
















2.3 Blaupause 2: Hebung kleinteiliger Flexibilitäten in Gebäuden

Blaupause									
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohnungsunternehmen und Gebäudebesitzer ■ Anlagenhersteller ■ Energieversorger/Stadtwerke ■ VNB und VK-Betreiber 								
Ausgangslage und Problemstellung	<p>Die Hebung von Flexibilitäten in der Niederspannung kann zur Vermeidung von Netzengpässen beitragen. Aufgrund der geringen Last pro Haushalt spielen die Investitionskosten für die Erschließung eine große Rolle; der Aufwand muss möglichst gering gehalten werden. Eine externe Steuerung der Anlagen sollte nicht zu Komfortverlusten für Bewohnerinnen und Bewohner führen.</p>								
Lösungsansatz	<p>Die Blaupause zeigt auf, wie gesamte Haushalte oder Gebäude als Flexibilitätsoption gehoben werden können. Zur Steuerung von Wärmeerzeugern können einfache Standards wie die SG-Ready Schnittstelle bereits ausreichen, Weiterentwicklungen sind zukünftig jedoch notwendig. Anlagenhersteller sollten einbezogen und evtl. vorhandene Infrastruktur mit genutzt werden.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Kommunikationsinfrastruktur ist in der Hand des Flex-Nutzers (z. B. der Stadtwerke); ■ Mehrwert durch den Ausbau der IKT-Infrastruktur für die Bewohnerinnen und Bewohner generieren (zusätzlich zur Bereitstellung von Flexibilität); ■ Möglichkeit, zur Ansteuerung und zum Monitoring der Anlagen die bereits vorhandene Internet of Things (IoT) Infrastruktur der Anlagenhersteller zu nutzen. <p>SG-Ready Schnittstelle an Wärmepumpen vorhanden.</p>								
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 funktioniert im anwendungsnahen Umfeld, Prototypen wurden im Betriebsumfeld getestet.</p>								
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Franklin Quartier ■ Intelligente Wärme München ■ Living Labs ■ ALF ■ AutonomieLab Leimen </td> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ PtH Werne ■ EMIL </td> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Gas-Hybrid-Heizung ■ Hausspeicher </td> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Demand Side Management (DSM) ■ Nachtpeicher ■ Dynamische Tarife </td> <td>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Netzdienliche WP ■ Quartier Prenzlauer Berg ■ iMSys (intelligentes Messsystem) bei Standardlastprofil (SLP)-Kunden ■ VK-Geschäftsmodelle </td> </tr> </table>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Franklin Quartier ■ Intelligente Wärme München ■ Living Labs ■ ALF ■ AutonomieLab Leimen 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ PtH Werne ■ EMIL 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Gas-Hybrid-Heizung ■ Hausspeicher 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Demand Side Management (DSM) ■ Nachtpeicher ■ Dynamische Tarife 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Netzdienliche WP ■ Quartier Prenzlauer Berg ■ iMSys (intelligentes Messsystem) bei Standardlastprofil (SLP)-Kunden ■ VK-Geschäftsmodelle 			
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Franklin Quartier ■ Intelligente Wärme München ■ Living Labs ■ ALF ■ AutonomieLab Leimen 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ PtH Werne ■ EMIL 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Gas-Hybrid-Heizung ■ Hausspeicher 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Demand Side Management (DSM) ■ Nachtpeicher ■ Dynamische Tarife 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Netzdienliche WP ■ Quartier Prenzlauer Berg ■ iMSys (intelligentes Messsystem) bei Standardlastprofil (SLP)-Kunden ■ VK-Geschäftsmodelle 					
Innovationsgehalt	<p>Die Vernetzung der Stromverbraucher über mehrere Haushalte und Technologien hinweg – mit dem Ziel, dem Stromnetz Flexibilitäten bereitzustellen – ist in Deutschland von Stadtwerken und Verteilnetzbetreibern vor SINTEG nur in theoretisch simulierten Projekten umgesetzt worden. SINTEG sammelte Erfahrungen mit der tatsächlichen Umsetzung der Flexibilisierung in unterschiedlichsten Haushalten und Gebäuden von der Akquise bis zum Live-Betrieb.</p>								
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorhandene Kommunikationsinfrastruktur (SMGW); (digitale) ansteuerbare Schnittstellen an den Anlagen im Gebäudebestand ■ Fortschreitende Sektorkopplung (Wärmepumpen, Elektroautos) als Grundlage für Potenzial ■ Wachsender Bedarf an Flexibilität und geeignete Geschäftsmodelle/Erlösmöglichkeiten 								

IN SINTEG ENTWICKELTE LÖSUNGEN

Die Flexibilisierung der Potenziale in Gebäuden beinhaltet aus technischer Sicht im Wesentlichen drei Elemente: Die flexibel fahrbare Anlage mit Schnittstelle (Elektrofahrzeug/Wallbox, Batterie oder elektrischer Wärmeerzeuger), ein Element zur aktiven Steuerung sowie die Möglichkeit, nach außen, z. B. mit dem VNB oder einem anderen EMT, zu kommunizieren. Zudem zeigt die Detail-Blaupause 2.2 „Digitaler Netzanschluss“ in Abschnitt 2.3.2 auf, wie ein lokales EMS über eine Schnittstelle zum Netzbetreiber oder Marktakteur angesteuert werden kann.

Studien zur Analyse des gesamten theoretisch verfügbaren Flexibilitätspotenzials in Deutschland zeigen, dass PtH-Anwendungen in den untersuchten Zeiträumen (heute und 2030) das größte Flexibilitätspotenzial liefern (Heitkoetter et al., 2021). Dies ist einer der wesentlichen Gründe für den starken Fokus der SINTEG-Schaufensterprojekte auf die Flexibilisierung von Wärmeerzeugern in allen Sektoren. Zudem waren zu Beginn der Schaufensterlaufzeit im Jahr 2016 gerade in privaten Haushalten noch sehr wenige Elektrofahrzeuge und Batteriespeicher vorhanden, welche die Demonstratoren hätten einbeziehen können. Auch in der öffentlichen Debatte spielte der Hochlauf von Elektromobilität eine untergeordnete Rolle. Daher wurden vergleichsweise wenige Projekte zu Batteriespeichern oder Elektromobilität in SINTEG geplant und durchgeführt.

Umso intensiver haben die SINTEG-Projekte die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Flexibilisierung der Wärmeversorgungs-technologien untersucht. Es wurden alle strombasierten Wärmeerzeuger miteinbezogen, die in Haushalten üblicherweise zum Einsatz kommen. Dazu zählen Heizstäbe (u. a. „Gas-Hybrid-Heizung“, enera), Wärmepumpen (u. a. „Intelligente Wärme München“, C/sells) und Nachtspeicherheizungen (u. a. „Netzdienliche Wärmepumpen“, WindNODE). Zudem wurde sowohl die direkte Erzeugung von Raumwärme als auch die Erhöhung der Vorlauftemperatur des Heizkessels („PtH Werne“, DESIGNETZ) oder die Warmwassererzeugung (u. a. „Quartier Prenzlauer Berg“, WindNODE) betrachtet. Während die genannten, dezentralen Technologien in dieser Blaupause behandelt sind, werden Erkenntnisse zur Nutzung von Wärmenetzen in der folgenden Blaupause zu Quartieren unter Abschnitt 2.4 und im Abschnitt 4 „Kategorie 3: Sektorkopplung und Flexibilitäten in der öffentlichen Energieversorgung“ beschrieben.

Diese Blaupause geht auf übergeordnete Erkenntnisse zur Nutzbarmachung von kleinteiligen Flexibilitäten ein. Dies umfasst die Relevanz der Sektorkopplung, die potenziell gegensätzlichen Interessen von Strommarkt und Wärmemarkt sowie die Unterschiede zwischen der Hebung von Flexibilitäten durch herstellerabhängige und -unabhängige Lösungen.

Spezielle Themen, die für die Hebung von kleinteiligen Flexibilitäten in Gebäuden relevant sind, werden in den folgenden Detail-Blaupausen behandelt. So haben sich die Schaufensterprojekte mit der Ansteuerung der Anlagen und dem resultierenden Lastverhalten unterschiedlicher Technologien (Detail-Blaupause 2.1: Steuerung und Lastverhalten von kleinteiligen Flexibilitäten in Gebäuden), den möglichen Aggregationsebenen in Bezug auf Gebäude und dem Einsatz von EMS (Detail-Blaupause 2.2: Digitaler Netzanschluss) sowie der Nutzung von SMGW (Detail-Blaupause 2.3: Kommunikation über das Smart Meter Gateway) beschäftigt – auch wenn letztere nur begrenzt bzw. in nicht-zertifizierten Varianten zur Verfügung standen.

FLEXIBILITÄTSPOTENZIAL NICHT AUF ANLAGEN-, SONDERN GEBÄUDEEBENE DENKEN

In den SINTEG-Projekten, z. B. „Intelligente Wärme München“ (C/sells), wurde deutlich, dass PtH-Anlagen bei der Hebung von kleinteiligen Flexibilitäten nicht isoliert betrachtet werden sollten. Der Trend sollte vom Schalten einzelner Anlagen hin zum Regeln von Systemen gehen: einzelne Anlagen in Gebäuden sollten nicht separat betrachtet, sondern das Gebäude an sich als regelbares System gesamthaft genutzt werden. Nicht nur das Flexibilitätspotenzial kann auf diese Weise deutlich erhöht werden, auch entsteht für Netzbetreiber als Flexibilitätsnutzer weniger Aggregationsaufwand (zur Umsetzung siehe Detail-Blaupause 2.2: Digitaler Netzanschluss in Abschnitt 2.3.2).

PROGNOSEN ZUM POTENZIAL DER FLEXIBILITÄT NICHT ALS EXAKTE WERTE KOMMUNIZIEREN

Eine exakte Prognose der verfügbaren Flexibilität zu jedem Zeitpunkt ist nicht möglich, da die abrufbare Flexibilität stets durch Unsicherheiten wie das Wetter oder Nutzerverhalten bedingt ist. Aus diesem Grund sollte, wie in DESIGNETZ in mehreren Demonstratoren erfolgt (DESIGNETZ, 2021), ein Prognoseband des zu erwartenden Flexibilitätspotenzials vom lokalen EMS zunächst an einen Aggregator als Zwischeninstanz übermittelt werden. Dieser kann, in Zusammenschau mit den Prognosen anderer lokaler EMS, ein kumuliertes Prognoseband für den Nutzer der Flexibilität berechnen. Je nach Größe des betrachteten Gebiets kann, vor allem bei lokalem Nutzen der Flexibilität durch den VNB, nur eine Aggregationsebene nötig sein.

