
















2.4 Blaupause 3: Flexibilitätspotenzial durch Quartierslösungen heben

Blaupause											
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stadtwerke und Kommunen ■ Wohnungsunternehmen und Gebäudebesitzer ■ VNB ■ Wärmenetzbetreiber 										
Ausgangslage und Problemstellung	Die hohe Anzahl und Heterogenität der Anlagen erschweren die Flexibilisierung in Haushalten bei gleichzeitig geringer Flexibilitätsleistung. Dieser Herausforderung kann in Quartieren besser bewältigt werden.										
Lösungsansatz	<p>Zur Vermeidung des hohen Aufwands bei der Akquise und Hebung von Flexibilitäten in einzelnen Haushalten, können Eigentümer großer oder mehrerer Mehrfamilienhäuser sowie Quartiersentwickler einbezogen werden. Diese entwickeln eine Flexibilisierungsstrategie für das ganze Quartier, unter Einbeziehung der Gebäude und öffentlicher Infrastruktur wie Ladestationen für E-Fahrzeuge.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Weiterer Mehrwert durch den Ausbau der IKT-Infrastruktur neben der Bereitstellung von Flexibilität wird geschaffen ■ Bereits vorhandene Infrastruktur (z. B. regelbare PTH-Elemente) wird zusätzlich zur Bereitstellung von Flexibilität genutzt ■ Kommunikationsinfrastruktur, Gebäude und, falls vorhanden, das Nahwärmenetz sind in der Hand eines Akteurs bzw. Interessenverbands ■ Infrastruktur wurde zentral geplant 										
Einordnung der Blaupause	<table border="1"> <tr> <td>Haushalte</td> <td>GHD</td> <td>Industrie</td> <td>Energie</td> </tr> <tr> <td>Flexibilisierung</td> <td>Sektorkopplung</td> <td colspan="2">Erzeugung</td> </tr> </table>	Haushalte	GHD	Industrie	Energie	Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung			
Haushalte	GHD	Industrie	Energie								
Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung									
Technologiereifegrad	<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>TRL: Technologien sind kommerziell verfügbar.</p>										
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>■ Franklin Quartier</td> <td>■ Energiestudio Markt/Kunde ■ Smart E-Mobility</td> <td></td> <td></td> <td>■ Quartier Prenzlauer Berg</td> </tr> </table>						■ Franklin Quartier	■ Energiestudio Markt/Kunde ■ Smart E-Mobility			■ Quartier Prenzlauer Berg
											
■ Franklin Quartier	■ Energiestudio Markt/Kunde ■ Smart E-Mobility			■ Quartier Prenzlauer Berg							
Innovationsgehalt	Die in SINTEG entwickelten Quartierskonzepte nutzen erstmals die vorhandenen Flexibilitäten im Quartier nicht nur zur Optimierung des Eigenverbrauchs von lokal erzeugter Energie, sondern als Flexibilität für das Stromnetz.										
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zur Umsetzung eines Quartierskonzeptes sollten mehrere Gebäudeblocks in der Hand eines Besitzers oder einer Gesellschaft sein und räumlich nah zusammenliegen ■ Bestandsgebäude: Bereitschaft der Haushalte, die nötige IKT-Infrastruktur zu installieren ■ Strombasierte Wärmequelle oder KWK-Anlagen 										

QUARTIERSKONZEPTE ERMÖGLICHEN EINE EINFACHERE HEBUNG KLEINTEILIGER FLEXIBILITÄTSPOTENZIALE

Die größte Herausforderung bei der Hebung von Flexibilitätspotenzialen in Gebäuden ist die hohe Anzahl unterschiedlicher Anlagen und der damit verbundene Aufwand zum Anschluss der Anlagen, bei gleichzeitig eher geringer Flexibilitätsleistung. Hier bieten Quartierskonzepte zur Hebung von Flexibilitäten eine interessante Alternative. Zur Umsetzung dieser Blaupause bedarf es eines großen oder mehrerer Gebäudeblocks, die nah beieinanderliegen und in der Hand eines Eigentümers sind. Häufig wird diese Konstellation als ein (Wohn-)Quartier bezeichnet, weswegen diese Bezeichnung stellvertretend ebenfalls verwendet wird.

Da einzelne Akteure, wie Wohnungsbaugenossenschaften oder Quartiersentwickler, für die Versorgung mehrerer Gebäude zuständig sind, wird die Komplexität in der Umsetzung reduziert. Die SINTEG-Demonstratoren „Franklin Quartier“ (C/sells), „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE) und „Energiesstudio Markt/Kunde“ (DESIGNETZ) haben sich auf eine Quartierslösung fokussiert. In diesen drei Projekten konnten deutlich mehr Haushalte als Flexibilitätspotenzial gehoben werden, wie in den Projekten, die sich ausschließlich auf einzelne Gebäude oder Haushalte konzentrierten.

DIE ENTSCHEIDENDEN VORTEILE WAREN:

- Eine zentrale Wärmeversorgung: Dadurch waren nur wenige, zentrale Wärmeerzeuger anzubinden. Gleichzeitig bietet das Wärmenetz ein Pufferpotenzial, das durch die PtH-Elemente als indirekter Speicher für das Stromnetz genutzt werden kann. Dieses Potenzial wird gehoben, ohne dass direkt mit den Haushalten interagiert werden muss.
- Vereinheitlichung der Anlagen und IKT-Infrastruktur in den Haushalten: Der Einsatz von Automatisierungstechnik des gleichen Herstellers in allen Haushalten erleichterte nicht nur die initiale Anbindung, sondern auch die anschließende Regelung. Zudem ist es möglich, durch Skaleneffekte die Investitionskosten zu senken.
- Höhere Reichweite: Im Bestandsquartier konnten durch Mieterversammlungen direkt die meisten Haushalte angesprochen und informiert werden. Im Neubauquartier wird die Infrastruktur mit eingebaut und die Haushalte sind dadurch „automatisch“ eingebunden. Aufwendige, individuelle Akquise pro Haushalt entfällt.

