ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/388491100

Home-Energy-Management-Systeme (HEMS): Ein Marktüberblick für Deutschland 2024

Research · January 2025

DOI: 10.13140/RG.2.2.20439.18081

CITATION
1

READS
172

4 authors, including:

Thomas Haupt
Hochschule für angewandte Wissenschaften Ansbach
12 PUBLICATIONS **30** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Thomas Haupt on 29 January 2025.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Home-Energy-Management-Systeme (HEMS): Ein Marktüberblick für Deutschland

Thomas Haupt, Kevin Settler, Johannes Jungwirth, Haresh Vaidya
Campus Feuchtwangen, Hochschule Ansbach
An der Hochschule 1, 91555 Feuchtwangen, thomas.haupt@hs-ansbach.de

1. Einleitung

Mit der Transformation des Energiesystems werden unsere Gebäude zur zentralen Schnittstelle der Energiewende. Ein Home-Energy-Management-System (HEMS) bildet hierbei die erforderliche Verknüpfung der Systeme. Jedoch ist der Markt intransparent und die praktische Umsetzung komplex. Daher stellen sich folgende Fragen: Welche Home-Energy-Management-Systeme sind aktuell auf dem deutschen Markt verfügbar und wie lassen sich die Systeme charakterisieren und unterscheiden?

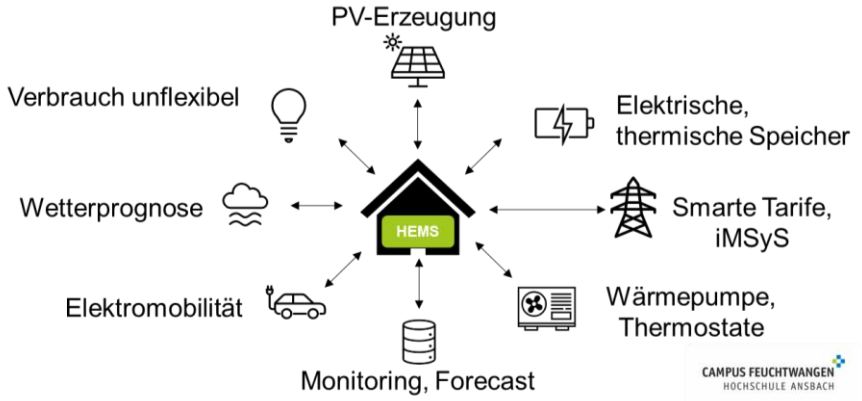

Abbildung 1 Das HEMS als zentrale Schnittstelle im zukünftigen Gebäude.

Die Klimaziele basieren auf der Dekarbonisierung, der Dezentralisierung und der Digitalisierung des Energiesystems. Dies zeigt sich insbesondere in der Praxis bei unseren Gebäuden: Ausbau von Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen), Einbau von Wärmepumpen, der Aufbau von Ladehubs für Elektrofahrzeuge, die Integration thermischer und elektrischer Speicher, die Interaktion mit Stromnetzen sowie eine gemeinsame Schnittstelle, das HEMS (vgl. Abbildung 1). Aufgrund der inkonsistenten Begrifflichkeit für derartige Managementsysteme wurde für den folgenden Marktüberblick eine Begriffsdefinition entwickelt.

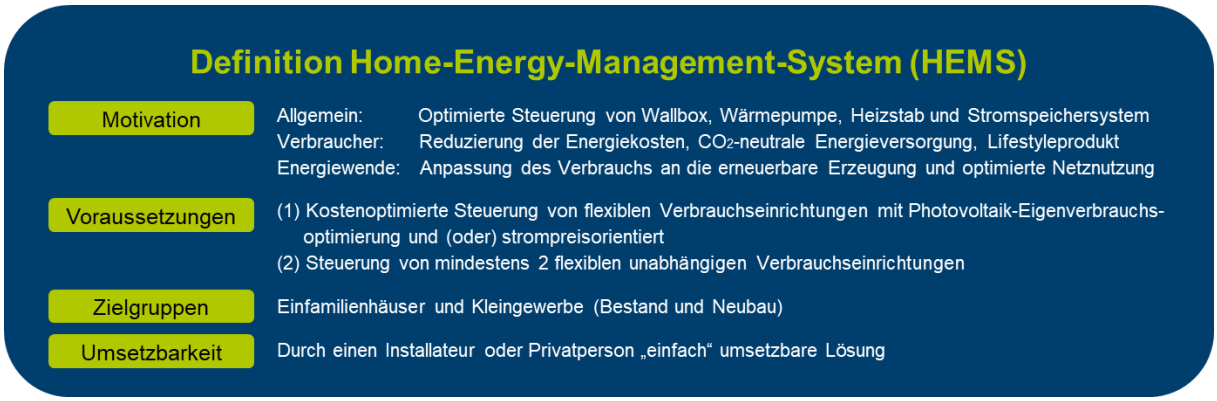

Abbildung 2 Begriffsdefinition sowie Funktionsdefinition eines HEMS.

Das übergeordnete Ziel eines HEMS ist die optimierte Steuerung von flexiblen Verbrauchseinrichtungen. Die steuerbaren Verbrauchseinrichtungen sind Wallboxen in Verbindung mit batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs), Wärmepumpen sowie Heizstäbe gekoppelt mit thermischen Speichermedien als auch Stromspeichersysteme. Die Ziele aus den Perspektiven „Verbraucher“, „Energiewende“ und „Netzbetreiber“ unterscheiden sich und können langfristig zu Interessenskonflikten führen. Die Einordnung als HEMS erfordert zwei Voraussetzungen: (1) Das System muss die flexiblen Verbraucher auf den verfügbaren PV-Strom und (oder) auf einen börsenstrompreisbasierten Tarif steuern können. (2) Das System muss mindestens zwei unterschiedliche, flexible Verbraucher steuern können (vgl. Abbildung 2). Allerdings gilt dies nicht für die Kombination Wärmepumpe und Heizstab, da beide Geräte den Wärmesektor bedienen. Die Zielgruppen der HEMS sind in erster Linie Einfamilienhäuser im Bestand sowie Neubauten. Dennoch können Kleingewerbe ebenfalls damit ausgestattet werden. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Umsetzbarkeit. Da diese Systeme langfristig millionenfach in Deutschland installiert werden müssen, ist eine „einfache“ umsetzbare Lösung erforderlich. Mit diesem Kriterium werden standardmäßige, frei programmierbare Controller und somit zeitaufwendige Umsetzungen durch Spezialisten ausgeschlossen.

2. Aufbau und Durchführung der Umfrage

Bislang gibt es keine allgemeine Übersicht zu verfügbaren HEMS. Daher wurde für den folgenden Marktüberblick zuerst nach verfügbaren HEMS gesucht und im Anschluss eine Herstellerumfrage durchgeführt. Der Fokus des Fragebogens lag auf der praktischen Umsetzung von HEMS sowie deren Entwicklung im Jahr 2024.

