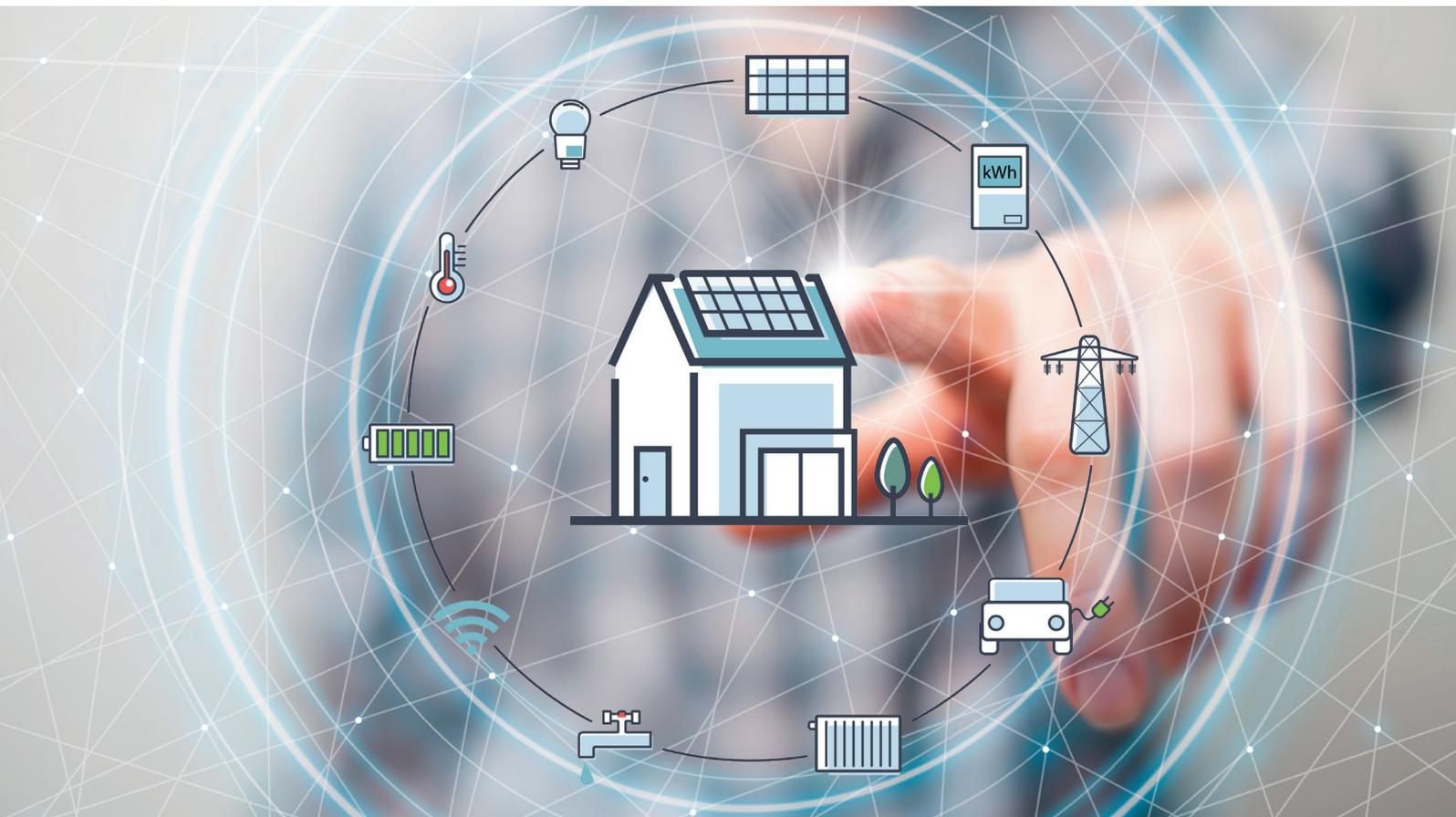


HEA

Fachgemeinschaft für
effiziente Energieanwendung e. V.