MÖGLICHE WÄRMEQUELLEN FÜR ZENTRALE WÄRMENETZE IM QUARTIER

Eine zentrale Wärmeversorgung ist besser geeignet, um Nachfrageflexibilität zu heben. Dies erfolgte in den SINTEG-Quartiersprojekten durch ein zusammenhängendes Niedertemperatur-Nahwärmenetz. Das Nahwärmenetz kann an einem größeren (Hochtemperatur-)Fernwärmenetz angeschlossen sein, und mittels KWK oder anderen zentralen Wärmequellen gespeist werden. Grundsätzlich kommen alle elektrisch betriebenen, größeren Wärmeerzeuger infrage, nämlich Großwärmepumpen, Heizstäbe oder auch Stromerzeuger wie KWK-Anlagen, um Flexibilitätspotenzial bereitzustellen.

Großwärmepumpen stellen eine effiziente, aber noch teure Technologie dar. Deren wirtschaftlicher Einsatz wird in einem neuen BMWi-Reallabor „Großwärmepumpen in Fernwärmenetzen“ (AGFW-Projekt GmbH, 2021) erarbeitet und wurde in den SINTEG-Schaufenstern noch nicht erprobt. Heizstäbe sind die technisch einfachste Möglichkeit, weisen jedoch eine

geringe Effizienz auf. Sie können direkt über PV-Anlagen betrieben werden, wodurch zum einen der Anteil (lokaler) erneuerbarer Energien im Wärmenetz steigt und gleichzeitig eine flexible Last und Einspeisung an das Netz geliefert werden kann. Zudem weisen sie die geringsten Investitionskosten bei größtmöglicher Modularität auf.

KWK-Anlagen sind im Gegensatz zu den anderen Wärmequellen nicht nur lastseitige Flexibilitäten (Absenken der Einspeisung), sondern können auch zusätzlich einspeisen. Daher sind sie für einen Mehrfachnutzen geeignet, und können z. B. auch an den Regelenergiemärkten anbieten. Grundsätzlich ist ein Einsatz aller genannten Wärmeerzeuger sowohl für das Bestands- als auch das Neubauquartier realisierbar. Heizstäbe sind bereits für kleinere Leistungen eine gute Option, z. B. der Warmwassererzeugung bei weniger Haushalten, während Großwärmepumpen für größere Wärmenetze interessanter sind.

Anstatt Heizungen im Keller jedes Gebäudes werden bei der Versorgung mit Wärmenetzen Wärmeüberträger mit Warmwasserspeichern in den Gebäuden installiert. Diese nehmen die Wärme aus dem Nahwärmenetz auf und gewährleisten einen lokalen Puffer. Ein wichtiger Aspekt für Bestandsquartiere ist, dass die Versorgungsinfrastruktur in Bestandsgebäuden selbst unverändert bleiben kann, mit dem Wärmespeicher in der Rolle der Heizungsanlage.

STEUERUNG UND POTENZIAL VON LADESTATIONEN FÜR ELEKTROFAHRZEUGE IM QUARTIER

Die Flexibilisierung von **stationären Ladesäulen** im Quartier ist in Zusammenarbeit mit den Herstellern der Ladesäulen erheblich einfacher zu gestalten. Wenn im Netz Engpässe identifiziert werden, die über eine Regelung der Ladeleistung gelöst werden können, wird ein Signal an die Ladesäule zur Lastreduktion weitergegeben.

Die Umsetzung im Demonstrator „Smart E-Mobility“ (DESIGNETZ) setzt zur Ansteuerung der Ladesäulen auf einen Backend-Kanal des Herstellers. Dieser war im Projekt bereits durch den Hersteller in allen Ladesäulen integriert, u. a. um die Freigabe von Ladevorgängen zu ermöglichen. Das Steuerungssignal wird vom Netzbetreiber an das Backend des Säulenherstellers gesendet. Von dort wird es per Open Charge Point Protocol an die entsprechende Ladesäule übergeben.

Im Rahmen des Schaufensters C/sells wurden Lade- und Buchungsdaten im Quartier einer E-Sharing Flotte mit vier Fahrzeugen über 6 Monate ausgewertet. Das Ergebnis war, dass in über 80 % der Fälle, die Ladeleistung von 21 kW auf 1 kW gesenkt werden konnte, ohne dass die Nutzer in ihren Aktivitäten eingeschränkt wurden. Lastspitzen können somit vor allem nachts, wenn auch weniger erneuerbare Energie zur Verfügung steht, durch das aktive Management der Ladeleistung häufig vermieden werden. Positives Flexibilitätpotenzial steht maximal für 15 Minuten zur Verfügung, da mit 21 kW die meisten Ladevorgänge schnell vorüber sind. Negatives Flexibilitätpotenzial könnte vor allem nachts garantiert werden, mit bis zu 0,4 kW über eine Stunde. Die nötige Verfügbarkeit der Fahrzeuge tagsüber sorgt dafür, dass mit maximaler Last ab dem Einstecken geladen wird und somit wenig Potenzial für eine weitere Erhöhung besteht. Nachts können hingegen nicht nur die Lastspitzen deutlich gekappt werden, sondern auch eine Verschiebung der Last um mehr als eine Stunde ist möglich.