ROLLE DER ANLAGENHERSTELLER BEI DER AGGREGATION UND ANSTEUERUNG VON KLEINST-FLEXIBILITÄTEN

Bei Aggregation kleinteiliger Flexibilitäten verfolgten die Schaufensterprojekte zwei unterschiedliche Wege:

- **Aggregation herstellerunabhängiger Systeme:** Externe Dienstleister (z. B. Stadtwerke) aggregieren mittels herstelleroffener Lösungen mehrere Gebäude mit Anlagen verschiedener Hersteller in ihrem Netz- oder Geschäftsgebiet. Beispiele hierfür sind die Projekte „Intelligente Wärme München“ (C/sells) oder „Netzdienliche Wärmepumpe“ (WindNODE). Der Anschluss der Heizungsanlagen erfolgte hier jeweils ohne die Nutzung von IKT-Infrastruktur des Heizungsherstellers.
- **Aggregation proprietärer Systeme:** Hersteller von Wärmeerzeugungsanlagen aggregieren die Flexibilität derjenigen Gebäude in einem bestimmten Gebiet, welche mit ihren eigenen Systemen ausgestattet sind. Beispiele hierfür aus den Schaufensterdemonstratoren sind die Wärmespeicher im „Franklin Quartier“ (C/sells) oder das Projekt „Gas-Hybrid-Heizung“ (enera)

Die Ansteuerung einer Anlage ist aufgrund der vielen unterschiedlichen Anlagentypen, mangelnden Schnittstellen und unbekanntem Anlagenverhalten eines der größten Hindernisse bei der Flexibilisierung der Wärmeversorgung. Die Zusammenarbeit mit Anlagenherstellern bei der Aggregation kann einen Vorteil darstellen, da diese über alle anlagenrelevanten Parameter verfügen, diese auslesen und die Anlagen ansteuern können. Dies erleichtert die Bestimmung des aktuell verfügbaren Flexibilitätspotenzials und die optimierte Steuerung der Anlage. Das EMS kann auf die Anlagen des Herstellers zugeschnitten werden oder ist beim Kauf des Systems schon vorhanden.

Der mangelnden Kommunikationsinfrastruktur (SMGW) zwischen den Systemen in den Gebäuden und dem Netzbetreiber oder EMT stehen die IoT Anbindungen neuer Geräte mit den Clouds der Hersteller gegenüber. So ist es Kunden proprietärer Lösungen bereits möglich, Daten ihrer Systeme zuhause auszulesen und diese auch zu regeln, z. B. die Heizung auf dem Nachhauseweg einzuschalten.

Einige Demonstratoren haben aus diesem Grund die vorhandene Infrastruktur mit genutzt. So wurden im Projekt „Franklin Quartier“ (C/sells) die Wärmespeicher über die Regelung des Speicherherstellers angesteuert und der Demonstrator „Smart E-Mobility“ (DESIGNETZ) setzte zur Ansteuerung der Ladesäulen auf einen Backend-Kanal des Herstellers. In beiden Fällen wurde nicht in die Stromversorgung von Haushalten eingegriffen oder Daten an Externe weitergegeben. Bei der Regelung der Wärmespeicher wurden die Daten im eigenen Glasfasernetz an lokale Server übertragen; die Ladesäulen sind öffentlich. Die erfolgreich durchgeführte Regelung vieler Einzelanlagen in diesen Schaufensterprojekten zeigt die Vorteile herstellerabhängiger Lösungen im Hinblick auf die einfachere Umsetzbarkeit auf.

Diesen gegenüber stehen Nachteile proprietärer Lösungen im Hinblick auf Aggregation. Anlagen unterschiedlicher Hersteller im selben Gebäude müssten jeweils separat aggregiert werden. Zudem müssten VNB mit vielen Anlagenherstellern kooperieren und Schnittstellen herstellen, um Flexibilitätspotenziale effektiv zu erfassen. Anlagenhersteller müssten einer solchen Kooperation zustimmen.

In den SINTEG-Schaufensterprojekten erfolgte keine direkte Gegenüberstellung der beiden Konzepte. Sie wurden lediglich separat betrachtet. Es ist darauf hinzuweisen, dass die vom Gesetzgeber angestrebte Lösung stets über das SMGW gehen muss. Auch die herstellerabhängigen Lösungen müssten, nach heutiger Rechtslage, in Zukunft das intelligente Messsystem (iMSys) in ihre Lösung integrieren, wenn sie für den netzdienlichen Einsatz in Fragen kommen sollen.

AUSSERHALB VON SINTEG ERREICHTER ERKENNTNISSTAND

Die Energieversorgung von Wohnungen, Gebäuden und vor allem ganzen Quartieren steht in den letzten Jahren immer stärker im Fokus von Forschungsprojekten zu den Themen Autonomie, Sektorkopplung und Dekarbonisierung. Digitalisierung und Elektrifizierung erlauben es, alle drei Aspekte in Gebäuden voranzutreiben und legen den Grundstein für den systemdienlichen Einsatz von Flexibilitäten in Haushalten.

Im Folgenden sind einige Projekte beschrieben, die während der SINTEG-Laufzeit gestartet wurden und ebenfalls die zukünftige Flexibilitätsbereitstellung durch Gebäude untersuchten.

Das Fraunhofer ISE hat in einem Versuch über 50 Wärmepumpen mit SG-Ready Schnittstelle auf ihr Lastverschiebungspotenzial hin untersucht (Fraunhofer ISE, 2020). Ähnlich wie der SINTEG Demonstrator „Netzdienliche WP“ (WindNODE) kamen die Forschenden zu dem Schluss, dass die Lastverschiebung häufig zwischen 30 – 60 Minuten beträgt und für längere Zeiträume nicht geeignet ist. Zudem bestätigten beide Projekte, dass die mehrstufige Steuermöglichkeit der Schnittstelle nützlich ist, um die Wärmepumpe mit einem EMS netzdienlich zu steuern. Das Fraunhofer ISE konnte aufgrund der höheren Zahl an getesteten Anlagen darüber hinaus feststellen, dass mindestens 250 Systeme aggregiert werden sollten. Das Verschiebungspotenzial lag zwischen -0,18 kWh und 10,68 kWh pro Einheit und Zyklus.

Im Projekt „Wind-Solar-Wärmepumpenquartier“ des Instituts für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) wurde untersucht, wie im Quartier durch intelligente Steuerung der Wärmepumpen und den Zubau von Speichern möglichst viel lokaler, grüner Strom genutzt werden kann. Im Ergebnis führte die intelligente Steuerung zu einer ca. zehnpromtigen Steigerung der lokalen Ökostromnutzung, während der größere Anteil (ca. 20 %) durch Speicher erreicht wurde, was in Kombination mit lokalen Windanlagen zu einer Gesamtanteil von 80 % lokalem, erneuerbarem Wärmepumpenstrom führte.

Die Nutzung dezentraler Wärmeerzeuger über ein Netzgebiet hinweg wird z. B. im Projekt „HeatFlex“ der Netzbetreiber Bayernwerk Netz GmbH und TenneT untersucht. Hier wurde gefolgert, dass die Intelligente Steuerung von Wärmepumpen Netzengpässe reduzieren kann (TenneT & Bayernwerk, 2020). Konkret können die Schaltungen zu zwei vordefinierten fixen Zeitpunkten für maximal 1h erfolgen und die Teilnehmenden erhalten auf Grundlage des § 14a des Energiewirtschaftsgesetzes reduzierte Netzentgelte (Bayernwerk Netz, 2021). Das Projekt wird nun mit Beteiligung weiterer Verteilnetzbetreiber ausgeweitet. Hier konnte das Projekt „HeatFlex“ weiter gehen als die SINTEG-Projekte, da in einem Gebiet mehrere Wärmepumpen erfolgreich über einen längeren Zeitraum gesteuert werden konnten.

Während in den SINTEG-Projekten das Potenzial von Nachtspeicherheizungen als eher gering und weiter abnehmend angesehen wird, gibt es in Deutschland Kooperationen, die eine Erneuerung und Digitalisierung, d. h. Nutzbarmachung dieser Anlagen vorantreiben. So arbeiten der Energiedienstleister Getec und das Software Unternehmen Greencom Networks an steuerbaren Nachtspeicherheizungen, die Bestandsanlagen ersetzen sollen.
















Schließlich zielen laufende Standardisierungsaktivitäten darauf ab, Mechanismen zur Kommunikation von Flexibilität durch Geräte einzuführen (EN50491-12). Dies erleichtert es zukünftig dem lokalen EMS, Flexibilität zu aggregieren und ex-ante dem Netzbetreiber und/oder dem Markt zur Verfügung zu stellen.

WEITERE ENTWICKLUNGSMÖGLICHKEITEN

Für die Bereitstellung von Flexibilität in Gebäuden wurde die technische Machbarkeit demonstriert und die Auswirkungen auf das Netz mittels Einzelanlagen untersucht. In einem nächsten Schritt kann die standardisierte Umsetzung untersucht werden und dabei die Effekte eines großen Anlagenpools auf das Netz ermittelt werden.

Der Fokus der SINTEG-Projekte lag auf der Flexibilisierung der Wärmeerzeugung in Haushalten. Vor allem bei der Flexibilitätshebung aus Haushalten erfordert die wachsende Zahl von Elektrofahrzeugen und Batteriespeichern eine verstärkt technologieübergreifende Denkweise. In diesem Rahmen sollte auch die Entwicklung standardisierter EMS als Schnittstelle zwischen System und Anlagen erfolgen. Diese Themen werden in der Detail-Blaupause 2.2: Digitaler Netzanschluss unter Abschnitt 2.3.2 erneut aufgegriffen. Außerdem gilt es, Technologien wie Elektromobilität, Großwärmepumpen, Niedertemperaturwärmenetze (< 60 °C) und Wasserstoff verstärkt zu integrieren, die sich jedoch erst nach Beginn der SINTEG-Schauensster stärker verbreiteten.