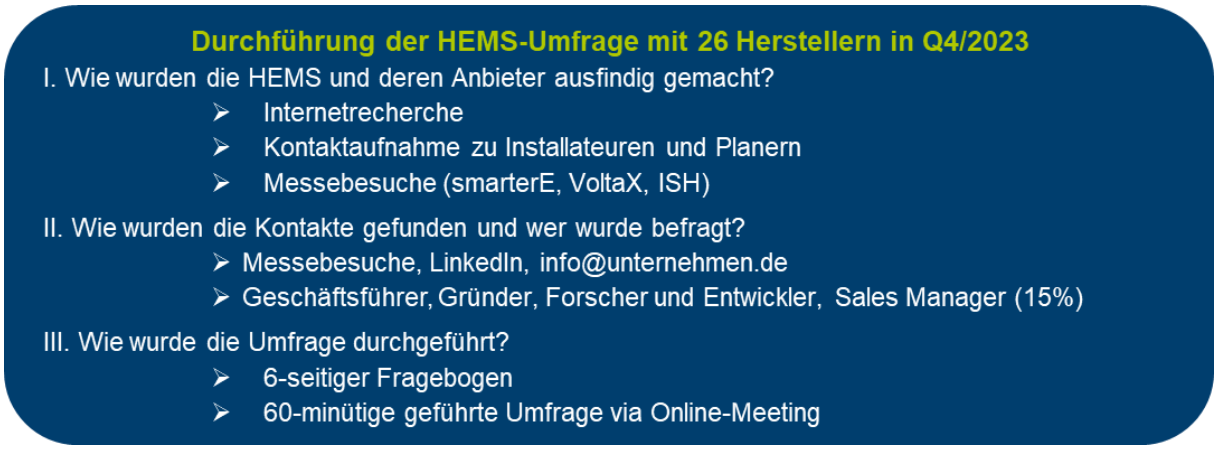

Abbildung 3 Beschreibung der Umfrage als Datengrundlage für den Marktüberblick.

Im ersten Schritt wurde nach verfügbaren HEMS gesucht. Der Fokus lag hierbei insbesondere bei der Internetrecherche. Des Weiteren wurden Installateure und Planungsunternehmen kontaktiert und verschiedene Messen (siehe Abbildung 3) besucht. Die Teilnehmer der Umfrage waren Geschäftsführer, Gründer, Mitarbeiter aus dem Bereich Forschung und Entwicklung (F&E) sowie Salesmanager. Der Anteil der Salesmanager betrug dabei 15 %. Die Umfrage wurde in Q4/2023 durchgeführt. Dafür wurde ein 6-seitiger Fragebogen entwickelt und in einem 60-minütigen Online-Meeting

gemeinsam mit dem jeweiligen Unternehmen ausgefüllt. Die Umfrage wurde an 42 Unternehmen ausgehändigt und final mit 26 Unternehmen erfolgreich durchgeführt.

3. Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die 26 erfolgreich durchgeführten Umfragen mit HEMS-Herstellern.

3.1 Übersicht der HEMS-Lösungen

Der Fokus für den Marktüberblick liegt auf einfach umsetzbaren Lösungen. Zur Vollständigkeit der Übersicht wurden auch Open Source-Lösungen aufgeführt.

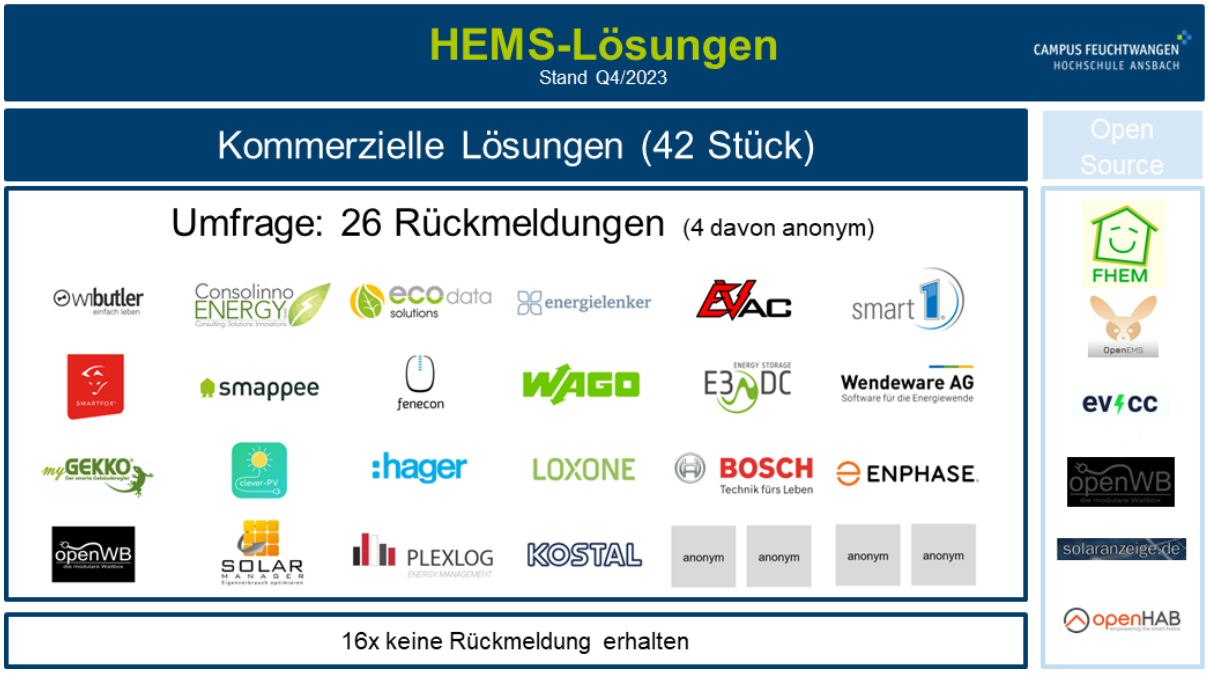

Abbildung 4 Übersicht von kommerziellen HEMS-Lösungen und Open Source-HEMS-Lösungen.

Abbildung 4 zeigt sowohl kommerzielle als auch Open Source-Lösungen für Deutschland. Im Rahmen der Internetrecherche wurden insgesamt 42 kommerzielle HEMS-Lösungen gefunden. In der Umfrage haben davon 26 erfolgreich teilgenommen (62 %), vier davon anonym. Unter den Teilnehmern sind viele bekannte Unternehmen aus der Photovoltaik- und Energiebranche. Auf der anderen Seite sind einige Unternehmen mit der Spezialisierung auf Energiemanagement enthalten. Insgesamt zeigt sich, dass in wenigen Jahren ein großer Markt für HEMS entstanden ist. Dies spiegelt wider, dass die Industrie großes Potenzial im Markt sieht und das Thema von Relevanz ist. Allerdings stellen die große Produktauswahl sowie die fehlende Markttransparenz eine Herausforderung für Installateure und Verbraucher dar.

3.2 Vertriebsstrategien

Um zu verstehen wie die HEMS erworben werden können und wie die Anbieter im Markt vertreten sind, wurde zu Beginn der Umfrage die Vertriebsstrategie der jeweiligen Unternehmen abgefragt. Des Weiteren ist diese Information zur Interpretation der Ergebnisse relevant.

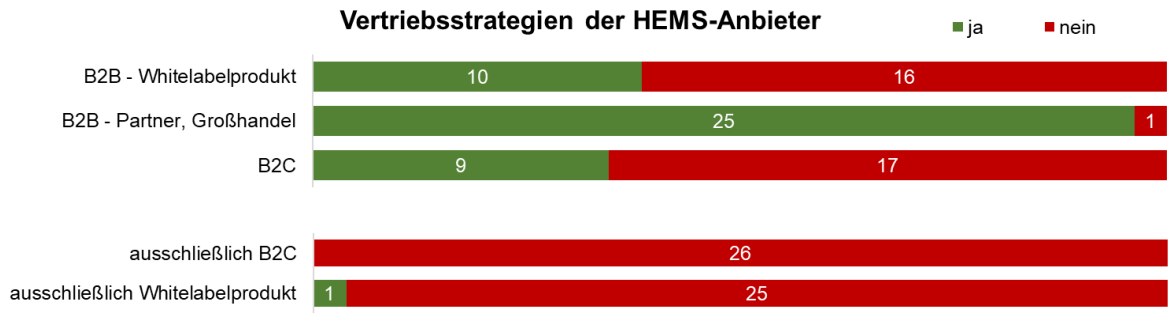

Abbildung 5 Darstellung der Vertriebsstrategien der abgefragten HEMS-Anbieter.