ENERGIEMANAGEMENT SPIELT ZENTRALE ROLLE IM QUARTIER

Das Energiemanagement nimmt in den Quartieren eine zentrale Stellung ein. Im Neubauquartier wird die Wärmeversorgung auf Quartiersebene optimiert. In Kombination mit his-

torischen Lastprofilen und Wetterdaten werden Prognosen und optimale Fahrpläne für die Erzeugungsanlagen erstellt, um eine effiziente, aber sichere Wärmeversorgung zu gewährleisten. Es erfolgt zudem eine Zusammenführung mit den weiteren Flexibilitätsoptionen im Quartier, wie den Ladesäulen für Elektrofahrzeuge und der Einspeisung von PV-Anlagen.

VERMARKTUNGSOPTIONEN FÜR FLEXIBILITÄTSPOTENZIALE IN QUARTIEREN

Im SINTEG-Schaufenster WindNODE wurden die Flexibilitätspotenziale von Quartieren im zwei- bis dreistelligen Kilowattbereich gesehen (WindNODE, 2020a). Konkreter Bezugspunkt ist ein Wohnquartier mit ca. 230 Wohneinheiten (siehe Detail-Blaupause 3.1 in Abschnitt 2.4.1). Dieses relativ kleine Potenzial (im Projekt „Prenzlauer Berg“ ca. 80 kW) erschwert eine alleinige Vermarktung. Ein Aggregator kann die Vermarktung am Elektrizitäts-Spotmarkt oder an den Regelenergiemärkten realisieren. Im konkreten Projekt konnte die Präqualifikation zur Regelenergiebereitstellung – in Zusammenarbeit mit einem VK-Betreiber – erfolgreich durchlaufen werden. Die erwarteten Gewinne waren jedoch so gering, dass es keinen Anreiz für den Gebäudebesitzer darstellte diese Lösung weiter zu verfolgen. Im zweiten Quartiersprojekt „Franklin Quartier“ (C/sells) konnten die verwendeten PtH-Elemente erfolgreich in ein VK eingebunden und betrieben werden, welches Regelenergie bereitstellt, da ein höheres Potenzial besteht (500 kW). Perspektivisch könnten neue Vermarktungsmöglichkeiten hinzukommen, z. B. durch Flexibilitätsmärkte wie sie in Synthesefeld 2 beschrieben sind.

Für kurzzeitige lokale Engpässe könnte das Flexibilitätspotenzial eines Stadtquartiers bereits einen wichtigen Beitrag leisten und so z. B. überschüssige PV-Einspeisung im Stadtgebiet oder hohe Ladeleistungen von Elektrofahrzeugen abfangen. Neben der externen Bereitstellung von Flexibilität, kann auch die Nutzung im Quartier einen positiven Effekt auf das Netz haben. Ein intelligentes Quartiers-EMS vermeidet Last- oder Einspeisespitzen durch die interne Aktivierung von Flexibilität und entlastet somit das Stromnetz, wie im Projekt „Franklin Quartier“ (C/sells) demonstriert.

MIETERSTROM ZUR HEBUNG „INTERNER FLEXIBILITÄT“

Mit dem Mieterstromkonzept kann die lokale Belastung für das Stromnetz durch dezentrale Erzeuger reduziert werden. Die Mieterinnen und Mieter werden so angehalten einen Großteil der erzeugten Leistung selbst zu verbrauchen und nicht ins Netz einzuspeisen, denn dieser Strom ist für sie günstiger.

Im Projekt „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE) wurde erkannt, dass es Besonderheiten für Wohnungsbaugenossenschaften beim Betrieb eines Blockheizkraftwerks (BHKW) zur Versorgung des Quartiers zu beachten gilt. Eine Genossenschaft kann kein BHKW betreiben, ohne den genossenschaftlichen Status zu verlieren. Contracting-Lösungen stellen eine Alternative dar. Aktuell können jedoch Contracting-Kosten nicht als Betriebskosten umgelegt werden, wenn sie die bisherigen Wärmebereitstellungskosten überschreiten. Zudem sollte beim Betrieb eines BHKWs in ein Arealstromnetz für die versorgten Gebäude investiert werden, da nur so die steuerliche Reduzierung mit dem Status Eigenstromversorgung erreicht werden kann.

Es ist jedoch zu beachten, dass bei der Bereitstellung von Mieterstrom durch das BHKW die Mieter nicht verpflichtet sind, dieses Angebot anzunehmen. Das führt dazu, dass eine getrennte Abrechnung möglich sein muss. Der Einbau von mME rechnete sich im Projekt nicht und es wurden optische Auslesegeräte eingesetzt. Diese erwiesen sich als technisch und

wirtschaftlich gut realisierbare Option. Den Kunden können so aber noch keine zeitvariablen Tarife oder sonstige flexiblere Lösungen angeboten werden.

AUSSERHALB VON SINTEG ERREICHTER ERKENNTNISSTAND

Projekte in Deutschland zu den Themen Sektorkopplung, Digitalisierung sowie Effizienz- und Autonomiesteigerung im Quartier sind z. B. ein Quartiersprojekt bei Karlsruhe-Durlach (Fraunhofer ISE, 2021b), ENaQ oder EnStadt:Pfaff. Die Überschneidungen mit den SINTEG-Projekten betreffen die Themen Sektorkopplung und Steigerung der Autonomie. Darüber hinaus legten die Schaufenster ihren Fokus auf die direkte Zusammenarbeit mit den Verteil- und Übertragungsnetzbetreibern als Nutzern potenzieller Flexibilität. Eine Stärke der Schaufensterprojekte liegt darin, dass die durch Sektorkopplung und Digitalisierung gehobenen Flexibilitätspotenziale, an eine Kommunikationsstrecke bis in die Leitwarten der Netzbetreiber angeschlossen oder deren Anbindung an Flexibilitätsplattformen umgesetzt wurden. Dadurch konnten erste konkrete Schritte zur Untersuchung auf ihre Netzdienlichkeit hin erfolgen. Zudem wurde neben den Quartiersprojekten ein verstärkter Fokus auf die Einbindung dezentraler Wärmeerzeuger in einem (über-)regionalen Netz- oder Marktgebiet gelegt, die nicht direkt durch einen Quartiersentwickler oder Immobilienbesitzer „verbunden“ sind. Hierzu gibt es aber auch bereits erste Projekte der Netzbetreiber außerhalb von SINTEG.