2.3.1 DETAIL-BLAUPAUSE 2.1: STEUERUNG UND LASTVERHALTEN VON KLEINTEILIGEN FLEXIBILITÄTEN IN GEBÄUDEN

Detail-Blaupause											
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Anlagenhersteller ■ SMGW-Hersteller (Hard- und Software) ■ Wohnungsunternehmen und Gebäudebesitzer ■ VNB und VK-Betreiber 										
Ausgangslage und Problemstellung	Die Nutzung kleinteiliger Flexibilitäten basiert auf einer aktiven Steuerung des Lastverhaltens. Dabei ist die Weitergabe digitaler Signale von potenziellen Nutzern der Flexibilität an die Flexibilitäten eine Herausforderung. Letztere verfügen teilweise nicht über digitale und offene Schnittstellen zur Ansteuerung. Zudem verhalten sich die Anlagen bei der Übertragung eines Steuersignals je nach Typ, Hersteller und Betriebszustand sehr unterschiedlich.										
Lösungsansatz	<p>Einfache Schaltungen über die vorhandenen Schnittstellen (z. B. SG-Ready) können bereits einen relevanten Regelungseffekt haben. Nachtspeicherheizungen können – im richtigen Betriebsmodus – schon über Relaischaltungen genutzt werden. Der Einsatz von Heizstäben ist einfach umzusetzen und zu steuern, jedoch aus Sicht des Wärmemarkts nicht die effizienteste Lösung. Die Einbindung der Warmwasserversorgung sorgt für ein konstanteres Flexibilitätpotenzial.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Einfache Möglichkeit zur Nachrüstung (z. B. Heizstab in Wärmespeicher installierbar, Einbausituation im Schaltkasten und Keller, Erreichbarkeit durch Funk) ■ SG-Ready Schnittstelle an Wärmepumpen 										
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: Prototyp im Betriebsumfeld getestet</p>										
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>■ Intelligente Wärme München</td> <td>■ PTH Werne ■ Mikro-KWK</td> <td>■ Gas-Hybrid-Heizungen ■ Hausspeicher</td> <td></td> <td>■ Netzdienliche WP</td> </tr> </table>						■ Intelligente Wärme München	■ PTH Werne ■ Mikro-KWK	■ Gas-Hybrid-Heizungen ■ Hausspeicher		■ Netzdienliche WP
											
■ Intelligente Wärme München	■ PTH Werne ■ Mikro-KWK	■ Gas-Hybrid-Heizungen ■ Hausspeicher		■ Netzdienliche WP							
Innovationsgehalt	In SINTEG konnte die Ansteuerung von unterschiedlichen elektrischen Verbrauchern und Erzeugern in Haushalten erfolgreich umgesetzt werden – und das, auch ohne die Nutzung der IKT-Infrastruktur der Anlagenhersteller. Steuersignale konnten erfolgreich von außerhalb der Gebäude, automatisiert an die Anlagen übermittelt werden. Vor SINTEG wurden keine vergleichbaren Projekte in der Praxis umgesetzt.										
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Einbaumöglichkeit und Kommunikationsinfrastruktur im Gebäude, z. B. Platz in Schaltschränken, Empfang in Kellerräumen, SMGW inkl. Steuerbox ■ Bereitschaft zur Teilnahme und teilweise Abgabe der Schaltungshoheit über eigene Anlagen ■ Digitale Schnittstellen und Standards an den Anlagen 										

Die Detail-Blaupause bezieht sich, wie in der übergeordneten Blaupause bereits erläutert, hauptsächlich auf elektrische Wärmeerzeuger wie Heizstäbe, Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen, aber auch Mikro-KWK-Anlagen. Vor allem bei Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen werden bestehende Heizsysteme angesteuert, während Heizstäbe als zusätzliche Heizelemente zur Unterstützung der vorhandenen Wärmeerzeuger neu installiert werden konnten. Mikro-KWK-Anlagen sind kaum im Bestand verbaut, könnten aber mit einem ansprechenden Vergütungsmodell eine Alternative für die Wärmeerzeugung bieten.

Weitere Erkenntnisse wurden in den SINTEG-Projekten zur Steuerung eines Batterieschwarms gewonnen. Zur Ansteuerung der Flexibilität über einen EMT, ist zudem ein digitaler Anschluss des Gebäudes an das Netz erforderlich. Dies wird näher in der Detail-Blaupause „Detail-Blaupause 2.2: Digitaler Netzanschluss“ unter Abschnitt 2.3.2 beschrieben.

SCHALTUNG DER BESTANDSANLAGEN: RELAISSCHALTUNGEN

Sogenannte Relaisschaltungen erlauben im einfachsten Fall lediglich zwei Zustände: „an“ und „aus“. Anlagen ohne Schnittstellen – hauptsächlich Nachtspeicherheizungen und Heizstäbe – konnten also nur gesteuert werden, indem sie an- und ausgeschaltet wurden.

Die nächste Stufe, eine Schaltung über potenzialfreie Kontakte, wird heute u. a. als eine Möglichkeit zur Abregelung von PV-Anlagen verwendet. Die Anlage verfügt dabei über eine Schnittstelle mit vier Eingängen, die jeweils für einen Betriebsmodus stehen. Wird einer dieser Eingänge angesteuert, stellt die Anlage auf den jeweiligen Betriebsmodus um. Die dahinterliegende Konfiguration ist abhängig vom Anlagentyp und Hersteller. Bei PV-Anlagen wird die maximale Einspeiseleistung durch die vier Kanäle z. B. auf (1) 100 %, (2) 70 %, (3) 30 %, oder (4) 0 % begrenzt.

STEUERUNG VON WÄRMEPUMPEN: SG-READY SCHNITTSTELLE FÜR GRUNDLEGENDE STEUERUNG AUSREICHEND, JEDOCH NUR EIN ZWISCHENSCHRITT

Der Anschluss der Wärmepumpen erfolgte in allen Projekten ohne digitale Schnittstellen, sprich der Übertragung von Protokollen, sondern mittels einfacher Relaisschaltungen (an/aus) oder potenzialfreier Kontakte. Zum einen waren die nötigen digitalen Schnittstellen an den Anlagen nicht vorhanden oder konnten von externen Akteuren nicht angesteuert werden, zum anderen fehlten Ausgänge der CLS-Steuerbox. Diese hat in den verfügbaren Varianten lediglich vier potenzialfreie Ausgänge. Selbst wenn die Anlagen über eine digitale Schnittstelle verfügen würden, könnten sie daher mit der dafür vorgesehenen Steuerbox noch nicht genutzt werden.

Im Projekt „Intelligente Wärme München“ (C/sells) wurde gefolgert, dass die Anbindung über potenzialfreie Kontakte der oben beschriebenen Komplexität nicht gerecht wird. Der Aufbau erlaubt nur eine unidirektionale Übertragung von Signalen, d. h. es können keine Informationen zum Zustand der Wärmepumpe über das SMGW zurückgegeben werden. Das erschwert die interne Potenzialabschätzung, denn es kann höchstens auf Erfahrungswerte, abhängig von Uhrzeit und Außentemperatur zurückgegriffen werden. Es bleibt auch unsicher, wie viel Leistung die Wärmepumpe in diesem Fall vom Netz beziehen wird. Diese Funktionalitäten müssen daher in zukünftigen Generationen der CLS-Steuerboxen integriert sein oder direkt am SMGW möglich sein.

Dennoch kam die in SINTEG erprobte aktive Ansteuerung schon einer tatsächlichen Regelung der Anlage nah. Wärmepumpen sollten als Voraussetzung über ein SG-Ready Label⁴ und damit über eine Schnittstelle zur Aktivierung von vier unterschiedlichen Betriebsmodi verfügen. Dadurch kann die Wärmepumpe nicht nur ein- und ausgeschaltet, sondern auch auf maximaler oder minimaler Last gefahren werden. Die Ansteuerung erfolgt durch die Aktivierung einer der vier potenzialfreien Ausgänge der CLS-Steuerbox und damit eines Eingangs an der SG-Ready Schnittstelle, die damit den Betriebsmodus der Wärmepumpe setzt. Das Projekt „Netzdienliche Wärmepumpe“ (WindNODE) zeigte, dass diese Möglichkeit dem Netzbetreib-

⁴ <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/sg-ready/>

ber bereits eine ausreichende Steuerung der Wärmepumpen erlaubt. Da es sich bei Wärmepumpen in Haushalten jeweils nur um wenige kW Leistung pro System handelt, ist eine exakte Steuerung der Leistung weniger relevant: es reicht aus, das System auf Teil-/ Volllast zu fahren oder auszuschalten. Die Möglichkeiten zur Steuerung sind im Abschnitt „Lastverhalten von Wärmeerzeugern durch Steuerungssignale“ näher beschrieben. Wärmepumpen, die nicht zumindest über eine SG-Ready Schnittstelle verfügen, sind nur im begrenzten Maße als Flexibilitätspotenzial nutzbar. In diesem Fall ist aktuell nur eine quasi „Spitzenlastkappung“ bzw. Sperre durch den Energieversorger möglich. Es ist jedoch zu erwarten, dass die in Zukunft eingebauten Wärmepumpen – und damit ein großer Teil des zukünftigen Bestandes – zumindest über eine SG-Ready Schnittstelle verfügen wird.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Ansteuerung von vier unterschiedlichen Betriebsmodi für die Nutzung des eher kleinen Einzelpotenzials von Wärmepumpen ausreicht. Wenn künftig die Flexibilitäten im Haushalt über ein lokales EMS gesteuert und optimiert werden sollen, ist eine bidirektionale Kommunikation zwischen EMS und Wärmepumpe jedoch vorteilhaft. Dadurch kennt das EMS den aktuellen Zustand und mögliche Potenziale der Wärmepumpe deutlich besser. Zudem könnten alle relevanten Systeme im Haushalt über dieselben standardisierten Schnittstellen angesprochen werden. Die SG-Ready Schnittstelle ist in ihrer heutigen Ausführung daher nur als Zwischenschritt zu betrachten.