Die abgefragten HEMS werden als Whitelabelprodukte über Partner sowie über Großhandelspartner und mittels Business-to-Customer (B2C) vertrieben. Ein Großteil der Hersteller setzt hier auf den Vertrieb mit Partnern und Großhandelspartnern. In vielen Fällen sind dies Installateure, die oftmals spezifische Schulungen erhalten. Der untere Teil der Abbildung 5 zeigt, dass keiner der befragten Hersteller sein Produkt ausschließlich B2C vertreibt und nur ein Hersteller das Produkt ausschließlich als Whitelabelprodukt veräußert. In Bezug auf den Erwerb mittels B2C und die folgende Installation muss erwähnt werden, dass nur wenige Systeme ohne Elektrofachkraft installiert werden können. Die Herausforderung liegt hierbei in der Erfassung der Leistung am Hausanschluss. Ein Großteil der Systeme bezieht diesen Leistungswert aktuell über ein 3-phasiges Energy-Meter (ungeeichter Stromzähler nach dem Stromzähler des Messstellenbetreibers), welches auf einer Hutschiene in der Unterverteilung installiert ist. Alternative Lösungen ohne den Einsatz einer Elektrofachkraft sind: (1) Das Auslesen der modernen Messeinheit mittels optischer Schnittstelle oder (in wenigen Fällen möglich) via Modbus sowie (2) das Energy-Meter des eingebauten Stromspeichersystems zu nutzen (falls vorhanden).

3.3 Systemarten

Die Steuerung der Flexibilitäten in einem HEMS erfordert physikalisch eine zentrale Steuereinheit. Dabei unterscheiden sich die Systeme, wo sich diese Steuereinheit befindet.

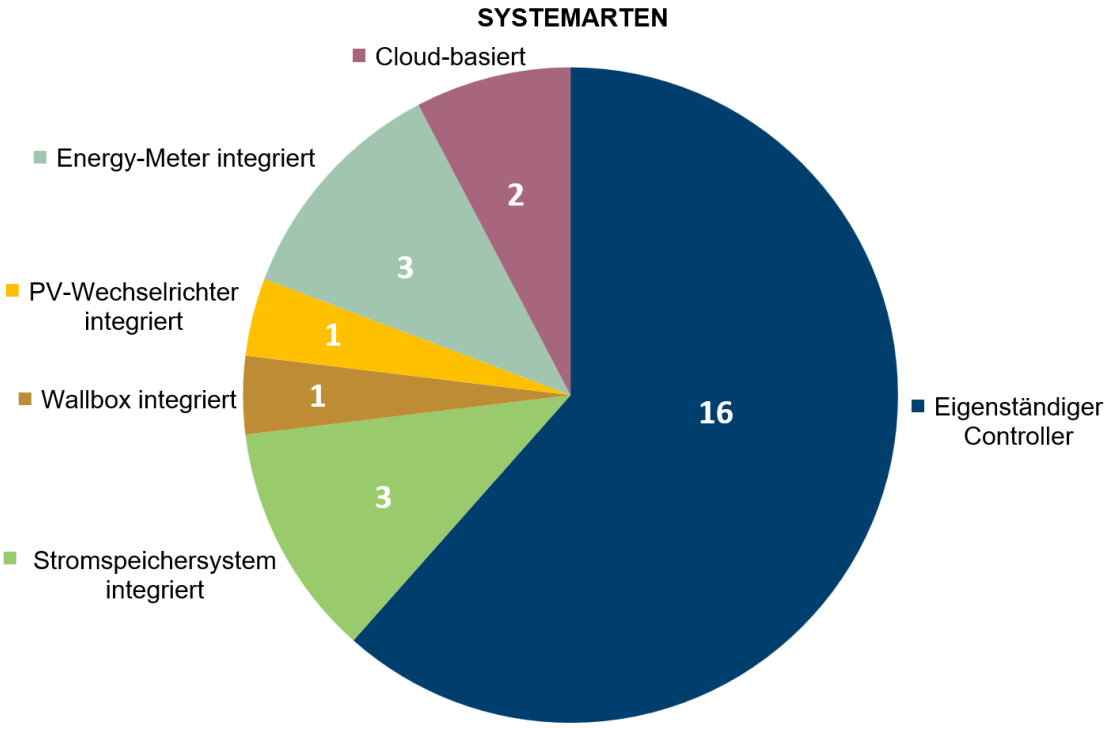

Abbildung 6 Unterscheidung der Systemarten von HEMS.

Generell lassen sich HEMS in hardwarebasierte (24 HEMS) und cloud-basierte Systeme (2 HEMS) differenzieren. Bei cloud-basierten Systemen ist keine Anschaffung von Hardware notwendig. Unabhängig davon muss bei Bedarf ein Energy-Meter installiert werden. Die hardwarebasierten HEMS können wiederum in „eigenständige Controller“ und „integrierte Systeme“ gruppiert werden. Dabei bilden zum jetzigen Zeitpunkt eigenständige Controller mit 16 der 26 HEMS (62%) die klare Mehrzeit (vgl. Abbildung 6). Mit immer mehr Internet of Things (IoT)-Geräten könnten cloud-basierte Varianten an Bedeutung gewinnen. Insgesamt haben alle Systeme Vor- und Nachteile, welche in der Anschaffung mitbedacht werden sollten: Neu- oder Bestandsinstallation, langfristige Nutzbarkeit, Nachrüstbarkeit, Skalierbarkeit, Updatefähigkeit, Ausfallsicherheit.

3.4 Integration von Flexibilitäten

Die folgende Auswertung zeigt, welche flexiblen Verbrauchseinrichtungen durch HEMS aktuell und zukünftig gesteuert werden können. Das Kriterium „ja“ wird erfüllt, sobald das HEMS die jeweilige flexible Verbrauchseinrichtung unabhängig vom Hersteller steuern kann. Die Auswertung für die kombinierte Steuerung von mehreren flexiblen Verbrauchseinrichtungen in einem HEMS folgt in Abbildung 8. Bei der Betrachtung des Stromspeichersystems muss unterschieden werden, ob dieser durch das HEMS aktiv gesteuert oder nur integriert werden kann. Die aktive Steuerung bedeutet,

dass das HEMS die Be- und Entladung des Stromspeichersystems steuern kann. Von einer (passiven) Integration spricht man, wenn das Stromspeichersystem ausgelesen und überwacht, jedoch nicht gesteuert werden kann.

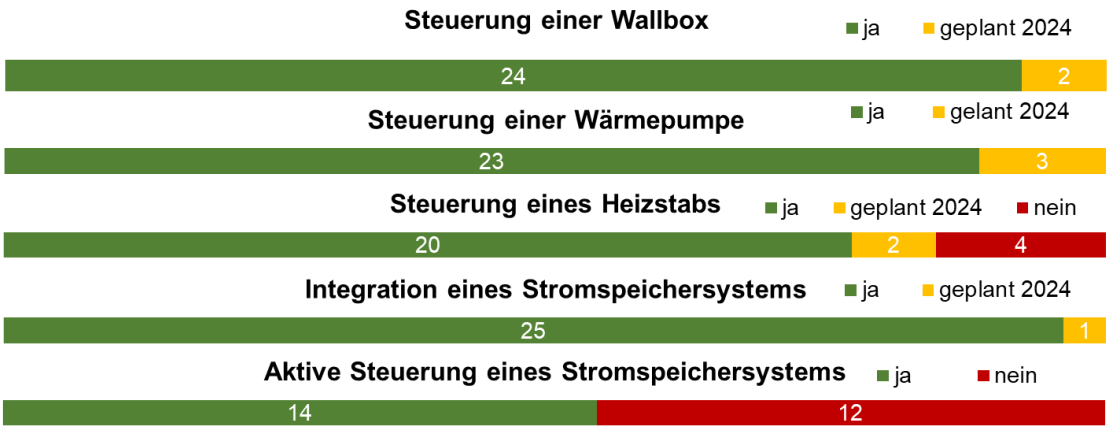

Abbildung 7 Übersicht der gerätespezifischen Integration von flexiblen Verbrauchseinrichtungen im HEMS.