Energiemanagementsysteme

Impressum

Herausgeber:

HEA – Fachgemeinschaft
für effiziente Energieanwendung e. V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin

Fachliche Bearbeitung:

Prof. Dr.-Ing. Viktor Grinewitschus
Dipl.-Ing. (FH) David Reiners, M.Sc.
Florian Felix Sehr, M.Sc.
EBZ Business School GmbH
Springorumallee 20
44795 Bochum

Bildnachweis:

Hager (S. 8), KB3/adobestock.com (S. 17), Iren Moroz/
adobestock.com (Titel), Stanisic Vladimir/adobestock.
com (S. 7)

1. Auflage Januar 2023

© HEA 2023

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung. Die gesamte Broschüre oder Teile der Broschüre dürfen in jeglicher Form nicht ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert, vervielfältigt oder verbreitet werden. Trotz größtmöglicher Sorgfalt bei der Bearbeitung der Broschüre ist jegliche Haftung für Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts ausgeschlossen.

Inhalt

Einleitung	4
1 Energiemanagementsysteme in Wohngebäuden	5
1.1 Aufgaben von Energiemanagementsystemen	6
2 Planung eines Energiemanagementsystems	7
2.1 Die richtigen Fragen stellen	7
2.2 Anforderungen an die Gebäudeinfrastruktur und technische Besonderheiten	8
2.2.1 Anforderungen an die Installation	8
2.2.2 Kommunikation	8
2.2.3 Energiemessung	8
2.2.4 Energiemanagementsysteme im Neubau	9
2.2.5 Energiemanagementsysteme im Bestand	9
2.2.6 Grundsatzfragen der Software	9
2.3 Marktübersicht eigenständiger Energiemanagementzentralen	10
3 Optimierung der Eigenstromnutzung in der Praxis	12
3.1 Ausgangslage: PV-Anlage ohne HEMS	12
3.2 PV-Anlage mit Batteriespeicher und Energiemanagementsystem	13
3.3 PV-Anlage mit Batteriespeicher und Lastverschiebung	14
3.4 SG Ready-Wärmepumpen	14
3.5 Elektromobilität: Optimierung der Eigenstromnutzung durch ein Energiemanagementsystem	15
3.5.1 Ungeregeltes/ungesteuertes Laden des Elektroautos	16
3.5.2 Solarer Ladevorgang	16
3.6 Zusammenfassung der Anwendungsfälle	16
3.7 Beispielhafte Energieflüsse in einem Neubau	17
4 Ausblick	18
5 Anhang Dokumentationshilfen	19

Einleitung

Das Bundes-Klimaschutzgesetz sieht vor, dass in Deutschland bis 2045 ein klimaneutraler Gebäudebestand unter Gewährleistung von Versorgungssicherheit und Netzstabilität erreicht wird. Zudem soll bis 2030 der Anteil regenerativ erzeugten Stroms auf 80 Prozent steigen. Das Erreichen dieser Ziele und das Voranschreiten der Energiewende hängen dabei maßgeblich von Erzeugung, Speicherung und Nutzung Erneuerbarer Energien ab.