STEUERUNG VON NACHTSPEICHERHEIZUNGEN

Nachtspeicherheizungen können theoretisch einfacher in ein Lastmanagement eingebunden werden, da sie im Vergleich zur Wärmepumpe weniger Komplexität und Betriebsmodi besitzen. Sie bringen somit aber auch weniger flexibles Potenzial ein. Zur Steuerung genügen ebenfalls die potenzialfreien Kontakte der aktuellen CLS-Steuerboxen. Einschränkend ist hier zu nennen, dass keine Lastsenkung einer einzelnen Anlage auf ein definiertes Niveau, sondern aufgrund der Technik von Nachtspeicherheizungen lediglich ein Ab- und Anschalten möglich ist. Dies wird sich auch mit weiterentwickelter SMGW-Technologie nicht ändern. Zudem wird in Zukunft, im Gegensatz zur Wärmepumpentechnologie, kein signifikanter Zubau an Geräten in Deutschland erwartet. Somit hat diese Technologie höchstens für den Bestand Relevanz.

LASTVERHALTEN VON WÄRMEERZEUGERN DURCH STEUERUNGSSIGNALE

Im Projekt „Netzdienliche Wärmepumpe“ (WindNODE) zur Einbindung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit SG-Ready Schnittstelle und zwei Nachtspeicherheizungen wurden Erkenntnisse zum Lastverhalten der Wärmeerzeuger im Anschluss an die Schaltvorgänge gesammelt. Die resultierenden Lastgänge können im Projektbericht eingesehen werden, während im Folgenden die Kernergebnisse beschrieben sind. Die SG-Ready Schnittstelle an einer Wärmepumpe verfügt über vier Betriebsmodi: Normalbetrieb, Sperre durch den Energieversorger (Ausgeschaltet), reduzierter Betrieb, Maximallastbetrieb. Die Betriebsmodi können auch an der Wärmepumpe eingestellt werden und beschreiben im Wesentlichen, in welchem Bereich die Speichertemperatur gehalten wird. Volllast aktiviert die Wärmepumpe sofort und bricht hart ab, sobald der Speicher die maximale Temperatur erreicht hat. Bei normaler bzw. reduzierter Last schaltet die Wärmepumpe in der Testphase in unregelmäßigen Intervallen für ca. 30 Minuten ein.

Bei Nachtspeicherheizungen gibt es historisch bedingt drei mögliche Fahrweisen. Die Aufheizung erfolgt entweder zu Betriebsbeginn (Vorwärtssteuerung), über die Nacht (Spreizsteuerung) oder bis zum Ende der Nacht (Rückwärtssteuerung). Es wurde gezeigt, dass mit der Vorwärtssteuerung der beste netzdienliche Einsatz der Nachtspeicherheizung ermöglicht

werden kann. In den anderen Betriebsmodi kann der Zeitraum des Lastbezugs nicht hinreichend genau bestimmt werden.

INSTALLATION EINES HEIZSTABS: SCHNELLE UND EINFACHE AKTIVIERUNG VON FLEXIBILITÄTSPOTENZIAL IN BESTANDSGEBÄUDEN

Die zusätzliche Installation eines Heizstabs kann an unterschiedlichen Stellen erfolgen. Eine Möglichkeit ist, das Rücklaufwasser vor der Heizungs- und Warmwasserbereitung zu erwärmen. Hierzu ist ein zusätzlicher Pufferspeicher nötig, der mit den ggf. bereits integrierten Heizstäben neben der bestehenden Heizungsanlage installiert wird. Diese Methodik ist mit mehreren Heizungssystemen erfolgreich erprobt. Im Projekt „PtH Werne“ (DESIGNETZ) konnten so in Privathaushalten bis zu 12 kW pro Haushalt an Flexibilität installiert werden. Der Flexibilitätsabruf konnte mit 25 installierten Anlagen in 6-kW-Schritten auf bis zu 292 kW erfolgen.

Das Volumen des Pufferspeichers sollte groß genug sein, damit der Heizstab mindestens eine Viertelstunde betrieben werden kann (eine Schaltperiode), wie auch im Projekt „Gas-Hybrid-Heizungen“ (enera) festgestellt wurde. Platzprobleme sind dabei ein häufiges Hindernis. Die Installation der Heizstäbe erfordert eine vergleichsweise geringe Investition, die Kosten für den Einbau des Gesamtsystems mit Speicher und Anschluss an die bestehende Anlage können jedoch beträchtlich sein.

Eine weitere Möglichkeit stellt die Integration der Heizstäbe in die bereits vorhandenen Pufferspeicher der Heizanlage oder Warmwasserbereitung dar. So können zusätzlicher Platzbedarf und Kosten für einen weiteren Speicher samt Rohrleitungen vermieden werden, jedoch ist diese Option nur bei nachrüstbaren Pufferspeichern umsetzbar („PtH Werne“ DESIGNETZ). Neben der Flexibilität für das Stromnetz, kann – bei gasbefeuerten Heizungen – auch eine Flexibilisierung für das Gasnetz angedacht werden. Zudem sind die Heizstäbe auch in der Lage, für die Übergangszeiten Frühling und Herbst die Grundlast der Heizung teilweise mit potenziell erneuerbarem Strom zu übernehmen.

Der Einsatz von Heizstäben ist nur bei sehr geringen oder negativen Strompreisen ökonomisch sinnvoll. Auch mittelfristig ist jedoch davon auszugehen, dass nicht ausreichend Stunden mit solchen Strompreisen auftreten werden, um allein auf dieser Basis die notwendigen Investitionen zu rechtfertigen.

LOKALE INSTALLATEURSBETRIEBE BEAUFTRAGEN

Zur Installation der Anlagen und deren Steuerung hat sich eine Kooperation mit lokal agierenden Heizungsinstallateuren bewährt. Diese kennen häufig die unterschiedlichen Anlagen und verfügen zudem über das Vertrauen von Bewohnern und Bewohnerinnen in Gebäuden. Ein Nachteil dieser Variante ist der erhöhte Koordinationsaufwand mit unterschiedlichen Installateuren, sowohl bei der Installation als auch später bei Störmeldungen. Aus diesem Grund hat sich als weitere Empfehlung im Projekt „PtH Werne“ (DESIGNETZ) ergeben, dass die Installation (je regionalem Gebiet) über nur einen Installateur vergeben werden sollte.

WARMWASSER STELLT KONSTANTES POTENZIAL ÜBER DAS JAHR

Die Einbindung der Brauchwasserversorgung ist für eine erfolgreiche Flexibilisierung ein zusätzlicher Erfolgsfaktor. In diesem Anwendungsgebiet werden höhere Temperatu-

ren benötigt, wodurch das Flexibilisierungspotenzial höher ist, und dieses kann auch im Sommer genutzt werden. Beide Aspekte steigern das Flexibilitätspotenzial der Anlage erheblich. Im Falle von Gasheizungen kann ggf. auch für Gasnetzbetreiber Flexibilität zur Verfügung gestellt werden. Die Vorwärmung des Rücklaufwassers senkt den Gasverbrauch der Heizung und könnte somit ebenfalls bei Netzengpässen oder -überschüssen im Gasnetz eingesetzt werden.

Die eingebundenen Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen wurden im Rahmen von SINTEG hauptsächlich durch die Netzbetreiber getestet, während die Heizstäbe in den Projekten an virtuelle Kraftwerke angebunden wurden.

MIKRO-KWK-ANLAGEN: STEUERUNG UND LASTVERSCHIEBEPOTENZIAL

Mikro-KWK-Anlagen wurden im Projekt „Mikro-KWK“ (DESIGNETZ) auf ihr Flexibilitätspotenzial hin untersucht. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Wärmeerzeugern, bieten KWK hauptsächlich positives Lastpotenzial, d.h. zusätzliche Einspeisung ist möglich. Damit stellt die Technologie eine gute Ergänzung zu den verbrauchsseitigen Flexibilitäten dar. Die Steuersignale wurden vom Nutzer der Flexibilität in Form eines Fahrplans an die Anlage übergeben. Es war ausreichend, den Fahrplan zwei Stunden vor dem eigentlichen Abruf der Flexibilität zu übermitteln. Als technisches Potenzial der Anlagen konnten bis zu 3 kW identifiziert werden. Die Anlagen sind wärmegeführt, d. h. das Leistungsband der Stromerzeugung wird durch die maximale Temperaturdifferenz im Wärmepufferspeicher (im Projekt ca. 10 Kelvin) limitiert.

Die Verwendung der Flexibilität kann potenziell für Netzbetreiber im Rahmen des lokalen Redispatch oder EinsMan in aggregierter Form genutzt werden. Zur Vermarktung durch VK an den Regelenenergiemärkten ist sie als Ergänzung zu anderen Technologien, z. B. großen Wärmeerzeugern, Speichern (Wärme und Strom), Fernwärmenetz sinnvoll, um die Bedarfe gewährleisten zu können.
















BATTERIESCHWARM: DURCH DEN HERSTELLER AGGREGIERTE FLEXIBILITÄT NUTZEN

Batteriespeicher bieten ein vergleichsweise einfach zu hebendes Potenzial für netzdienliche Flexibilität, da sie im Gegensatz zu verbrauchsseitigen Flexibilitäten keine grundlegenden Bedürfnisse wie Wärme oder Mobilität, erfüllen müssen. Praktisch alle privaten Batteriespeicheranlagen werden in Kooperation mit einer PV-Anlage betrieben und haben bereits ein EMS integriert. Zusätzlich bieten die Hersteller ihren Kunden vermehrt die Teilnahme an einem cloudbasierten Speicherschwarm an, über den bereits Produkte wie Regelenenergie vermarktet werden.

Weitere potenzielle Nutzer dieser Flexibilitäten, z. B. VNB, können mit sehr geringem zusätzlichem Aufwand darauf zugreifen, da Batteriehersteller über die Cloud bereits die Aggregatoren-Rolle übernehmen. Steuersignale können dadurch einfach umgesetzt werden, wie im Projekt „Hausspeicher“ (enera) gezeigt wurde. Zudem sind bereits ausgereifte Prognosemodelle vorhanden.