Die Steuerung von Wallbox oder Wärmepumpe ist heute bereits in 24 (bzw. 23) der 26 HEMS und perspektivisch von allen HEMS erfüllt. Die Steuerung eines Heizstabs kann ebenfalls durch viele HEMS erfolgen. Abbildung 7 zeigt, dass sich HEMS bei Stromspeichersystemen zwischen der Integration (passiv) und aktiver Steuerung unterscheiden. Somit lässt sich schlussfolgern, dass alle Hersteller die analysierten flexiblen Verbrauchseinrichtungen in ihrem Konzept verfolgen. Als Gründe für die Herausforderung zur aktiven Steuerung eines Stromspeichersystems nannten die Hersteller Garantie und Verantwortlichkeit bei Defekten und Schäden sowie erforderliche Kooperationen zu den jeweiligen Herstellern von Stromspeichersystemen. Hierbei muss hinzugefügt werden, dass stromspeicher-integrierte HEMS (vgl. Abbildung 6) in dieser Auswertung einen Vorteil haben, da HEMS und Stromspeichersystem vom identischen Hersteller stammen. Aufgrund der besseren Aussagekraft wird im Folgenden die kombinierte Auswertung der steuerbaren Flexibilitäten dargestellt. Die beiden oberen Auswertungen sind ohne Stromspeichersystem. Die beiden unteren Auswertungen sind inklusive einem Stromspeichersystem mit aktiver Steuerung. Dabei finden die Varianten mit einer Wärmepumpe vorzugsweise in sanierten und neueren Gebäuden Anwendung. Wohingegen die Variante mit Heizstab als Erweiterung eines Wärmeerzeugers (bspw. Pellets, Heizöl oder Erdgas) genutzt werden kann.

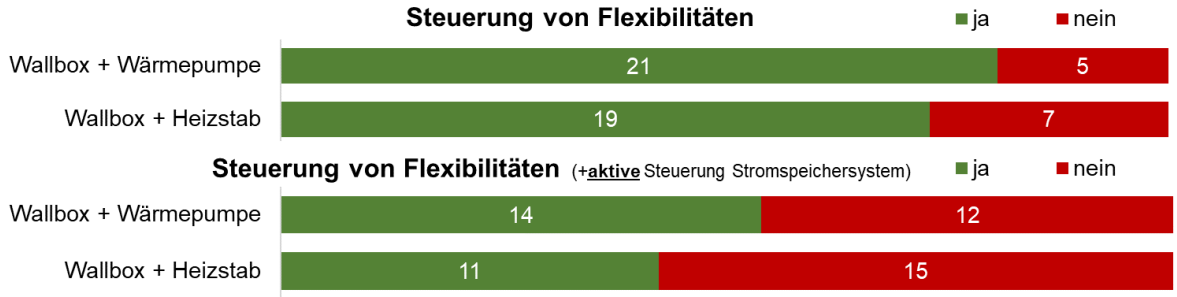

Abbildung 8 Kombinierte Auswertung der Integration von flexiblen Verbrauchseinrichtungen ohne Stromspeichersystem (oberer Teil) und mit aktiver Steuerung eines Stromspeichersystems (unterer Teil).

Die Kombinationen „Wallbox + Wärmepumpe“ und „Wallbox + Heizstab“ ist in 75 % der HEMS integriert. Hingegen zeigt sich bei den Varianten mit aktivem Stromspeichersystem, dass lediglich 14 (54 %) bzw. 11 (42 %) der 26 HEMS eine vollumfassende Variante ermöglichen. Wie bereits in der vorherigen Analyse beschrieben, stellt die aktive Integration eines Stromspeichersystems eine Herausforderung dar. Jedoch stellt sich hier die Frage, welchen Mehrwert ein Stromspeichersystem liefert, wenn bereits der Wärmeerzeuger sowie eine oder mehrere Wallboxen auf den Überschussstrom der Photovoltaikanlage gesteuert werden. Insgesamt muss in dieser Auswertung betont werden, dass hierbei keine herstellerspezifische Kompatibilität berücksichtigt wird. Hinzugefügt werden muss, dass die Integration in das Smart Grid Inhalt der Umfrage war, jedoch auf Grund der gesetzlichen Entwicklungen nur wenig klare Aussagen durch die Hersteller getroffen werden konnten.

3.5 Steuerung der Ladeleistung des BEVs

Die Flexibilität zur Steuerung der Ladeleistung basiert hier auf der Batterie des BEVs. Grundlegend kann der Ladevorgang zeitlich verschoben werden. Hinzu kommt die Möglichkeit zur Anpassung der Ladeleistung an den verfügbaren Überschussstrom aus der PV-Anlage. Dabei kann der Ladestrom entweder über die Wallbox oder über das BEV gesteuert werden. Mit einer Wallbox kann der Ladestrom von 6 bis 16 A (4,2 bis 11 kW) vorgegeben werden. Zusätzlich kann eine Wallbox zwischen 1- und 3-phasigem Laden umschalten und damit die Ladeleistung von 1,4 bis 11 kW einstellen. Die Steuerung des Ladestroms über das BEV erfolgt mittels Einbindung des Application Programming Interfaces (API) des Fahrzeugs. Die Voraussetzungen sind hierbei eine Internetanbindung und eine vorhandene API des BEVs sowie deren Freigabe. Jedoch kann damit lediglich der Ladestrom eingestellt und keine Phasenumschaltung vorgenommen werden. Zu erwähnen ist hier der saldierende Zweirichtungszähler im Eigenheim, welcher ausschließlich die Summe bilanziell insgesamt dann positiv oder negativ für jeden Zeitschritt erfasst. Des Weiteren kann auch der State of Charge (SoC) des BEVs in das HEMS eingebunden werden. Mit der Einbindung des SoCs ergibt sich ein erweitertes Potenzial im Optimierungsalgorithmus des HEMS. Der SoC kann über die Wallbox ausgelesen, mittels der API aus dem BEV abgefragt oder manuell über den Benutzer eingegeben werden. Die Voraussetzungen hierfür sind eine aktive Internetverbindung zum BEV sowie eine verfügbare und freigegebene API des BEVs. Die Abfrage durch die Wallbox setzt eine bidirektionale Kommunikation zwischen Wallbox und BEV (ISO 15118) voraus. Des Weiteren kann bidirektionales Laden, in diesem Kontext Vehicle-to-Home (V2H), das Potenzial eines HEMS erweitern. Jedoch befindet sich der Markt hier noch in einer frühen Phase. Zu unterscheiden sind hierbei AC- und DC-bidirektionale Wallboxen. Hinzu kommt, dass auch das BEV diese Funktion unterstützen muss. In Deutschland waren 2023 nur 4 % der neu zugelassenen BEVs theoretisch rückspeisefähig [1]. Deshalb wurde die Integration einer bidirektionalen Wallbox im HEMS perspektivisch für 2024 sowie 2025 abgefragt. Im Folgenden beziehen sich der mittlere und linke Teil in Abbildung 9 auf die 24 HEMS mit bereits integrierter Wallbox und der rechte Teil auf alle 26 HEMS.