Im Wohnquartier am „Heidrehmen“ in Hamburg-Sülldorf wird seit 2017 ein Bestandsquartier aus den 60er Jahren mit einer modernen zentralen Wärmeversorgung mittels BHKW und PtH-Elementen ausgestattet (UmweltPartnerschaft Hamburg [UPHH], 2017). Ein Wärmespeicher erlaubt als Puffer dem BHKW bei hoher EE-Einspeisung zunächst herunterzufahren, um die Stromeinspeisung zu senken. Zudem können die PtH-Elemente den zusätzlichen EE-Strom aus dem Netz oder den lokalen PV-Anlagen in die Wärmeversorgung einbinden. Ein weiteres Projekt mit flexibler, zentraler KWK-Anlage im Quartier wird in Oberhausen im Rahmen des Forschungsprojekts „QUENTIN“ realisiert (Fraunhofer UMSICHT, 2021). In SINTEG wurde dies im Projekt „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE) untersucht.

Das bereits 2018 aufgesetzte Forschungsprojekt MEMAP⁷ untersucht die Sektorkopplungspotenziale einzelner Liegenschaften – besonders durch deren gemeinsame Integration im Verbund oder Quartier. Es wird eine Aggregationsplattform entwickelt, welche die ebenfalls im Projekt entwickelten EMS auf Gebäudeebene koordiniert und optimiert. Die Projektpartner haben einen starken Fokus auf Gebäudemanagement und -automatisierungstechnik. Die Lösung ist dadurch vergleichbar mit dem Projekt „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE). Beide Projekte konnten einen deutlichen Mehrwert und Effizienzsteigerung durch den Einsatz der IKT erreichen.

Das 2020 gestartete Projekt „SmartQuart: Energiewende im Quartiersmaßstab“ (innogy SE, 2021), welches ein vom BMWi gefördertes „Reallabor der Energiewende“ ist, untersucht in drei Quartieren, u. a. ein Neubauquartier, ein Wasserstoffquartier und ein urbanes Bestandsquartier, die Optimierung der Energieflüsse auf Quartierebene, das Potenzial zur Sektorkopplung und die Integration von SG-Technologien. Je nach Art des Quartiers werden hier Aspekte erprobt die SINTEG-Projekte wie „Energiewabe Rhein-Hunsrück“ (DESIGNETZ) oder „Franklin Quartier“ (C/sells) ebenfalls untersucht haben, wobei die SG-Technologie – allem voran die Smart Meter Infrastruktur – weiter ausgebaut sein wird. Zusätzlich werden hier neue Elemente, wie eine lokale Wasserstoffinfrastruktur mitbetrachtet.

⁷ <https://memap-projekt.de/ueber-memap/>

Das Projekt „ENaQ - Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg“ ist ein Neubauquartier das die Sektoren Strom, Wärme/Kälte und Elektromobilität koppelt und in ein sektorenübergreifendes Versorgungsnetz integriert (Stadt Oldenburg, 2021). Hier liegt zudem ein verstärkter Fokus auf einer Energie-Gemeinschaft – sprich der Förderung des direkten Energieflusses zwischen Erzeugern und Verbrauchern im Quartier selbst. Dieser Aspekt wird im Rahmen der SINTEG-Projekte auch im Bericht des Synthesefeld 2 behandelt (siehe Synthesebericht des Synthesefeld 2: Kategorie 2 - Peer-to-Peer-Märkte).

Ein weiteres Neubauquartier, welches Sektorkopplung und einen hohen Nutzungsgrad lokaler EE zum Ziel hat, wird im Verbundprojekt EnStadt: Pfaff in Kaiserslautern gebaut (Fraunhofer UMSICHT, 2021). Auch hier soll der Verbrauch an die EE-Einspeisung angepasst werden, jedoch ist keine direkte Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern als aktive Nutzer der Flexibilität angedacht.

Die Möglichkeiten der Flexibilitätsbereitstellung eines Nahwärmenetzes als Regelenergie werden zudem im Verbundprojekt: „EnEff: Wärme - NATAR: Netze mit abgesenkter Temperatur als Anbieter von Regelleistung“ (TH Ingolstadt - ZAF & Forschungszentrum Jülich GmbH, 2020) untersucht. Obwohl hier der direkte Nutzen für Netzbetreiber im Fokus steht, werden im Gegensatz zu den SINTEG-Projekten überwiegend konzeptionelle und modellierte Projektergebnisse generiert.

WEITERE ENTWICKLUNGSMÖGLICHKEITEN

Den Quartiersprojekten in SINTEG ist es gelungen, Flexibilitätspotenziale zahlreicher Gebäude zu heben. Die nächsten möglichen Schritte beinhalten eine Umstellung auf effizientere elektrische Wärmeerzeuger wie Großwärmepumpen. Zudem sollten weitere Flexibilitätspotenziale eingebunden werden. Dies beinhaltet zum einen zusätzliche Anlagen in den Haushalten wie Batteriespeicher, aber auch neue potenzielle Technologien im Quartier wie PtX-Anlagen. Auch neuartige Wärmenetze müssen weiter auf ihre Eignung zur Bereitstellung von Flexibilitätspotenzial untersucht werden.

Im Folgenden sind Projektbeispiele genannt, die bereits geplant oder gestartet sind und die die genannten Entwicklungsmöglichkeiten aufgreifen.