Das Projekt „Hausspeicher“ (enera) konnte vielversprechende Ergebnisse liefern: Die Lieferquote zwischen angefragter und tatsächlich abgerufener Flexibilität lag, nach einer initialen Abstimmungsphase konstant über 75 % und der Pool von 60 Anlagen, mit einer maximalen Beladeleistung von 0,183 MW, lieferte im Schnitt ca. 0,6 MWh/Woche. Bei der Untersuchung zur potenziellen Bereitstellung von Regelenenergie wurde die initiale Annahme bestätigt, dass vor allem in den Morgen-, Abend- und Nachtstunden negative Flexibilität bereitgestellt werden kann.

2.3.2 DETAIL-BLAUPAUSE 2.2: DIGITALER NETZANSCHLUSS

Detail-Blaupause											
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stadtwerke und Kommunen ■ SMGW-Hersteller ■ EMS-Entwickler ■ Wohnungsunternehmen und Gebäudebesitzer ■ VNB und VK-Betreiber 										
Ausgangslage und Problemstellung	<p>Einzelne Anlagen wie Wärmepumpen haben für sich genommen ein geringes Lastverschiebepotenzial, was die ökonomisch sinnvolle Erschließung erschwert. Wenn mehrere Flexibilitäten einzeln angebunden werden, könnten ineffiziente parallele Strukturen aufgebaut und haushaltsinterne Optimierungspotenziale nicht erschlossen werden.</p>										
Lösungsansatz	<p>Es werden nicht einzelne Anlagen angesteuert, sondern das Flexibilitätspotenzial gesamter Haushalte oder Gebäude gehoben. Die Regelung und Optimierung der Einzelanlagen findet mittels lokalem EMS in Haushalten oder Gebäuden statt.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Hardware zur Kosten- und Komplexitätsreduktion auf das notwendige Minimum reduzieren ■ „Komplexität lösen, wo sie entsteht“ und möglichst schon hinter dem SMGW aggregieren ■ EMS einsetzen, welches möglichst viele Anlagenarten integrieren und steuern kann 										
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: Demonstrationsanlage in anwendungsähnlicher Umgebung implementiert.</p>										
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ Franklin Quartier ■ AtonomieLab Leimen ■ Intelligente Wärme München </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ EMIL ■ Energiestudio Markt/Kunde </td> <td></td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ Netzdienliche WP </td> </tr> </table>						<ul style="list-style-type: none"> ■ Franklin Quartier ■ AtonomieLab Leimen ■ Intelligente Wärme München 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EMIL ■ Energiestudio Markt/Kunde 			<ul style="list-style-type: none"> ■ Netzdienliche WP
											
<ul style="list-style-type: none"> ■ Franklin Quartier ■ AtonomieLab Leimen ■ Intelligente Wärme München 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EMIL ■ Energiestudio Markt/Kunde 			<ul style="list-style-type: none"> ■ Netzdienliche WP 							
Innovationsgehalt	<p>In SINTEG wurden erstmalig Anlagen unterschiedlicher Hersteller mit einem EMS, das nicht von den Anlagenherstellern entwickelt wurde, gesteuert. In einer durchgehenden Kommunikationsstrecke über ein SMGW konnten Schaltbefehle getestet werden.</p>										
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Flächendeckender SMGW-Rollout ■ (Herstellerunabhängige) EMS auf dem Markt verfügbar sowie standardisierte Schnittstellen am EMS, aber auch an den Anlagen, die eine bidirektionale Kommunikation ermöglichen ■ Anreize für Gebäudebesitzer, um lokale EMS zu installieren ■ Kommunikationsinfrastruktur vom Gebäudeanschluss (SMGW) zum Netzbetreiber und Möglichkeit der bidirektionalen Kommunikation zwischen SMGW/CLS-Steuerbox und lokalem EMS 										

Das Konzept des digitalen Netzanschlusses wurde hauptsächlich in den Demonstratoren „Intelligente Wärme München“, „Autonomie Lab Leimen“ und „Franklin Quartier“ des Schau Fensters C/sells entwickelt (Weigand, Rogg, Köppl & Springmann, 2021). Das Konzept zielt vornehmlich auf die Nutzung von Flexibilitäten in Gebäuden durch den Netzbetreiber ab.

Die Architektur des digitalen Netzanschlusses besteht aus einem Kommunikationsanschluss, einem intelligentem Messsystem und einer digitalen Steuerbox des Netzbetreibers sowie einer Schalteinrichtung am Netzanschluss. Signale zur Leistungsbegrenzung sollten von einem lokalen EMS zur autonomen Leistungssteuerung im Gebäude gegeben werden. Einzelanlagen werden im Ansatz des digitalen Netzanschlusses somit nicht isoliert als Flexibilitätspotenziale betrachtet, sondern das Gebäude wird gesamthaft als ein Verbraucher gesehen. Statt einzelne Wärmeerzeuger, Batterien oder E-Autos zu steuern, kann somit das System „Gebäude“ geregelt werden.

Die Ansteuerung durch Flex-Nutzer erfolgt über ein SMGW. Dieses empfängt das Steuersignal und gibt es an die Anlagen im Gebäude weiter. Wird das SMGW direkt mit der Anlage verbunden, kann nur die jeweilige Anlage angesteuert werden. Interessanter ist es daher, zwischen dem SMGW und der Anlage ein lokales EMS zu installieren. Dieses empfängt das Signal vom SMGW und gibt es an die angeschlossenen Anlagen (PV, Speicher, Elektromobilität, Wärmepumpen etc.) weiter. Einer der Vorteile ist, dass das EMS das Signal an mehrere Anlagen verteilen und eine Einsatzoptimierung durchführen kann. Es ist zu beachten, dass eine Ansteuerung von Einzelanlagen über vorhandene proprietäre Kanäle nicht grundsätzlich ausgeschlossen ist. Abbildung 10 stellt eine Übersicht möglicher Varianten dar. In der Grafik wird von Aggregationsebenen gesprochen, da die Lage des SMGW schon eine erste Aggregation mit sich bringt.

Der digitale Netzanschluss bedeutet die Installation des SMGW mit Steuerungsfunktionalität (in der Abbildung nur „GW“), wie sie in den Skizzen rechts oben und unten dargestellt ist, und vermeidet eine direkte Ansteuerung durch Flex-Nutzer auf Anlagenebene (wie in der Abbildung links oben dargestellt).

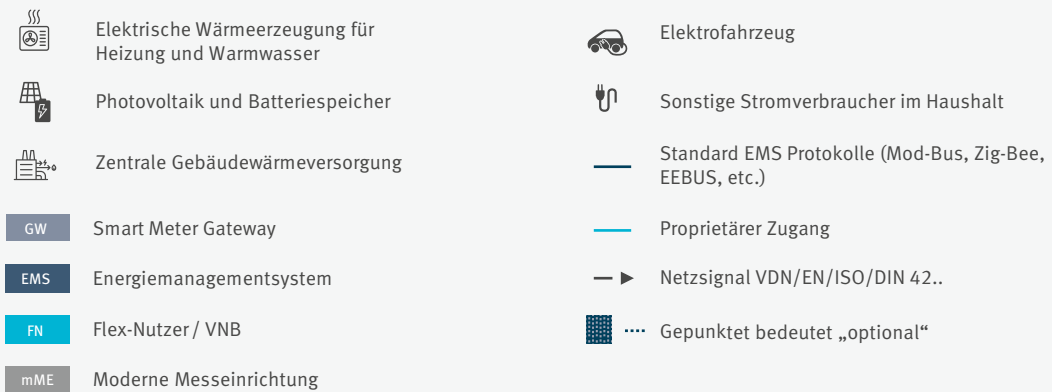
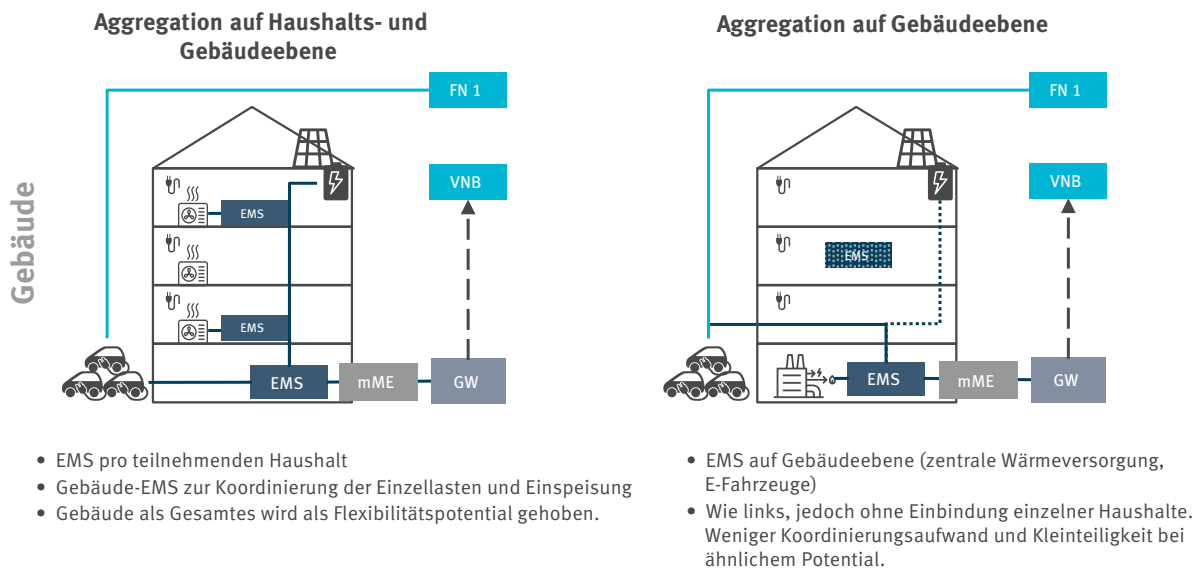
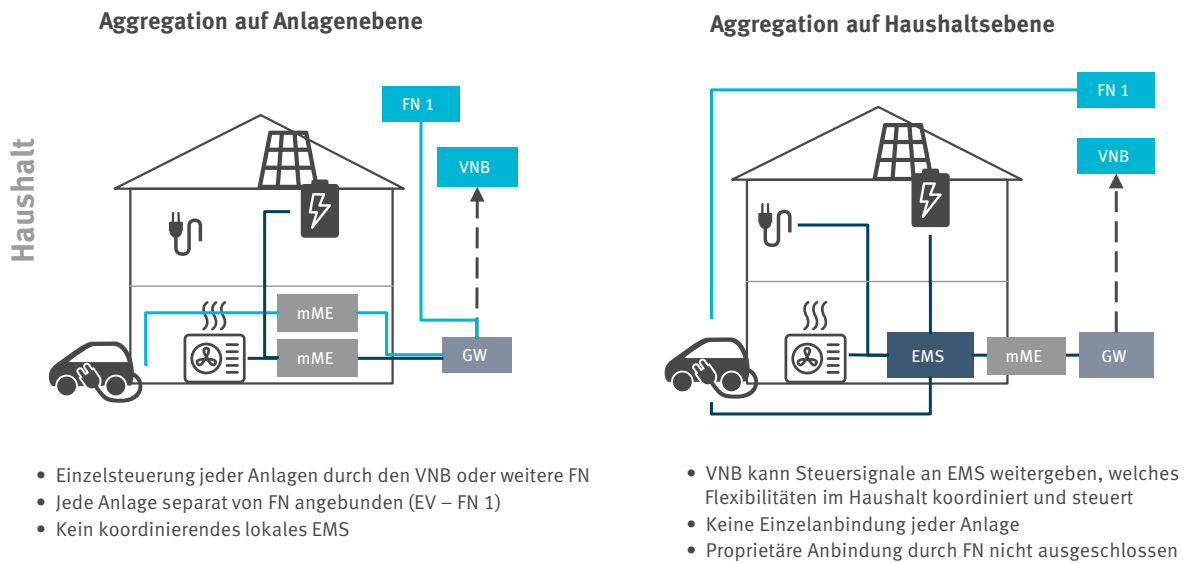