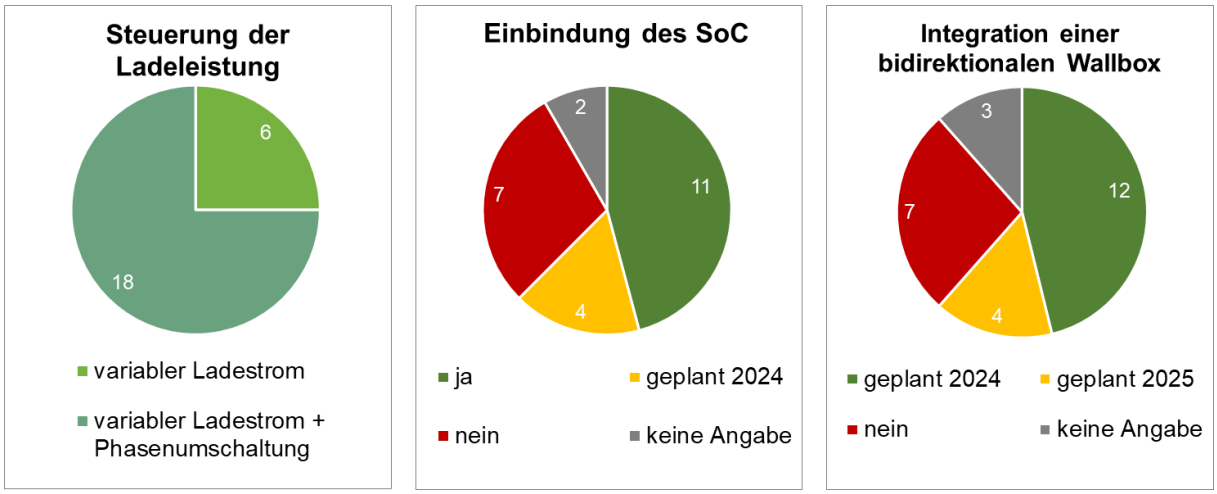

Abbildung 9 Auswertung von Funktionen zur flexiblen Steuerung von Elektrofahrzeugen mit einem HEMS.

Abbildung 9 zeigt links, dass bei 18 der 24 HEMS (75 %) die Ladeleistung sowohl mittels variablem Ladestrom als auch über die Phasenumschaltung erfolgt. Die restlichen 25 % steuern den Ladestrom ausschließlich zwischen 6 und 16 A. Die Einbindung des SoCs in den Optimierungsalgorithmus des HEMS ist derzeit in knapp 11, der 24 der HEMS (45 %), perspektivisch bis Ende 2024 in über 60 % der HEMS integriert. In den Gesprächen zeigte sich außerdem, dass die manuelle Eingabe des SoCs durch den Nutzer nur selten umgesetzt wird. 16 der 26 Hersteller (62%) zielen darauf ab, die Integration einer bidirektionalen Wallbox bis 2025 umgesetzt zu haben. Gegen die Integration einer bidirektionalen Wallbox haben sich aktuell 30 % (7 Stück) ausgesprochen. Zusammengefasst lässt sich erkennen, dass die Steuerung der Ladeleistung zwischen 1,4 und 11 kW durch einen Großteil der HEMS umgesetzt werden kann. Diese Funktion ist speziell für PV-Anlagen mit geringer Leistung relevant. Die automatisierte Einbindung des SoCs ist sowohl mittels Wallboxen als auch mittels APIs neuartig. Dennoch zeigen Hersteller großes Interesse an der Integration. Die Integration von V2H im HEMS ist ebenfalls von Interesse und ermöglicht ein großes Potenzial zur Flexibilisierung. Allerdings äußerten sich HEMS-Hersteller teilweise kritisch, da der Einsatz von bidirektionalem Laden in der Forschung noch stark diskutiert wird und insgesamt am Anfang steht [1].

3.6 Steuerung der Wärmepumpe

Die Steuerung der Wärmepumpe unterscheidet sich zwischen der Betriebsvorgabe (SG Ready) und der Leistungsvorgabe. SG Ready (kurz für Smart Grid Ready) ist ein Label für steuerbare Wärmepumpen mit definierten externen Signalen. Aktuell (Stand 01/2024) hat der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) 146 SG Ready-zertifizierte Wärmepumpen-Hersteller gelistet [2]. Mit einer externen Steuereinheit (bspw. einem HEMS) können die vier Betriebszustände „Blockierter Betrieb“, „Normalbetrieb“, „Einschaltempfehlung“ und „Anlaufbefehl“ mittels zwei potenzialfreier Kontakte aktiviert werden [3]. Für den Optimierungsalgorithmus im HEMS sind die Betriebszustände „Einschaltempfehlung“ sowie „Anlaufbefehl“ von Relevanz. Dagegen können HEMS mit der Funktion „Leistungsvorgabe“ sogenannte Inverter-Wärmepumpen stufenlos in

deren Leistung ansteuern. Ein Vorteil dieser Wärmepumpen ist die variable Anpassung der Leistungsaufnahme der Wärmepumpe an den verfügbaren Überschuss der PV-Anlage. Die folgende Auswertung in Abbildung 10 bezieht sich auf die 23 HEMS, welche aktuelle eine Wärmepumpe steuern können.

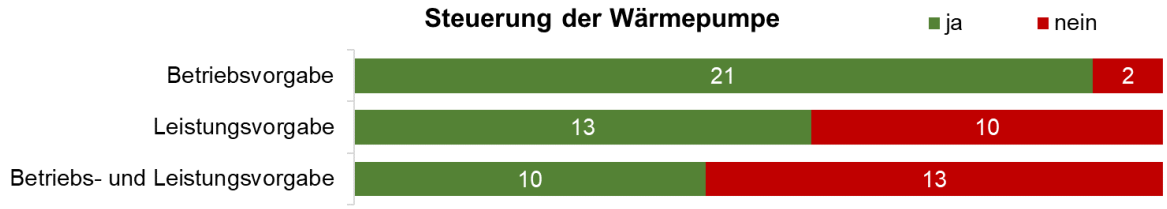

Abbildung 10 Auswertung der Möglichkeiten zur Steuerung von Wärmepumpen mit einem HEMS.

Während 21 der 23 HEMS (91 %) eine Wärmepumpe mittels Betriebsvorgabe steuern können, erfolgt die Steuerung durch Leistungsvorgabe bei 13 HEMS (55%). Sowohl die Betriebs- als auch die Leistungsangabe können derzeit 10 der 23 HEMS. Perspektivisch planen die drei verbleibenden Hersteller zweimal mit der Steuerung mittels der Leistungsvorgabe und einmal mit der Steuerung durch die Leistungs- und die Betriebsvorgabe. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass SG Ready aktuell eine wichtige Rolle bei der Integration von Wärmepumpen in das HEMS spielt. Mögliche Gründe dafür sind die einfache Umsetzung durch zwei Relais sowie das Förderkriterium von Wärmepumpen zur netzdienlichen Steuer [4], welche durch SG Ready erfüllt wird. Dennoch zielen ebenfalls über 60 % der HEMS-Hersteller darauf ab, die Leistungsvorgabe bis Ende 2024 integriert zu haben.

3.7 Herstellerabhängigkeit

Das Thema Herstellerabhängigkeit stellt für Installateure und Verbraucher eine Herausforderung dar. Dabei ist das Zusammenspiel aus HEMS und kompatiblen flexiblen Verbrauchseinrichtungen aktuell von System zu System individuell. Im aktuellen Idealfall stellt der HEMS-Hersteller eine Kompatibilitätsliste mit allen kompatiblen Geräten bereit. In der Realität zeigt sich, dass viele Hersteller Kompatibilitätslisten bereitstellen, diese oftmals aber nicht aktuell sind und aufgrund ihrer Individualität mühsam in der Auswertung sind. Ein Gesamtüberblick für alle Geräte ist daher nahezu unmöglich. Da für diese Systeme bislang keine Klassifizierung vorliegt, wird diese wie folgt festgelegt: HEMS können in herstelleroffene und herstellergebundene (proprietäre) Systeme eingeteilt werden. Für diese Marktübersicht wird dies (1) gerätespezifisch und (2) systemübergreifend analysiert (vgl. Abbildung 11).