In einem 2021 gestarteten, vom BMWi geförderten „Reallabor der Energiewende“ werden Großwärmepumpen als effiziente Wärmeerzeuger für Wärmenetze untersucht (BMW, 2021b), da sie zur Dekarbonisierung und Flexibilisierung eingesetzt werden können. Diese Technologien waren für die Wärmenetze im SINTEG-Projekt „Franklin Quartier“ (C/sells) schon angedacht, aber ohne direkte Förderung noch zu teuer. Sollten diese Projekte erfolgreich umgesetzt werden, stehen mit den Großwärmepumpen große Abnehmer für lokal erzeugten PV-Strom oder – mit deren netzdienlicher Regelung – ein erhebliches positives und negatives Lastverschiebungspotenzial zur Verfügung.

Zudem werden vermehrt Wärmenetze mit niedrigeren Temperaturen (10 – 60 °C), vor allem für Neubauquartiere, installiert, wie in einem Reallabor der Energiewende in Gelsenkirchen (E.ON Energy Solutions, 2021). Diese dienen in erster Linie zur Effizienzsteigerung von Wärmenetzen und ermöglichen eine Wärmespeisung durch mehrere Technologien, z. B. Solarthermie oder Abwasser. Das dabei resultierende Potenzial für Flexibilität an das Stromnetz, ob indirekt durch die Wärmespeicherkapazität des Netzes oder Erneuerbare und KWK-Einspeisung, muss noch untersucht werden.

Ein weiterer Aspekt, der erst während der Laufzeit der SINTEG-Schaufenster verstärkt in den öffentlichen Diskurs zur Dekarbonisierung kam, ist die Einbindung von Wasserstoff als PtX-Technologie. Neben der Wasserstoffherzeugung im großen Stil, wird auch eine mögliche Rolle im Wohnquartier untersucht, so z. B. in einem Neubauprojekt in Esslingen (Steinbeis-Innovationszentrum EGS, 2021) wo in einer unterirdischen Energiezentrale ein Elektrolyseur installiert wird, der den Solarstrom von den Dächern nutzt, um grünen Wasserstoff herzustellen. Die Abwärmenutzung des Elektrolyseurs zur Heizung des Quartiers soll dabei dessen Effizienz von ca. 60 % auf 90 % steigern. Zudem kann eine dezentrale Erzeugung die dezentrale Nutzung des Wasserstoffs fördern, da keine Übertragungsinfrastruktur notwendig ist. In den SINTEG-Schaufenstern wurden diese Themen in Gebäuden noch nicht betrachtet und wären eine weitere Entwicklungsmöglichkeit.

Eine Möglichkeit, Mieterstrommodelle für Wohnungsunternehmen attraktiver zu machen kann durch eine Anpassung der steuerlichen Regelung erreicht werden. So ist die Wohnungsvermietung weitgehend von der Gewerbesteuer befreit. Bieten die Unternehmen ihren Mietern Strom an, droht ihnen der Verlust dieser Vergünstigung, Somit bietet diese Möglichkeit für Vermieter kein attraktives Geschäftsmodell (Prognos & Boos, Hummel & Wegerich [BH&W], 2017).

2.4.1 DETAIL-BLAUPAUSE 3.1: BESTANDSQUARTIER: FLEXIBILISIERUNG DER WÄRMEVERSORGUNG

Detail-Blaupause									
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Automatisierungstechnikhersteller ■ Stadtwerke und Kommunen ■ Wohnungsunternehmen und Gebäudebesitzer ■ VNB und VK-Betreiber 								
Ausgangslage und Problemstellung	<p>Das in Bestandsquartieren vorhandene Flexibilitätspotenzial zu heben, wird durch den Mangel an digitaler Infrastruktur erheblich erschwert. Zudem muss das Potenzial in der Wärmeversorgung zunächst durch Sektorkopplung adressierbar gemacht werden.</p> <p>Eine, in den vorangegangenen Blaupausen bereits diskutierte Hürde ist, dass der Aufwand zur Anbindung jeder einzelnen Anlage den Nutzen bei weitem übersteigt.</p>								
Lösungsansatz	<p>Die Digitalisierung der Bestandsquartiere erfolgt mit einer Sensorik und Aktorik, die unabhängig von der Art der Wärmeversorgung installiert und auf weitere Stromverbraucher im Gebäude ausgeweitet werden kann. Die Wärmeversorgung wird auf Basis von Sektorkopplungstechnologien zentralisiert und Flexibilitäten werden für Markt und/oder Netzbetreiber bereitgestellt.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Intensive Aufklärung und Infoveranstaltungen bei der Akquise ■ Umsetzung in mehreren lokal zusammenliegenden Gebäudeblocks eines Besitzers (Wohnungsgenossenschaft) ■ Verwendung von „State-of-the-Art“ Technologie 								
Einordnung der Blaupause	<table border="1"> <tr> <td>Haushalte</td> <td>GHD</td> <td>Industrie</td> <td>Energie</td> </tr> <tr> <td>Flexibilisierung</td> <td>Sektorkopplung</td> <td>Erzeugung</td> <td></td> </tr> </table>	Haushalte	GHD	Industrie	Energie	Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung	
Haushalte	GHD	Industrie	Energie						
Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung							
Technologiereifegrad	<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>TRL: Technologie ausgereift und kommerziell verfügbar.</p>								
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	 <p>■ Quartier Prenzlauer Berg</p>								
Innovationsgehalt	<p>Die Integration eines Automatisierungsgrades, wie im beschriebenen SINTEG-Projekt umgesetzt, in Kombination mit einer Zentralisierung der Wärmeversorgung und dem Anschluss an den lokalen VNB ist für ein Bestandsquartier ein innovatives Konzept.</p>								
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ein Eigentümer, bzw. ein Unternehmen oder eine Genossenschaft, welche die Gebäude besitzt und vermietet ■ Baulich zusammenhängende Gebäude ■ Akzeptanz der Bewohner ■ Gemeinsame, zusammenhängende Wärmeversorgung 								