Abbildung 10: Mögliche Architekturen des Netzanschlusses von Haushaltsgeräten mittels SMGW und EMS (eigene Darstellung Guidehouse)

ANSCHLUSSPUNKT DES SMGW LEGT DIE ERSTE AGGREGATIONSEBENE FEST

Das SMGW bündelt die Informationen zu Signalen (Lastbegrenzung, Fahrplan), unabhängig davon, ob hinter dem SMGW eine einzelne Anlage oder ein ganzes Quartier liegt. Für den Nutzer der Flexibilität (z. B. den VNB) ist damit schon eine Aggregation erfolgt, da er lediglich ein Signal weiterleiten muss und die Prognosen der Anlagen gebündelt über das SMGW erhält. So benötigte das Projekt „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE) nur ein SMGW zur Kommunikation des Lastverhaltens seiner Quartierswärmeversorgung von 230 Wohneinheiten, während im Projekt „PtH Werne“ (DESIGNETZ) jeder Wärmeerzeuger pro Gebäude einzeln über ein eigenes SMGW angesteuert werden musste.

VORTEILE DES DIGITALEN NETZANSCHLUSSES

Es gibt mehrere Argumente für die Bündelung einzelner Anlagen auf Gebäudeebene mittels digitalem Netzanschluss:

Eigenoptimierung und Berücksichtigung von Präferenzen der Bewohnerinnen und Bewohner erlauben und dadurch die Akzeptanz steigern.

Die Ansteuerung von Einzelanlagen führt dazu, dass die externen Anforderungen, z. B. eine Lastabsenkung, nicht den internen Benutzerpräferenzen angepasst werden. Sollte beispielsweise der Ladevorgang eines E-Autos unterbrochen werden, obwohl die Nutzerin oder der Nutzer eine vollgeladene Batterie benötigt, sorgt das für Konflikte. Wenn gleichzeitig der Hausbatteriespeicher die Flexibilität bereitstellen kann, könnte ein lokales EMS diesen Konflikt regeln. Für einen Netzbetreiber wäre diese kleinteilige Optimierung – also die Anweisung an die Batterie weiterzugeben – zu komplex.

Der digitale Netzanschluss erlaubt es, Komplexität dort zu lösen, wo sie entsteht. Der Netzbetreiber gibt lediglich eine maximale Last oder Einspeisung durch das Gebäude im Rahmen einer sogenannten „Hüllkurve“ oder eines Lastbandes vor. Wie eine mögliche Lastabsenkung oder -erhöhung intern geregelt wird, entscheidet das EMS – und damit die Bewohnerinnen und Bewohner.

Dieser Ansatz kann die Akzeptanz der Haushalte für Flexibilitätsbereitstellung steigern, da Eingriffe durch Externe den individuellen Bedürfnissen, die das lokale EMS kennt, untergeordnet werden. Nur in Ausnahmefällen würde es zu Einschränkungen führen, wenn z. B. eine Abregelung vieler Gebäude notwendig ist, um einen Netzausfall zu vermeiden.

Das verfügbare kumulierte Flexibilitätspotenzial wird prognostiziert.

Bewohnerinnen und Bewohner können einem lokalen EMS in ihrem Haushalt Bedürfnisse übermitteln, z. B. wann das Auto geladen sein muss, wie warm die Wohnung sein soll, etc. Unter Verwendung von Wetterprognosen und Erfahrungswerten kann das EMS zu jeder Zeit das verfügbare kumulierte Flexibilitätspotenzial aller angeschlossenen Anlage prognostizieren. Durch die Kombination mehrerer Anlagen wird zudem das Gesamtpotenzial des Gebäudes höher ausfallen.

Die Komplexität für den Netzbetreiber und andere Nutzer der Flexibilität wird reduziert.

Die Mehrheit der SINTEG-Projekte musste die Unterstützung der Anlagenhersteller oder lokaler Installateure zur Umsetzung einer Anlagensteuerung hinzuziehen. Dies geschah in den Aktivitäten „Hybrid-Heizung“ (enera), „Netzdienliche Wärmepumpe“ (WindNODE), „Energie-wabe Rhein-Hunsrück“ (enera) und „PtH Werne“ (DESIGNETZ). In einem Projekt, in dem der Energieversorger mit eigenen Ressourcen die Installation vorantrieb („Intelligente Wärme München“ C/sells), betrug der Aufwand 1 – 2 Tage Arbeit des Teams pro Anlage. Dazu kam die Bearbeitung von Wartungs- und Störmeldungen, die eine Rufbereitschaft der Projektbeteiligten forderten.

Eine klare Erkenntnis des Projektes war, dass es aufgrund des hohen Aufwandes nicht zu den Kernaufgaben des Netzbetreibers bzw. Messstellenbetreibers gehört, in die Gebäude zu gehen und Anlagen anzubinden. Der Netzbetreiber kann sich im Konzept des digitalen Netzanschlusses auf die Sicherstellung einer funktionierenden Kommunikationsinfrastruktur zwischen Leitwarte und dem Gebäudenetzanschluss konzentrieren (Glasfaser, 5G-Empfänger, Powerline, etc.), während EMS-Entwickler, Anlagenhersteller und Installateure den gebäude-internen Anschluss übernehmen.

Die Komplexität für die Entwicklung der SMGW / CLS-Steuerbox wird reduziert.

Bei der Entwicklung von digitalen Schnittstellen zwischen der CLS-Steuerbox und den Anlagen in den Haushalten kann ein Fokus auf den Abgleich zwischen EMS-Entwicklern und Steuerbox einfacher sein, als offene Schnittstellen für eine große Anzahl an unterschiedlichen Anlagentypen im Bestand zu entwickeln.

Die Komplexität für die Entwicklung von EMS wird reduziert.

Lokale EMS können sich auf die interne Optimierung, z. B. die Erhöhung des Eigenverbrauchs, und die Vernetzung der Anlagen im Haushalt konzentrieren. Es muss lediglich ein zusätzlicher Eingang und Ausgang für die (standardisierten) Schnittstellen des SMGW berücksichtigt werden und dessen Lastsignale umgesetzt werden können. Die Entwickler von lokalen EMS benötigen somit auch keine Freigabe und Kenntnisse der Netzbetreiber- / SMGW-protokolle (Übertragungsprotokoll IEC 61850). Dies erleichtert die Entwicklung eines Marktes für das Energiemanagement auf Gebäudeseite, während die Stromnetzseite vom Netzbetreiber geregelt wird.

ANLAGENHERSTELLER UND SOFTWAREENTWICKLER SIND BEIM ANSCHLUSS DER ANLAGEN GEFORDERT – DER NETZBETREIBER MUSS FÜR DIE FUNKTIONIERENDE KOMMUNIKATIONSINFRASTRUKTUR SORGEN

Die oben genannten Erkenntnisse bedeuten, dass sich im Konzept des digitalen Netzanschlusses alle Akteure auf ihre jeweiligen Kernkompetenzen fokussieren, dabei aber die Schnittstellen zu den anschließenden Komponenten zusammen gedacht werden müssen. Für die Umsetzung ist erforderlich, dass Anlagenhersteller offene, standardisierte Schnittstellen zur Verfügung stellen, die es dem EMS erlauben, Daten auszulesen und gleichzeitig aktiv zu regeln. Dazu sind Standardisierungsaktivitäten im Gange (z. B. EN50491-12-2).

Die Entwickler von EMS sollten die Kommunikation mit möglichst vielen Anlagentypen und -herstellern ermöglichen. Gleichzeitig gilt es, eine bidirektionale Schnittstelle an das SMGW

zu implementieren. Die Netzbetreiber müssen dafür sorgen, dass sie selbst, aber auch andere auf die Messdaten und Prognosen aus den Haushalten Zugriff haben und die Steuerungssignale zuverlässig an das SMGW weitergegeben werden.

BEREITS HEUTE DIE NÖTIGE IKT-INFRASTRUKTUR IMPLEMENTIEREN – MIT MEHRWERTEN FÜR DIE HAUSHALTE

Die nötige Infrastruktur in den Gebäuden, nämlich Anlagen mit offenen Schnittstellen und lokale, standardisierte EMS, sollten schon heute installiert werden. Die Regelung mehrerer Geräte über ein lokales EMS kann auch ohne den Gedanken der Bereitstellung von Flexibilität Vorteile bringen. Das Monitoring des eigenen Energieverbrauchs, die Steigerung der Energieeffizienz, eine Erhöhung des Eigenverbrauchs, eine Absenkung der Lastspitzen durch E-Autos und die Steigerung des thermischen Komforts sind nur einige Beispiele für Mehrwerte, die durch die Digitalisierung in Gebäuden erreicht werden können. Die genutzten EMS sollten dabei standardisiert sein, d. h. externe Signale über das SMGW empfangen und verarbeiten sowie Flexibilitätsprognosen zurücksenden können.