(1) Gerätespezifisch: Die Einteilung in herstelleroffen oder herstellergebunden wird für jede flexible Verbrauchseinrichtung im HEMS einzeln betrachtet. Wenn nur ein Hersteller (meist der eigene) gesteuert werden kann, erfolgt die Einstufung als herstellergebunden. Sobald mehr als ein Hersteller eingebunden werden kann, ist das HEMS für die jeweilige flexible Verbrauchseinrichtung herstelleroffen.

(2) Systemübergreifend: Die Einteilung in herstelleroffen oder herstellergebunden wird für das gesamte HEMS, übergreifend für alle flexiblen Verbrauchseinrichtungen und das notwendige Energy-Meter betrachtet. Sobald eines der genannten Geräte nur von

einem Hersteller gesteuert werden kann, wird das HEMS als herstellergebunden eingestuft. Erst wenn für alle flexiblen Verbrauchseinrichtungen und dem Energy-Meter mindestens zwei Hersteller genutzt werden können, wird das HEMS als herstelleroffen eingestuft. Zu beachten ist hierbei die Auswertung für die Wärmepumpe. Da SG Ready auf der Steuerung mittels zwei potenzialfreier Kontakte basiert, wird das HEMS in Bezug auf die Wärmepumpe automatisch als herstelleroffen eingestuft, sobald das HEMS SG Ready integriert hat. Des Weiteren ist zu beachten, dass alle „integrierten Systeme“ aus 3.3 Systemarten in der systemübergreifenden Auswertung als herstellergebunden eingestuft werden. Da nicht alle HEMS alle flexiblen Verbrauchseinrichtungen integrieren können, erfolgt die gerätespezifische Auswertung in relativen Zahlen.

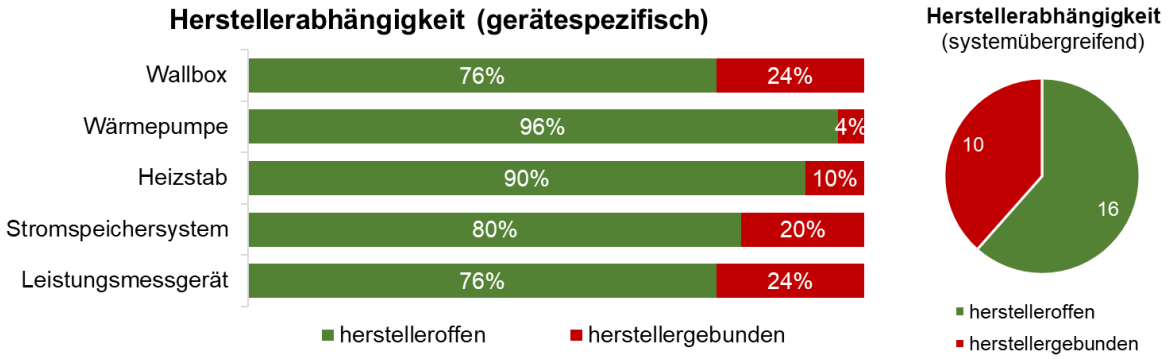

Abbildung 11 Übersicht zur Herstellerabhängigkeit von HEMS mit gerätespezifischer Auswertung (links) und systemübergreifender Auswertung (rechts).

Die Wärmepumpe erreicht in der gerätespezifischen Auswertung für „herstelleroffen“ einen Wert von 96 %. Einen ähnlich hohen Wert (90 %) erreicht der Heizstab, da dieser ebenfalls bei vielen Herstellern mittels Relais gesteuert werden kann. Die weiteren Geräte erreichen Werte zwischen 76 und 80 % für „herstelleroffen“. Hingegen werden bei der systemübergreifenden Auswertung rund 60 % der HEMS als „herstelleroffen“ eingestuft. Der Vorteil bei herstellergebundenen Systemen ist der einfachere Überblick zur Kompatibilität und die Möglichkeit zur besseren Integration von Geräten durch den Hersteller. Dennoch bieten sich solche Systeme nur bei umfassenden Neuanschaffungen an. Bereits heute und auch zukünftig werden die Geräte in Haushalten aus einem Mix von Herstellern bestehen, was zwingend herstelleroffene HEMS erfordert. Bei den hier analysierten 60 % herstelleroffenen HEMS muss hinzugefügt werden, dass auch diese nur ihre spezifisch kompatiblen Geräte einbinden können, da generell keine standardisierte Kommunikation vorliegt.

3.8 Schnittstellen und Kommunikation

Im Folgenden wird analysiert, wie die Systeme aktuell miteinander kommunizieren. Die Kommunikation zwischen HEMS und flexiblen Verbrauchseinrichtungen unterliegt aktuell keinem Standard. Dies begründet die wesentliche Herausforderung der Kompatibilität zwischen den Systemen. Das Modbus-Protokoll, via TCP/IP (kurz TCP) und RTU, ist nicht standardisiert. Einige Hersteller von flexiblen Verbrauchseinrichtungen veröffentlichen deren Modbus-Register, sodass HEMS-Hersteller diese ohne eine erforderliche Kooperation etc. integrieren können. Dennoch ist die Implementierung ein

individueller Vorgang. Einen nicht-proprietären und freiwillig integrierbaren Standard zur Kommunikation rund um das HEMS bietet das EEBus-Protokoll [5]. Die Weiterentwicklung für diesen Standard erfolgt mittels Working-Groups aus den verschiedenen Branchen wie z. B. Photovoltaik und Speicher, Heizung, Lüftung und Klimatisierung sowie der Elektromobilität. Ein weiterer offener und nicht-proprietärer Standard ist das Open Charge Point Protocol (OCPP) [6], jedoch ist das Anwendungsprotokoll auf die Elektromobilität fokussiert. Des Weiteren wurde abgefragt, ob die HEMS-Hersteller eine API, meist Customer-API, integrieren können. Dies wurde allgemein, ohne Fokus auf die Kommunikation mit steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, abgefragt. Eine Voraussetzung dafür ist eine bestehende Internetverbindung. Mit steigender Anzahl an IoT-Devices gewinnt die Nutzung von APIs immer mehr an Aufmerksamkeit. Bereits heute sind einige BEVs, Wärmepumpen und Stromspeichersysteme mit einer sogenannten Customer-API ausgestattet.

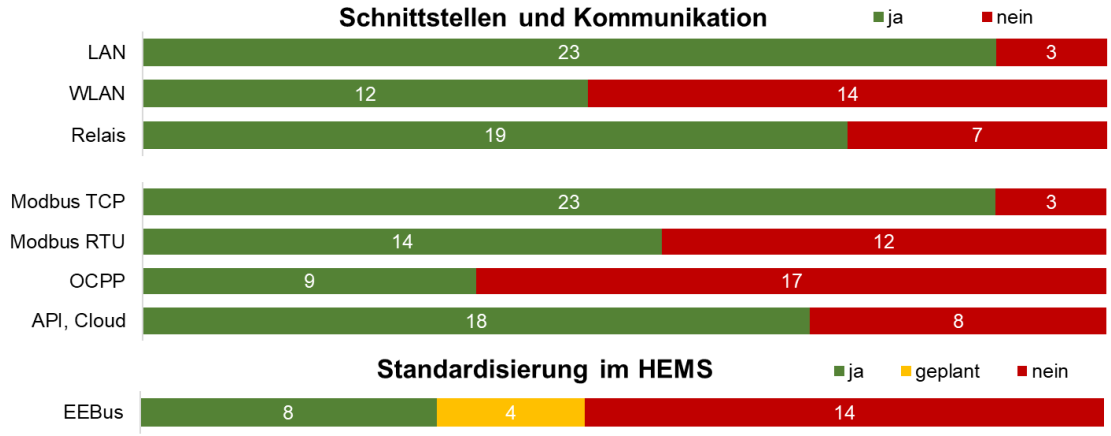

Abbildung 12 Auswertung der in HEMS integrierten Schnittstellen und Protokolle.