In dieser Detail-Blaupause sind die Komponenten beschrieben, die in einem Bestandsquartier installiert werden können, um das Flexibilitätspotenzial der Wärmeversorgung aller Haushalte zu heben. In dem SINTEG-Projekt „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE) wurde die zentrale Wärmeversorgung eines Bestandsquartiers, ein BHKW, als Flexibilitätspotenzial zur Regelenergiebereitstellung aktiviert. Bei dem Quartier handelt es sich um mehrere Wohnblocks mit insgesamt ca. 230 Wohneinheiten; siehe auch (Beucker, 2017), (WindNODE, 2020c) und (WindNODE, 2020a).

STATE-OF-THE-ART TECHNOLOGIE NUTZEN, UM DEN BESTAND ZU DIGITALISIEREN UND DAS FLEXIBILITÄTSPOTENZIAL ZU AKTIVIEREN

Die auf Wohnungsebene installierte Automatisierungstechnik, bestehend aus Sensorik, Aktorik und Intelligenz, stellt ein wichtiges Element der beschriebenen Lösung dar. Die Bewohner sind in der Lage, für jeden Raum eine Temperatur abhängig von der Zeit festzulegen, die vom EMS automatisch eingestellt und gehalten wird. Alle verbauten Komponenten sind „bekannte Technik“ und kommen ohne komplexe Neuentwicklungen aus. Die Geräte auf Wohnungsebene sind mittels EnOcean-Technologie kabellos verbunden, während die Zählerstände über M-Bus übertragen werden. Es wurden auch keine einzelnen Wärmeerzeuger, sondern die Wohnungen „direkt digitalisiert“. So ist z. B. an den Heizkörpern in jedem Raum eine Aktorik installiert, welche die Wärmezufuhr entsprechend regelt.

Die anonyme Aggregation der Betriebswerte und Prognosen aller Wohnungen wird an den Quartiersmanager (Quartiers-EMS) weitergegeben, welcher den optimalen Betrieb des Wärmeerzeugers berechnen kann und das Potenzial zur Flexibilitätsbereitstellung prognostiziert.

Die zentrale Wärmeversorgung stellt das zweite Kernelement der Lösung dar. Die Flexibilisierung eines zentralen Wärmeerzeugers ist bedeutend einfacher zu realisieren als bei vielen Kleinst-Anlagen auf Gebäude- oder Wohnungsebene. Da Leistungssignale nicht in die Wohnungen, sondern nur an eine zentrale Stelle übertragen werden müssen, ist für die Wärmeversorgung nur ein SMGW für alle Wohneinheiten nötig. Zu beachten ist, dass hierdurch nur die Wärmeversorgung abgedeckt wird, während weitere elektrische Verbraucher nicht ohne Weiteres hinzugefügt werden können. Ein Quartiersenergiemanager regelt die sichere Wärmeversorgung und gleichzeitig die Bereitstellung von Flexibilität für das Stromnetz.

MEHRWERTE SCHAFFEN, UM DIE AKZEPTANZ UND WIRTSCHAFTLICHKEIT ZU STEIGERN

Eine wesentliche Erkenntnis anderer Schaufensterdemonstratoren zur erfolgreichen Hebung von Flexibilitäten bestätigte sich auch im Projekt „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE): Die (IKT-)Infrastruktur zur Hebung der Flexibilität sollte zusätzliche Mehrwerte für die Bewohnerinnen und Bewohner liefern. Im Idealfall hat die Infrastruktur bereits ohne den Nutzen als Flexibilität ein erfolgreiches Geschäftsmodell und trägt zur Komfortsteigerung in den Haushalten bei. In diesem Projekt trug die Digitalisierung der Wohnungen dazu bei, dass die Bewohnerinnen und Bewohner ihre Wohntemperatur optimal anpassen können – auch von außerhalb des Gebäudes, beispielsweise auf dem Nachhauseweg. Zudem sorgen Digitalisierung und Zentralisierung in Kombination dafür, dass die Energieversorgung effizienter und somit günstiger wird (näheres zur Basis dieser Blaupause in (Beucker, 2017)).
















Diese Vorgehensweise zur Aktivierung von Flexibilität ist im Gebäudesektor anzustreben: Die Digitalisierung des Bestandes erfolgt ohne komplexe, dafür aber mit effektiver IKT-Infrastruktur und resultiert in Mehrwerten wie Effizienz- und Komfortsteigerung.

ÜBER 80 KW AKTIVIERTES FLEXIBILITÄTSPOTENZIAL

Im Bestandsquartier wird Flexibilität der elektrischen Last durch das BHKW (34 kW) und die PtH-Elemente (Heizstäbe) zur Warmwasserbereitung (ca. 50 kW, möglich 200 kW) geboten. Thermische Simulationen und Testfahrten haben zudem gezeigt, dass das BHKW 16 % des Wärmeverbrauchs im Quartier (ca. 72 MWh/a) – durch die thermische Speicherfähigkeit des

Quartiers – verschieben könnte. Die Vermarktungsmöglichkeiten dieses Potenzials sind in der übergeordneten Blaupause beschrieben.

