösungen wie kalte Wärmenetze mit Wärmepumpen zur Raumheizung mit dem Einsatz von Biomasse-BHKWs und Wärmenetzen nicht kompatibel sind, da diese nur effizient einsetzbar sind, wenn die Wärme auf hohem Temperaturniveau (z. B. bei 70 °C) verteilt wird. Somit ist eine grundlegende Entscheidung zu treffen, ob ein Quartier mit Wärme auf hohem Temperaturniveau versorgt wird und dazu Biomasse-BHKWs und Solarwärmanlagen mit und ohne saisonale Wärmespeicher kombiniert oder ob auf kalte Wärmenetze zur Primärwärmeversorgung von Wärmepumpen gesetzt wird und in diesem Fall Biomasse höchstens als Notversorgung zum Einsatz kommt. Ob der erste Fall realisierbar ist, hängt entscheidend davon ab, ob ausreichend Biomasse hierfür zur Verfügung steht. Zwar können auch in Deutschland noch weitere Potenziale erschlossen werden, allerdings gibt es auch steigende Bedarfe für andere Nutzungen (Nahrungsmittelanbau, stoffliche Nutzung z. B. im Baugewerbe etc.).⁷ Somit muss im Rahmen der Planung von klimaneutralen Quartieren die langfristige Verfügbarkeit von Biomasse geklärt werden, wenn sie im Energiekonzept eine relevante Rolle spielen soll.

Wenn Biomasse beispielsweise in Blockheizkraftwerken eingesetzt wird, ist eine effiziente Integration und Steuerung notwendig. Da wiederum gilt, dass Wärme leichter und kostengünstiger zu speichern ist als Strom, werden die BHKWs üblicherweise

stromgeführt betrieben und gleichen somit Ungleichzeitigkeiten zwischen Solarstromerzeugung und Strombedarfen aus. Zusätzlich können sie gegebenenfalls zur Regelenergiebereitstellung für das übergelagerte Stromnetz eingesetzt werden. Dabei gilt: Je größer die Wärmespeicherkapazität ist, desto größer ist die bereitstellbare Flexibilität. Allerdings ist ein effizienter Betrieb nur möglich, wenn der Großteil der erzeugten Wärme auch genutzt werden kann. Während der Strombedarf das gesamte Jahr über vorhanden ist, ist der Wärmebedarf im Sommerhalbjahr deutlich niedriger, was die Betriebszeiten von Blockheizkraftwerken limitiert. Somit ist eine Kombination von Biomasse-BHKWs und PV-Anlagen vorteilhaft. Allerdings steigt in den Sommermonaten der Kühlbedarf durch den Klimawandel kontinuierlich an. Es ist deshalb auch möglich, die Wärme von BHKWs in Absorptionskältemaschinen zur Kälteerzeugung zu nutzen. Dieses Prinzip wird beispielweise für das Fernkältenetz in Wien eingesetzt.⁸

Fazit

Die vorgestellten Technologien, ihre Funktionalitäten, die Rahmenbedingungen für ihren Einsatz sowie ihre Integrationsmöglichkeiten in das klimaneutrale Quartiersenergiekonzept machen die Vielfalt der Herausforderungen und der Handlungsoptionen deutlich. Aufgrund der damit verbundenen Komplexität kann nur durch eine integrierte, sektorgekoppelte Planung ein kostengünstiges und versorgungssicheres klimaneutrales Energiesystem, optimiert für das jeweilige Quartier, entwickelt werden.

Es ist aber auch offensichtlich, dass neben einer fundierten Planung auch ein intelligentes und integriertes Energiemanagement erforderlich ist, um die Wechselwirkung der Technologien steuern und die Synergien nutzen zu können. Dabei wird es künftig nicht mehr ausreichen, dass die Energiemanagementsysteme allein auf Gebäudeebene wirken, künftig müssen die Gebäudeenergiemanagementsysteme auf Quartiersebene kooperieren. Bis zu welchem Grad dies sinnvoll ist und wie dies organisiert wird, steht heute noch nicht fest und wird sich erst in Zukunft zeigen.

Als weiterer Aspekt ist die Einbindung der Gebäudenutzerinnen und -nutzer von zunehmender Bedeutung. Über Smart-Home-Lösungen haben sie künftig eine Schnittstelle zu den Energiesystemen, die auch eine flexiblere Reaktion bzw. Anpassung ihres Verhaltens auf die Energieversorgungssituation ermöglicht. Angesichts des erheblichen Einflusses des Nutzerverhaltens auf den realen Energieverbrauch von Gebäuden (siehe Rebound-Effekte) wird die Interaktion des Energiemanagementsystems mit den Nutzerinnen und Nutzern immer wichtiger werden. Beispielsweise können diese im Demand-Side-Management den Zugriff auf die Steuerung einzelner Energieverbraucher (z. B. Kühlschrank, Waschmaschine) erlauben, um zusätzliche Flexibilitäten bereitzustellen.

Für eine stärkere Integration von Energiemanagementsystemen gilt es allerdings noch einige technische und rechtliche Hürden zu überwinden. Auf technischer Seite gelingt die Steuerung vieler dezentraler Anlagen von unterschiedlichen Herstellern aufgrund der Vielzahl der in der Praxis eingesetzten Kommunikationsprotokolle bislang nur in geringem Umfang. Aus rechtlicher Sicht sind die Rollen der Akteure für die verschiedenen Anlagen (Eigentümer, Betreiber) und die damit verbundenen Rechte und Pflichten eindeutig zu klären. Dazu gehört auch die Klärung der Zugriffsrechte auf die Anlagensteuerungen und der Verantwortlichkeiten bei Fehlfunktionen.

⁷ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie>

⁸ <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/folder-fernkaelte.pdf>