Abbildung 12 zeigt, dass 23 der 26 HEMS (88 %) eine LAN-Schnittstelle integriert haben und 19 der 26 HEMS (73 %) mit Relais ausgestattet sind oder Relais steuern können. Bei den Protokollen wird in erster Linie Modbus TCP eingesetzt. Die Integration einer API ist derzeit in 18 der 26 HEMS (knapp 70 %) umgesetzt. EEBus ist derzeit bei 8 der 26 HEMS (31 %) integriert. Bis Ende 2024 wollen insgesamt 12 der 26 HEMS (46 %) EEBus integriert haben. Insgesamt zeigt sich, dass fast alle Hersteller auf die LAN-Schnittstelle und Modbus TCP setzen. Alternativen wie beispielsweise BACnet, M-Bus oder ZigBee und Z-Wave spielen bei HEMS aktuell eine untergeordnete oder keine Rolle. Eine generelle Änderung könnte die Entwicklung bei der Nutzung von APIs mit sich bringen. Einerseits setzen zwei der 26 HEMS ausschließlich auf die Kommunikation via API (siehe 3.3 Systemarten). Auf der anderen Seite bietet die Einbindung von APIs relevante Datenpunkte wie beispielsweise den SoC des BEVs, die Wettervorhersage oder den Spotmarktpreis. Die Integration einer standardisierten Kommunikation, wie beispielweise durch EEBus, stellt sowohl für die Hersteller von HEMS und flexiblen Verbrauchseinrichten als auch für Installateure und Verbraucher Vorteile dar. Voraussetzung hierzu ist die beidseitige Unterstützung des freiwilligen Standards durch die Hersteller. Insgesamt muss erwähnt werden, dass eine einfache praktische Umsetzung für die Akzeptanz beim Verbraucher einen zentralen Aspekt darstellt.

3.9 Kostenoptimierung

Ein zentraler Treiber bei der Anschaffung eines HEMS ist für Verbraucher die Reduzierung der Energiekosten [7]. Im Folgenden werden die Möglichkeiten zur Kostenoptimierung im HEMS-Algorithmus analysiert. Einerseits können HEMS den PV-Eigenverbrauch des Gebäudes optimieren. Andererseits können die flexiblen Verbrauchseinrichtungen mit einem HEMS auf variable Stromtarife gesteuert werden. Eine Kombination beider Möglichkeiten ist ebenfalls möglich, erfordert jedoch einen komplexeren Optimierungsalgorithmus.

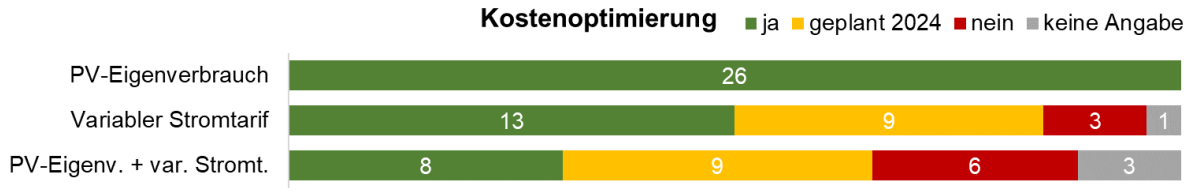

Abbildung 13 Auswertung der Integration von Möglichkeiten zur kostenoptimierten Steuerung von flexiblen Verbrauchseinrichtungen.

Die Optimierung des PV-Eigenverbrauchs ist aktuell in allen HEMS integriert. Hingegen können derzeit nur 50 % (13 der 26 HEMS) einen variablen Stromtarif integrieren. Allerdings planen 22 der 26 HEMS-Hersteller (85 %) eine Integration bis Ende 2024 (vgl. Abbildung 13). Die Kombination beider Varianten ermöglichen derzeit nur 8 der 26 HEMS (31 %), bis Ende 2024 dann voraussichtlich 17 der 26 HEMS (65 %). Es zeigt sich, dass die Integration von PV-Überschuss als Status quo gesehen werden kann. Ebenfalls hoch ist die Integration von variablen Tarifen bis Ende 2024. Zu beachten ist, dass bislang wenige Energieversorger variable Tarife auf dem Markt haben. Jedoch ist dieser Markt in den vergangenen Monaten ebenfalls rasant gewachsen. Ein weiterer relevanter Aspekt ist die praktische Umsetzung dieser Tarife. Die Abrechnung erfordert sowohl die Erfassung des Stromverbrauchs in stündlicher Auflösung als auch die dazugehörigen stündlichen Strompreise. Die Übermittelung des stündlichen Stromverbrauchs vom Verbraucher hin zum Energieversorger erfordert ein beim Verbraucher installiertes Smart Meter. Da einerseits bislang nur wenige Smart Meter in Deutschland verbaut sind, setzt ein Hersteller auf eine Zwischenlösung mittels optischen Lesekopfs zur Übermittelung der Energiedaten. Hinzu muss erwähnt werden, dass Energieversorger ab 01.01.2025 einen dynamischen Stromtarif anbieten müssen [8].

3.10 Prognose

Die Steuerung von flexiblen Verbrauchern auf die erneuerbare Erzeugung ist eine zentrale Herausforderung der Energiewende. Dabei ist sowohl der aktuelle Zeitpunkt als auch die Zukunft seitens Erzeugung und Verbrauch von Relevanz. Durch die Integration von Prognosen in einem HEMS kann der Algorithmus die flexiblen Verbrauchseinrichtungen vorausschauender planen und steuern. Dabei können Prognosen sowohl bei der Erzeugung als auch im Verbrauch eingesetzt werden. Somit lassen

sich HEMS in regel- und prognosebasierte Systeme einteilen. Die Prognose von PV-Anlagen ist im größeren Stil bereits üblich [9]. Hingegen sind Lastprognosen aufgrund ihrer Individualität und des Einflussfaktors „Mensch“ deutlich komplexer. In der ersten Auswertung wurde abgefragt, ob allgemein eine Prognose im HEMS integriert ist. In Abbildung 14 (unten) ist die Art der Prognose dargestellt. „PV-Erzeugungsprognose“ bedeutet, dass die PV-Prognose aktiv im HEMS-Algorithmus integriert ist. „Lastprognose Strom allgemein“ bedeutet, dass der Stromverbrauch aller Verbraucher im Gebäude prognostiziert und im Algorithmus integriert werden kann. „Lastprognose Strom nach Verbrauchern“ bedeutet, dass die Großverbraucher Wärmepumpe und Wallbox einzeln prognostiziert und im Algorithmus integriert werden können. „Lastprognose Wärmebedarf“ bedeutet, dass der Wärmebedarf des Gebäudes prognostiziert und im Algorithmus integriert werden kann. Die folgende Auswertung „Art der Prognose“ (Abbildung 14 unten) bezieht sich hierbei ausschließlich auf die Systeme mit aktuell integrierter Prognose.

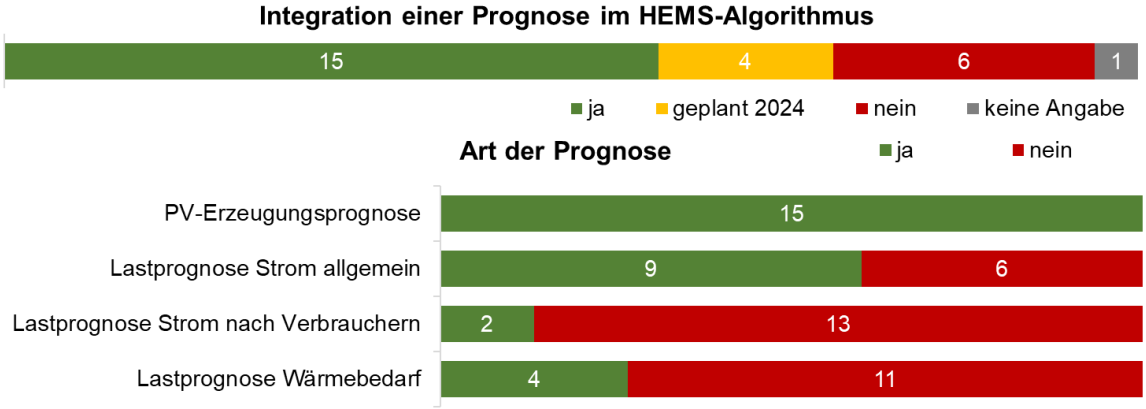

Abbildung 14 Auswertung und Analyse von in HEMS integrierten Prognosen.