2.4.2 DETAIL-BLAUPAUSE 3.2: NEUBAUQUARTIER: NAHWÄRMENETZ ALS FLEXIBILITÄTSPOTENZIAL

Detail-Blaupause											
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Quartiersentwickler ■ (Nah)Wärmenetzbetreiber ■ VNB und Stadtwerke 										
Ausgangslage und Problemstellung	<p>In Deutschland werden rund 10 Prozent des gesamten Raumwärmebedarfs über Wärmenetze gedeckt. Damit stellen sie ein relevantes lastseitiges Flexibilitätspotenzial da, welches in Zukunft steigen wird, aber noch nicht für netzdienliche Zwecke genutzt wird.</p>										
Lösungsansatz	<p>Im Wärmenetz werden PtH-Module eingesetzt, deren Flexibilität im Stromsystem genutzt werden kann. Damit kann z. B. Abregelung der lokal erzeugten erneuerbaren Energie vermieden werden. Eine Erweiterung der Speicherkapazitäten wird durch die intelligente Steuerung der Haushaltswärmespeicher erreicht. Die Steuerung übernimmt ein Quartiersenergiemanagementsystem.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ IKT-Infrastruktur des Herstellers der Wärmespeicher in den Haushalten konnte genutzt werden ■ PtH-Elemente im Wärmenetz waren bereits installiert und in das Quartier-EMS eingebunden ■ Eigene, kabelgebundene Kommunikationsinfrastruktur im Quartier, inkl. lokaler Server ■ Quartiers-EMS 										
Einordnung der Blaupause	<table border="1"> <tr> <td>Haushalte</td> <td>GHD</td> <td>Industrie</td> <td>Energie</td> </tr> <tr> <td>Flexibilisierung</td> <td>Sektorkopplung</td> <td colspan="2">Erzeugung</td> </tr> </table>	Haushalte	GHD	Industrie	Energie	Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung			
Haushalte	GHD	Industrie	Energie								
Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung									
Technologiereifegrad	<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>TRL: Technologie kommerziell verfügbar.</p>										
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>■ Franklin Quartier</td> <td>■ Energiestudio – Markt/Kunde</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						■ Franklin Quartier	■ Energiestudio – Markt/Kunde			
											
■ Franklin Quartier	■ Energiestudio – Markt/Kunde										
Innovationsgehalt	<p>Der Fokus in Quartierskonzepten lag meist auf der Optimierung lokaler Flexibilitäten, wie der Erhöhung der Eigenversorgung der Haushalte durch lokal erzeugten Strom. Im SINTEG-Quartiersprojekt konnte durch die erfolgreiche Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern erstmals auf Steuerungssignale zur Bereitstellung von Flexibilität mit dem Zweck der Stabilisierung des Stromnetzes außerhalb des Quartiers reagiert werden.</p>										
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Neubauquartier liegt in der Hand eines Akteurs oder Interessenverbands mit dem Bewusstsein für die zukünftigen Herausforderungen durch die Energiewende 										

Ein Fokus dieser Detail-Blaupause liegt auf der Nutzung des Nahwärmenetzes als Flexibilitätspotenzial im Quartier. Im Unterschied zur Detail-Blaupause 3.1 „Detail-Blaupause 3.1: Bestandsquartier: Flexibilisierung der Wärmeversorgung“ im Abschnitt 2.4.1 wird hier die Bereitstellung von Flexibilität nicht über ein zentrales BHKW realisiert, sondern PV-Anlagen in Kombination mit Heizstäben verwendet. Zudem ist eine einfacheres IKT Konzept umgesetzt, d. h. weniger IKT-Infrastruktur in den Wohnungen nötig gewesen, da vieles auf Quartiersebene erfolgen konnte.

ARCHITEKTUR DER FLEXIBILITÄTSPOTENZIALE IM QUARTIER

Im Neubauquartier des SINTEG-Projektes „Franklin Quartier“ (C/sells) wird das Nahwärmenetz als Pufferspeicher und somit als Flexibilität für das Stromnetz genutzt. Als Element zur Sektorkopplung werden elektrische Heizstäbe mit ca. 500 kW Leistung eingesetzt. Diese können überschüssigen Strom aus dem Netz in Wärme umwandeln und in das Wärmenetz einspeisen. Zudem sind im Quartier PV-Anlagen installiert, die zum Betrieb dieser Heizstäbe verwendet werden können oder in das Stromnetz einspeisen. Zu diesem Zweck besteht eine direkte physische Verbindung zwischen den Heizstäben und der PV-Anlage und beide haben eine ähnliche Leistungsaufnahme/-abgabe. Dies erhöht den Anteil erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung des Quartiers oder, wenn zu viel Erneuerbare bereits Strom in das Netz einspeisen, können die PV-Anlagen im Quartier ihre Energie über die Heizstäbe (weiter) in das Wärmenetz speisen. Als weitere Wärmequelle speist das anliegende Fernwärmenetz Energie über eine Beimischstation ein.

Das Wärmenetz dient somit als Pufferspeicher für die erneuerbar erzeugte Energie und kann diese direkt oder zu einem späteren Zeitpunkt nutzen. Das energetische Potenzial des Wärmenetzes kann durch den möglichen maximalen Temperaturhub von 15 Kelvin bestimmt werden. Es müssen mindestens 85 °C zur Warmwasserbereitung gehalten werden und es sollte maximal auf 100 °C erhitzt werden, da es somit auf jeden Fall unterhalb der vom TÜV definierten Temperaturgrenze für die Sorgfaltspflicht gehalten wird. Die maximale Leistung ist durch die Leistungsaufnahme der Heizstäbe (500 kW) definiert.

In den Gebäuden des Quartiers stehen Übergabestationen, welche die Energie aus dem Wärmenetz aufnehmen und damit einen lokalen Speicher erhitzen. Dieser dient zur Wärme- und Warmwasserversorgung der Haushalte. Die Übergabestationen funktionieren durch einfache Regler, die den Durchfluss aus dem Wärmenetz steuern und damit die Wärmemenge, die an den Haushalt übergeben wird. Somit ist es möglich, die lokalen Speicher in den Gebäuden zusätzlich als Puffer zu nutzen und damit das Potenzial des Wärmenetzes weiter zu steigern. Sollte das Wärmenetz an seine Temperaturobergrenze kommen, könnten die Haushaltsspeicher weitere Wärme aufnehmen.