Investitionen in die IKT-Infrastruktur müssen dank dieser Mehrwerte nicht nur über den Nutzen als Flexibilitätspotenzial aufgewogen werden. Vielmehr ist die Bereitstellung von Flexibilität ein mögliches „Add-On“ auf die bereits bestehenden Funktionalitäten, die das vernetzte Gebäude mit sich bringt. Das könnte mögliche Geschäftsmodelle, die heute noch von hohen Anschlusskosten ausgehen, realistischer erscheinen lassen und zusätzlich die Akzeptanz steigern, da die Schaltungshöhe der Anlagen schon an das EMS abgegeben ist.

Zusätzlich interessant ist in diesem Zusammenhang die Nutzung eines SMGW für mehrere moderne Messeinrichtungen (mME). Dies ist erforderlich, wenn nur ein einzelnes SMGW am Gebäudeanschluss mehrere Haushalte einschließt. Die Umsetzung ist im Projekt „EMIL“ (DESIGNETZ) erprobt und in der Detail-Blaupause 2.3: Kommunikation über das Smart Meter Gateway im Abschnitt 2.3.3 näher beschrieben.

WEITERE AGGREGATIONSEBENEN VOR DEM SMGW KÖNNEN SINNVOLL SEIN

Eine zusätzliche Aggregation über der Gebäudeebene, z. B. ein Quartier, ist für viele Nutzer der Flexibilität erstrebenswert. Diese Ebene kann oftmals noch durch einen lokalen Akteur aggregiert werden, z. B. den Besitzer mehrere Gebäude oder ein Nachbarschaftsverbund, wie im Projekt „Quartier Prenzlauer Berg“ (WindNODE) geschehen (siehe auch Blaupause „Blaupause 3: Flexibilitätspotenzial durch Quartierslösungen heben“ in Abschnitt 2.4.1). Diese Zwischeninstanz aggregiert die Flexibilitäten der einzelnen Haushalte z. B. im Wohnblock und sollte wiederum über ein eigenes EMS verfügen. Lokale Akteure haben unter Umständen einen besseren Zugang zu den Haushalten und können als Aggregateure erfolgreicher sein als externe Akteure.

Entscheidend für die Aggregationsebene ist aber der angestrebte Nutzen der flexibilisierten Lasten. Geht es darum, lokale Netzengpässe in Niederspannungssträngen zu vermeiden, könnten schon einzelne Gebäude eine positive Wirkung zur Engpassvermeidung haben. Ist der Zweck dagegen z. B. Primärregelleistung bereitzustellen, gilt es, viele Haushalte unabhängig von ihrer Lage im Netz zu aggregieren. Eine allgemeingültige Empfehlung für Aggregationsebenen nach dem SMGW am Gebäudeanschluss kann somit nicht gegeben werden.
















HERAUSFORDERUNGEN UND OFFENE FRAGESTELLUNGEN ZUM DIGITALEN NETZANSCHLUSS: NUTZUNG DER FLEXIBILITÄT DURCH MEHRERE AKTEURE

In Zukunft sollen die Flexibilitätspotenziale auf Gebäudeebene durch mehrere Akteure genutzt werden können, sprich durch den VNB, aber auch durch VK, die wiederum unterschiedliche Optimierungsziele verfolgen. In den SINTEG-Demonstratoren wurde die Nutzung einer Anlage durch mehrere Akteure nicht getestet. Einen Ausblick auf mögliche Herausforderungen gaben jedoch Erkenntnisse des Projekts „Energiestudie Markt/Kunde“ (DESIGNETZ). Hier sollten Flexibilitäten u.a. für den Einsatz als Regelenergie genutzt werden. Dazu muss genau nachvollziehbar sein wie die Anlage zur Regelenergiebereitstellung genutzt wurde, weswegen die bereitstellende Anlage bislang einen individuell abrechenbaren Netzanschluss benötigt.

Mittels eines SMGW können mehrere mME angeschlossen werden. Es ist jedoch noch nicht abschließend geklärt, inwiefern eine Anlage für mehrere Akteure Flexibilität bereitstellen kann, solange die Nachverfolgbarkeit über einen eigenen Netzanschlusszähler gewährleistet sein muss. Weiterhin ist das lokale EMS dafür zuständig, welche Anlagen im Gebäude die externen Lastbegrenzungen ausführen. Damit wird es komplexer, wenn einzelne Akteure nur auf einzelne Anlagen zugreifen dürften. Das lokale EMS müsste eine Priorisierung der unterschiedlichen Akteure zulassen. Einige Überlegungen zur Kombination der Koordinierungsfunktion mit einem Flexibilitätsmarkt wurden bereits angestellt (Springmann, Köppl & Estermann, 2020). Weitere Entwicklungsarbeit – auch im Rahmen der Ausgestaltung der Regulatorik, z. B. zu Regelenergiebereitstellung von Kleinstanlagen – ist noch nötig, um das Konzept umzusetzen. Dies wird im Folgeprojekt unIT-e²⁵, das auf den SINTEG-Erkenntnissen aufbaut, untersucht.

5 <https://www.ffe.de/news/unit-e%C2%B2-elektromobilitaet-intelligent-ernetzen/>

2.3.3 DETAIL-BLAUPAUSE 2.3: KOMMUNIKATION ÜBER DAS SMART METER GATEWAY

Detail-Blaupause											
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stadtwerke und Kommunen ■ SMGW-Hersteller ■ EMS-Entwickler ■ Wohnungsunternehmen und Gebäudebesitzer ■ VNB und VK-Betreiber 										
Ausgangslage und Problemstellung	Die externe Steuerung von Haushaltslasten erfordert ein hohes Maß an Sicherheit der Kommunikationsinfrastruktur. Die Kommunikation zwischen SMGW und Anlagen scheitert häufig an fehlenden Schnittstellen, jene zwischen SMGW und Netz-/Messstellenbetreiber wird durch mangelnden Mobilfunkempfang und fehlende Infrastruktur erschwert.										
Lösungsansatz	<p>Die externe Kommunikation mit Flexnutzern kann u. a. durch die Nutzung der 450-MHz-Frequenz, den Aufbau kabelgebundener Infrastruktur oder die Verwendung einer Multi-Sim erleichtert werden. Zur internen Kommunikation „hinter dem SMGW“ hat sich die Nutzung des Standards der EEBUS-Initiative in einem Projekt bewährt (nach VDE 2829-6).</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anbindung über kabelgebundene Infrastruktur (PLC, Glasfaser), 450-MHz-Frequenz, Multi-Sim ■ Kommunikationsstandard zwischen SMGW und EMS (z. B. EEBUS und Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN)-Steuerbox) 										
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: Demonstrationsanlage und Prototypen wurden im Betriebsumfeld getestet.</p>										
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ TP: SMGW ■ Intelligente Wärme München ■ Franklin Quartier ■ ALF ■ Prosumer Ulm ■ AutonomieLab Leimen </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ EMIL ■ Energiestudio Markt/Kunde </td> <td></td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ AP „Vernetzer Endkunde“ </td> </tr> </table>						<ul style="list-style-type: none"> ■ TP: SMGW ■ Intelligente Wärme München ■ Franklin Quartier ■ ALF ■ Prosumer Ulm ■ AutonomieLab Leimen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EMIL ■ Energiestudio Markt/Kunde 			<ul style="list-style-type: none"> ■ AP „Vernetzer Endkunde“
											
<ul style="list-style-type: none"> ■ TP: SMGW ■ Intelligente Wärme München ■ Franklin Quartier ■ ALF ■ Prosumer Ulm ■ AutonomieLab Leimen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EMIL ■ Energiestudio Markt/Kunde 			<ul style="list-style-type: none"> ■ AP „Vernetzer Endkunde“ 							
Innovationsgehalt	Die SMGWs wurden während der Schaufensterprojektlaufzeit zertifiziert. In SINTEG wurde erstmals die Kommunikationsstrecke zwischen EMT und dem Gebäudeanschluss im Gebäudebestand erprobt. Dies wurde sowohl in urbanen als auch ländlichen Gebieten durchgeführt. Auch neue Kommunikationsstandards zur Verbindung des SMGW mit den lokalen Anlagen wurden erstmals in einer Liegenschaft implementiert.										
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ SMGW-Rollout und alle Funktionalitäten einsatzbereit (TAF) ■ Ausreichend Platz zur Installation der Hardware, verlässliche Kommunikationsinfrastruktur ■ Definierte Standards die von den Anlagen-/EMS-Herstellern verwendet werden und die CLS-Steuerboxen/SMGW ebenfalls verwenden 										

Das SMGW bildet die Schnittstelle zwischen der mME und den Anlagen in den Haushalten sowie den Nutzern der Messdaten und Flexibilitätspotenziale. Wenn im Folgenden von „extern“ oder „vor dem SMGW“ gesprochen wird, ist die Kommunikation vom Gebäude zu den Nutzern der Flexibilitäten (z. B. VNB) gemeint.

HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN ZUR VERBESSERUNG DER EXTERNEN KOMMUNIKATION DES SMGW

Die Erfahrungen in mehreren Schaufensterprojekten, u. a. im Projekt „Intelligente Wärme München“ (C/sells), haben bei der externen Anbindung der SMGW gezeigt, dass vor allem Funklösungen starke Defizite aufweisen können. Unabhängig von urbanem oder ländlichem Umfeld ist der Empfang in den Kellern der Häuser, wo sich die Schaltschränke befinden, immer wieder unzureichend.