Aktuell sind 15 der 26 HEMS (58 %) prognosebasierte Systeme. Bis Ende 2024 planen insgesamt 19 der 26 der Hersteller (73%) mit der Integration einer Prognose. Bei der Art der Prognose unterscheiden sich die Systeme. Dabei ist die PV-Erzeugungsprognose in allen Systemen integriert. Hingegen ist eine Lastprognose für Strom (allgemein) nur in 9 der 15 (60 %) Systeme integriert. Die beiden noch spezifischeren Abfragen „nach Verbrauchern“ und „Wärmebedarf“ sind nur in zwei bzw. vier Systemen integriert. Einerseits zeigt das Thema Prognose bei Herstellern einen hohen Stellenwert. Auf der anderen Seite stellt sich die Frage, welchen Mehrwert Prognosen bieten und welchen Einfluss mögliche Fehlprognosen verursachen können.

3.11 Anschaffungskosten

Da ein grundlegendes Ziel von HEMS die Reduzierung der Energiekosten darstellt, ist der Kostenaufwand für ein HEMS ein maßgebender Aspekt. In Abbildung 15 werden dafür die Anschaffungskosten und mögliche Zusatzkosten betrachtet. Die Auswertung der Anschaffungskosten (Abbildung 15 oben) bezieht sich hierbei auf 17 HEMS. Dabei sind die acht „integrierten Systeme“ (siehe 3.3 Systemarten) ausgeschlossen. Ein weiterer Hersteller machte keine Abgabe. Die Kosten für die Installation und Inbetriebnahme sowie für das notwendige Energy Meter sind hierbei ausgeschlossen.

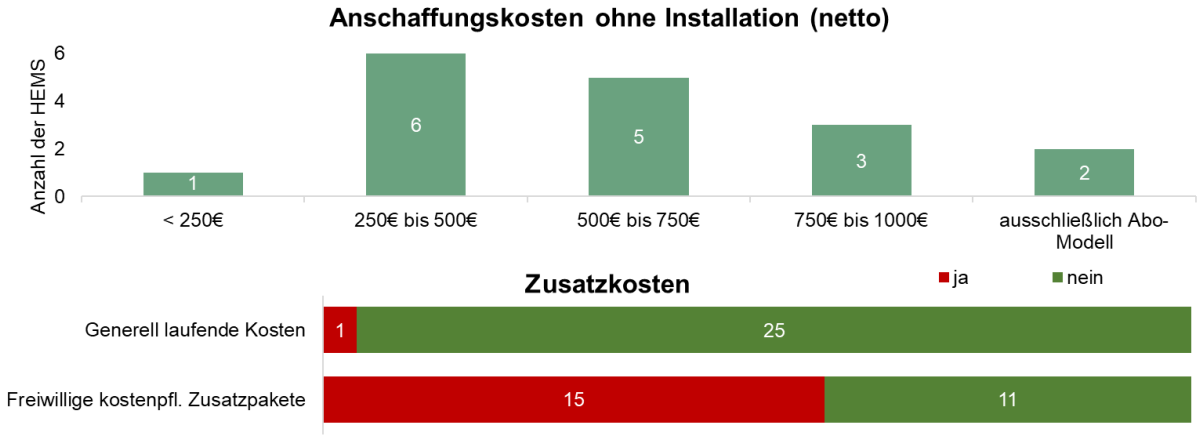

Abbildung 15 Auswertung der Anschaffungs- und Zusatzkosten von HEMS.

Die Anschaffungskosten für ein controller-basiertes HEMS liegen bei maximal 1000 €, netto. Dabei liegen 11 der 17 HEMS (65 %) in einem Bereich von 250 € bis 750 €. Die beiden cloud-basierten HEMS sind ausschließlich als Abo-Modell erhältlich. Hierbei liegen die Kosten zwischen 0 € und 8 € pro Monat. Bei den Zusatzkosten zeigt sich, dass bei 1 der 26 HEMS generell laufende Zusatzkosten hinzukommen. Freiwillige kostenpflichtige Zusatzpakete wie zusätzliche Lizenzen für Wallboxen oder Zugriff auf historische Daten können bei 15 HEMS dazugebucht werden.

4. Fazit

In diesem Beitrag wurde erstmalig ein umfassender Marktüberblick für HEMS in Deutschland entwickelt. Der junge Markt zeichnet sich durch Vielfalt und individuelle Umsetzungsstrategien aus, mit zahlreichen geplanten Entwicklungen. Dies zeigt sich besonders hinsichtlich der Integration des BEVs bzw. der Wallbox und der Kompatibilität der Systeme. Die Kommunikation zwischen den Systemen wird von einem nicht standardisierten (Modbus TCP) und einem standardisierten Protokoll (EEBus) dominiert, wobei die Entwicklung der Kommunikation mit flexiblen Verbrauchseinrichtungen in Bezug auf diese Studie offen ist. Insgesamt lässt sich auf ein großes Potenzial für weitergehende Forschung und Entwicklung schließen. Zur Vereinfachung der praktischen Umsetzung von HEMS wird unter anderem mit den Ergebnissen dieser Umfrage eine Datenbank für HEMS entwickelt (https://www.campus-feuchtwangen.de/de/forschung/HEMS). Des Weiteren ist geplant, die Umfrage in einem jährlichen Zyklus zu wiederholen.

Literaturverzeichnis

[1] Schmidt, Leonie; Waxmann, Niko; Reichert, Daniel; Boesche, Katharina Vera (2023): Bidirektionales Laden in Deutschland. Online verfügbar unter https://issuu.com/nrw_energy4climate/docs/potenzialanalyse_bidirektionales_laden_final, zuletzt geprüft am 21.01.2024.
[2] Bundesverband Wärmepumpen: SG Ready-Datenbank. Hg. v. Bundesverband Wärmepumpen. Online verfügbar unter https://www.waermepumpe.de/normen-technik/sg-ready/sg-ready-datenbank/, zuletzt geprüft am 21.01.2024.
[3] Bundesverband Wärmepumpen: SG Ready-Label Wärmepumpen im Smart Grid. Hg. v. Bundesverband Wärmepumpen. Online verfügbar unter https://www.waermepumpe.de/normen-technik/sg-ready/, zuletzt geprüft am 21.01.2024.
[4] Bundesministerium der Justiz (2023): Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude -Einzelmaßnahmen, vom BAnz AT 29.12.2023 B1.
[5] EEBus Initiative e.V. Online verfügbar unter https://www.eebus.org/our-work/, zu letzt geprüft am 21.01.2024.
[6] Open Charge Alliance. Online verfügbar unter https://www.openchargealliance.org/protocols/ocpp-201/, zuletzt geprüft am 21.01.2024.
[7] Klinger, Annalena (2018): Self-consumption of solar electricity - Modelling profitability and market diffusion photovoltaics and battery systems in the residential sector. Dissertation. Technische Universität München.
[8] Bundestag (2023): Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende.
[9] Next Kraftwerke GmbH: Sonnige Aussichte - Gute Solar Prognosen. Online verfügbar unter https://www.next-kraftwerke.de/energie-blog/sonnige-aussichten, zuletzt geprüft am 21.01.2024.

View publication stats