IKT-INFRASTRUKTUR BRINGT MEHRWERTE FÜR DAS WÄRMENETZ

Die vorangegangenen (Detail-)Blaupausen betonen bereits, dass weitere Mehrwerte für die Akteure generiert werden sollten, um die Bereitschaft in die IKT-Infrastruktur zu investieren zu erhöhen. Im beschriebenen Neubauquartier wird die Regelung der Übergabestationen zur Aufrechterhaltung des Wärmeflusses im Netz genutzt, was einen deutlichen Mehrwert für den Betreiber des Wärmenetzes mit sich bringt.

Der Wärmefluss im Netz wird durch die Abnahme an den Gebäuden und das dadurch entstehenden Wärmegefälle aufrechterhalten. Vor allem im Sommer oder in der Phase der Inbetriebnahme, sprich bei geringer Wärmeabnahme, kann es dazu kommen, dass die Wärmeversorgung nur stark verzögert bei nachgelagerten Speichern ankommt. Um die Trinkwassererwärmung dennoch zu gewährleisten, wird durch eine gezielt gesteuerte Wärmeaufnahme einzelner Speicher des Schwarms der Wärmefluss stets aufrechterhalten. So konnten positive Synergien zwischen dem Mehrwert für die Quartiersentwickler (Wärmesektor) und der Steigerung des Flexibilitätspotenzials (Stromsektor) genutzt werden.

NEUBAUQUARTIER ERLAUBT EINHEITLICHE UND FLÄCHENDECKENDE INSTALLATION DER IKT-INFRASTRUKTUR

Ein entscheidender Vorteil des Neubauquartiers ist, dass die IKT-Infrastruktur bereits bei der Installation des Wärmenetzes und der Wärmeüberträger mitgeplant werden kann. Der Einbau eines einheitlichen Speichersystems erlaubt die Entwicklung einer skalierbaren und damit kosteneffizienteren Lösung für alle Gebäude im Quartier. Benötigt wird eine Mess- und Regelvorrichtung am Wärmespeicher, die von außen über ein Gateway gesteuert wird. Es ist möglich hier ein Gateway des Wärmespeicherherstellers einzusetzen, da die Steuermöglichkeiten nicht die Strom- sondern direkt die Wärmeversorgung des Haushalts betreffen. Übergebene Messdaten sind vor allem die Speichertemperatur, welche es dem Betreiber erlaubt, den Zustand des Wärmenetzes an den jeweiligen Punkten zu ermitteln. Es werden darüber keine Stromverbräuche aus den Haushalten übermittelt, was ein SMGW erfordern würde.

Es handelt sich um eine einfache Regelung, die im Falle von Wärmebedarf den Zustrom aus dem Wärmenetz öffnet. Die Sensoren an den Wärmespeichern stellen sicher, dass die Gebäude ihren Wärmebedarf stets decken können, d. h. die minimale Speichertemperatur von 75 °C stets eingehalten wird. Eine IoT-Infrastruktur des Herstellers ermöglicht den Bewohnern die Kontrolle über und den Einblick in ihr Heizverhalten. Die Kommunikation mit dem Wärmenetzbetreiber erfolgt über das Kommunikationsprotokoll „Modbus“. Dafür sind alle Haushalte über eine Glasfaserleitung mit einem zentralen Server im Quartier verbunden. Dies gewährleistet eine stabile Kommunikation.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ BRINGT WENIG MEHRWERT BEI DER PROGNOSE DER WÄRMELAST

Der Einsatz von komplexen Algorithmen, inkl. künstlicher Intelligenz, zur Prognose und Optimierung der Wärmeversorgung wurde getestet. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Wärmelastprofile sehr konstant sind und auch ohne deren Einsatz ausreichend genau abgeschätzt werden können. Die Prognosen über Wetterdaten und historische Lastprofile erlauben es in ausreichender Genauigkeit, mögliche Flexibilitätspotenziale der Wärmequellen vorzeitig zu bestimmen und externen Nutzern anzubieten. Zusätzlich sind an zentralen Knotenpunkten im Wärmenetz Sensoren installiert, die weitere Auskünfte über den Netzzustand (Temperatur) geben.

ENERGIEMANAGEMENT ZUR LOKALEN OPTIMIERUNG UND VERMARKTUNG VON FLEXIBILITÄT

Die Nutzung einer „Smart Infrastructure Plattform“ – einer IoT Plattform mit EMS für das Quartier – ermöglicht den optimalen Einsatz der PtH-Elemente, PV-Einspeisung, Beimischung, lokaler Wärmespeicher und die Bereitstellung von Regelenergie. Die Plattform sorgt dafür, dass die Strom- und Wärme Flüsse im Quartier effizient und kostengünstig ablaufen. Ein Ziel ist es, so viel wie möglich der lokal erzeugten Energie vor Ort zu nutzen. Darüber hinaus werden die überschüssige Energie und Potenziale zur Aufnahme ermittelt und können an verschiedene Markt- und Netzakteure vermarktet werden. In der jetzigen Ausgestaltung werden die PtH-Elemente am Regelenergiemarkt angeboten. Bei der Entwicklung des EMS ist zu beachten, dass nicht zwangsläufig alle Akteure im Quartier von Anfang an teilnehmen, womöglich aber später aufgenommen werden können. Aus diesem Grund muss der Algorithmus flexibel sein und zusätzliche oder neue Anlagen integrieren können.