- 1.** Eine mögliche Lösung wurde im Demonstrator „EMIL“ (DESIGNETZ) erfolgreich getestet: Die **Nutzung der 450-MHz-Frequenz**. Die Nutzung dieser Frequenz erleichtert die Anbindung von SMGW in Kellern, da sie Mauerwerk besser durchdringen kann als höhere Frequenzen.
- 2.** Zudem brachte in einigen Fällen die Verwendung einer einfachen **Verlängerung beim Antennenanschluss** eine deutliche Verbesserung des Empfangs. Diese konnten dann in der Nähe oder direkt am Kellerfenster angebracht werden.
- 3. Die Anbindung über kabelgebundene Infrastruktur**, die im besten Fall durch den Netzbetreiber oder die Stadtwerke erfolgt, zeigt sich z. B. in den Projekten „ALF“ (C/sells) und „Franklin Quartier“ (C/sells) als vielversprechend und deutlich robuster. Dabei sind sowohl Glasfaserkabel als auch Powerline Technologie erfolgreich zum Einsatz gekommen. Glasfaserkabel bringen weitere Mehrwerte für die Bewohner, wie eine schnelle Internetverbindung. Powerline ist hingegen günstiger zu realisieren, sollte es rein um die Steuerung der Anlagen gehen. Die Entwicklung einer stabilen Infrastruktur wird durch das Messstellenbetriebsgesetz weiter beschleunigt, welches den Messstellenbetreiber dazu verpflichtet Haushalte mit SMGW und Erzeugungsanlagen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) oder Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) anzubinden.
- 4. Lösung für eine bessere Abdeckung im ländlichen Raum:** Eine weitere Lösungsmöglichkeit, um die teilweise mangelhafte Funkabdeckung zu umgehen, wurde im Projekt „Netzdienliche Wärmepumpen“ (WindNODE) eingesetzt. Anstatt herkömmlicher SIM-Karten wurden sogenannte Multinetz SIM-Karten verwendet. Diese wählen sich immer in das Netz ein, welches den besten Empfang am jeweiligen Ort bietet. Theoretisch könnte auch ein Netzabdeckungstest bei der Installation gemacht werden und die entsprechende SIM-Karte vom Installateur eingelegt werden. Vor allem bei einer zukünftig standardisierten Installation der SMGW ist es einfacher, direkt eine Multinetz SIM-Karte zu nutzen. Sollte zudem später ein Funkmast abgebaut oder neu installiert werden, kann sich das SMGW darauf eigenständig einstellen. Besonders für den ländlichen Raum ist diese Lösung zu empfehlen.
- 5. Nutzung mehrerer mME über ein SMGW:** Eine weitere Möglichkeit stellt die zentrale Nutzung eines SMGW für mehrere mME über einen Straßenzug oder ein Quartier hinweg dar. Im Projekt „EMIL“ (DESIGNETZ) wurde dieses Konzept erfolgreich für mehrere Haushalte umgesetzt. Das Gateway ist in einen Ortsnetztransformator eingebunden. Es wurde eine Kommunikation zwischen dem Gateway und den Messeinrichtungen in den Haushalten eingerichtet. Dadurch können Investitionskosten deutlich gesenkt werden.
- 6. Lokale Kommunikationsinfrastruktur über iMSys aufbauen, um Lücken im Telekommunikationsnetz zu umgehen:** Wie oben erwähnt, konnte im Projekt „EMIL“

(DESIGNETZ) ein SMGW genutzt werden, um die Daten mehrerer mME zu übertragen. Um die Probleme des teilweise zu schwachen Mobilfunknetzes zu umgehen, wurde eine weitere Lösung entwickelt: Die verwendeten mME bauten ein eigenes Funknetz auf. Hierzu wurden jede mME zusätzlich mit einem Repeater ausgestattet. Durch eine flächendeckende Implementierung der Geräte in den Haushalten kann so ein Netz aufgebaut werden, über das die Messwerte weitergegeben werden. Haushalte, die weit vom SMGW entfernt liegen, nutzen dazwischenliegende Repeater (an den mME), um ihre Daten zu übermitteln. Die Kommunikation basiert auf einem „CDMA450/ LTE450-Funknetz“. Im Ergebnis ist eine einfache und kostengünstige lokale Kommunikationsinfrastruktur aufgebaut.

EMT ERHALTEN DIE MESSDATEN DER HAUSHALTE ÜBER DEN MESSTELLENBETREIBER

Die Daten welche vom iMSys über das SMGW nach außen weitergegeben werden, sind nach der Regelung der Marktkommunikation 2020 (§ 60 MsbG) direkt an den Messtellenbetreiber zu kommunizieren. Dieser Stand gilt mindestens bis zum Jahr 2026. Eine zu Beginn der Schaufensterlaufzeit diskutierte Variante ist die Übertragung der Messdaten direkt vom SMGW an einen EMT im Rahmen der sogenannten sternförmigen Kommunikation. Ursprünglich war im Messtellenbetriebsgesetz die sternförmige Kommunikation als Zielbild 2020 ausgegeben. Dies wurde gegen Ende der Schaufensterlaufzeit jedoch zurückgezogen (BMWi, 2021a). Nach dem aktuellen Beschluss kann der früheste Zeitpunkt einer Umstellung auf sternförmige Kommunikation – im Falle einer positiven Evaluation bis 2023 – im Jahr 2026 erfolgen.

Erfahrungen der Schaufenster zu diesem Thema deuten in unterschiedliche Richtungen. So betonte das Projekt „Prosumer Ulm“ (C/sells) die Notwendigkeit einer dezentralen Kommunikation, um es möglichst vielen EMT – unabhängig vom Messtellenbetreiber und dessen potenziellen Limitierungen bei der Geschwindigkeit der Datenübertragung – zu erlauben, auf die Flexibilitäten zuzugreifen. Es fällt vor allem kleineren Messtellenbetreibern schwer, die Prozesse intern zu etablieren, um die Messdaten in Echtzeit, hochaufgelöst weiterzugeben. Die Erfahrungen der Arbeitsgruppe „Vernetzter Endkunde“ (Wind-NODE) zeigten, dass das Konzept der sternförmigen Kommunikation softwaretechnisch umsetzbar ist. Jedoch wird in dieser Arbeitsgruppe auch angemerkt, dass der Markttrend, getrieben durch die Entscheidung zum Messtellenbetriebsgesetz (siehe oben), in Richtung einer zentralen Verteilung der Daten geht. Zudem ist der Vorteil für den EMT, dass bei einer zentralen Kommunikation keine eigene, komplexe Verschlüsselung der Datenübertragung implementiert werden muss und somit geringere Initialkosten und administrative Hürden zur Nutzung der Flexibilitäten bestehen.

STEUERSIGNAL ÜBER DIE GESAMTE KOMMUNIKATIONSTRECKE – VOM EMT ZUR ANLAGE IM HAUSHALT – BENÖTIGT MAXIMAL 100 SEKUNDEN

Die Latenzzeit beim Steuern und der Signalübertragung über das SMGW – auch Signallaufzeit – wurde am Rande des Projektes „ALF“ (C/sells) mit den verfügbaren SMGWs untersucht. Vier Szenarien sind betrachtet: Schalten mit und ohne Messen des Netzzustands sowie beide Varianten bei bereits aufgebautem und abgeschaltetem CLS-Kanal (Forschungsstelle für Energiewirtschaft [FFE], 2018). Der Aufbau des Kanals benötigt die längste Zeit mit ca. 50s und die Messung ist mit ca. 40s hauptsächlich für den Rest der Signallaufzeit verantwortlich. Die Schaltung selbst hat eine Signallaufzeit von unter 5s. Das bedeutet isolierte Schaltvor-

gänge können praktisch in Echtzeit durchgeführt werden, sollte der CLS-Kanal bereits aufgebaut sein. Ist dieser noch einzustellen und eine Messung vor und nach dem Vorgang nötig, beträgt die Signallaufzeit insgesamt ca. 100s.

DIE INTERNE KOMMUNIKATION – VOM SMGW ZUR ANLAGE

Die interne Kommunikation zwischen dem SMGW und den CLS, zu denen die elektrisch betriebenen Anlagen des Haushalts gehören, ist eine der Schlüsselfunktionen hin zu einem intelligenten und steuerbaren System. Die Ansteuerung läuft über den CLS-Proxy-Kanal, der über das SMGW aufgebaut wird. Dieses erlaubt einem EMT ein Steuersignal sicher durch das SMGW in den Haushalt zu senden oder Messdaten und Prognosen aus dem Haushalt zu empfangen. Damit dieser Zugriff nur durch autorisierte EMT erfolgt, kann der CLS-Kanal ausschließlich vom Gateway Administrator (GWA) aktiviert werden. Hinter dem SMGW befindet sich die Steuerbox, welche die Signale, die über den CLS-Kanal gesendet werden in erster Instanz empfängt und über Schnittstellen an die Anlagen weitergibt. Diese Schnittstellen (zwischen Steuerbox und Anlagen) müssen dieselbe Sprache sprechen, um eine funktionierende Kommunikation zu ermöglichen. Ein Vorschlag zur Umsetzung einer Architektur hinter dem SMGW wird in der Detail-Blaupause zum digitalen Netzanschluss (unter dem Abschnitt 2.3.2) vertieft.

Die Schaufensterprojekte haben an dieser Schnittstelle große Hindernisse identifiziert. Kaum ein Projekt konnte eine Anlage mit Protokollen ansprechen die einen stufenlosen, bidirektionalen Austausch von Daten erlauben würden. Dies liegt zum einen an den mangelnden Schnittstellen der Anlagen selbst, aber auch an den nicht-vorhandenen digitalen Ausgängen der verwendeten CLS-Steuerboxen. Aktuell können vor allem die potenzialfreien Kontakte der Steuerbox genutzt werden um Relaisschaltungen (An/Aus) zu realisieren oder über mehrere dieser unidirektionalen, potenzialfreien Kontakte vordefinierte Betriebszustände der Anlagen anzusteuern. Dies erfolgte in Anlehnung an die bereits etablierte Rundsteuertechnik bei PV-Anlagen im Projekt „ALF“ (C/sells) oder mittels der SG-Ready Schnittstelle bei Wärmepumpen im Projekt „Netzdienliche WP“ (WindNODE).

Eine Möglichkeit der Standardisierung der Übertragungsprotokolle bietet die EEBUS-Initiative. Im „Autonomie Lab Leimen“⁶ (C/sells) konnte auf Basis dieses Kommunikationsstandards und der neuen VDE 2829-6 die praktische Umsetzung der Steuerbarkeit am Netzanschlusspunkt demonstriert werden. Dabei wird das Steuerungssignal des EMT mittels IEC 60870-5-104 oder IEC 61850 durch das SMGW an die FNN-Steuerbox übertragen, die es als EEBUS-Protokoll an ein EMS weitergibt.

6 <https://energieorganismus.de/digitaler-netzanschluss-und-autonomes-energiemanagement/>