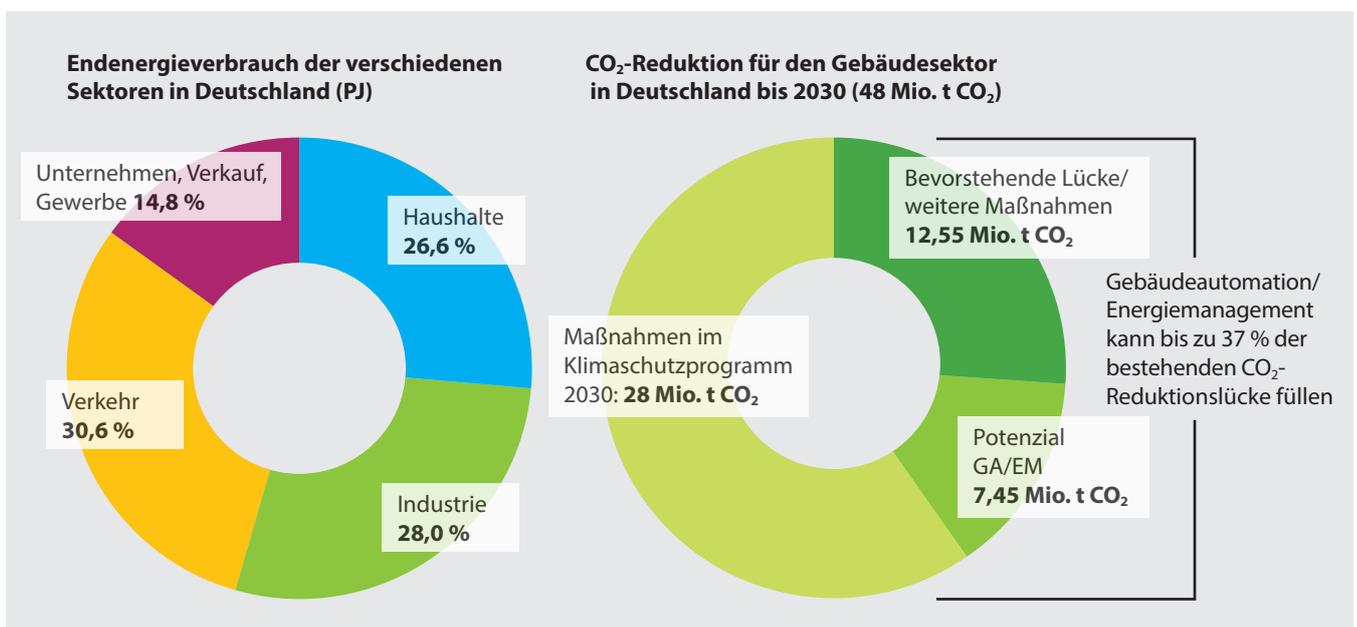
Für eine erfolgreiche Energiewende werden neben intelligenten Netzen auch intelligente Gebäude benötigt. Energiemanagementsysteme (Home Energy Management System, HEMS) ermöglichen die effiziente Nutzung dezentral erzeugter, volatiler Erneuerbarer Energien im Gebäude sowie die Integration, Vernetzung und Steuerbarkeit von Gesamtlösungen auf Basis moderner Technologien. Durch eine Entkopplung der Energieerzeugung und -nutzung werden Lastspitzen geglättet, die Eigenstromnutzung erhöht und dadurch Verteilnetze entlastet. Energiemanagementsysteme verarbeiten die Informationen über Energieerzeugung, -verbrauch

und -speicherung und können so den Energieeinsatz, z. B. für die Wärmeerzeugung oder die Aufladung des Elektroautos, steuern.

Damit alle Stromverbraucher, Anlagen und technische Komponenten im Gebäude effizient miteinander arbeiten, ist es unerlässlich sie gesamtheitlich als System zu betrachten und zu vernetzen. Wichtig ist auch im Blick zu haben, dass die elektrische Gebäudetechnik und die Hauswärmetechnik immer enger zusammenwachsen. Bei der Installation ist deshalb ein gewerkeübergreifendes Konzept notwendig, das beide Seiten zu einer Gesamtlösung verknüpft. Dies erfordert ein hohes Maß an Informationsaustausch und gegenseitigem Verständnis bei allen Beteiligten.

Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Fachinformation eine Hilfestellung bieten und die Möglichkeiten einer smarten Vernetzung unterschiedlicher Technologien wie Photovoltaikanlage, Stromspeicher, Wärmepumpe und Elektroauto aufzeigen.

Abbildung 1: Darstellung von CO₂-Einsparung durch Gebäudeautomation und Energiemanagement (Quelle: Wirtschaftsinitiative Smart Living, 2021)



1 Energiemanagementsysteme in Wohngebäuden

Energiemanagementsysteme im Sinne der vorliegenden Fachinformation haben ihren Ursprung im industriellen Sektor. Mit Einführung der ISO-Norm 50001 „Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“ wurde 2011 der Begriff „Energiemanagementsystem“ mit dem Ziel etabliert, relevante Energieströme in Produktionsprozessen zu erfassen. Anhand dieser gesammelten Informationen sollten Prozesse energieeffizienter ausgestaltet werden.

zumeist vollständig in das Netz eingespeist. Eine eigene Nutzung des erzeugten Stroms war aufgrund des niedrigen Preises für den Netzbezug und der hohen Einspeisevergütung wirtschaftlich unattraktiv.

Die Einspeisevergütung für neu installierte Anlagen wurde in den Jahren 2008 bis 2014 von ca. 50 Cent/kWh auf etwa 12 Cent/kWh abgesenkt, um günstigere Anschaffungspreise von PV-Anlagen in der Einspeisevergütung abzubilden.

Historische Entwicklung EEG-Vergütung und Strompreis von 2008 bis 2018

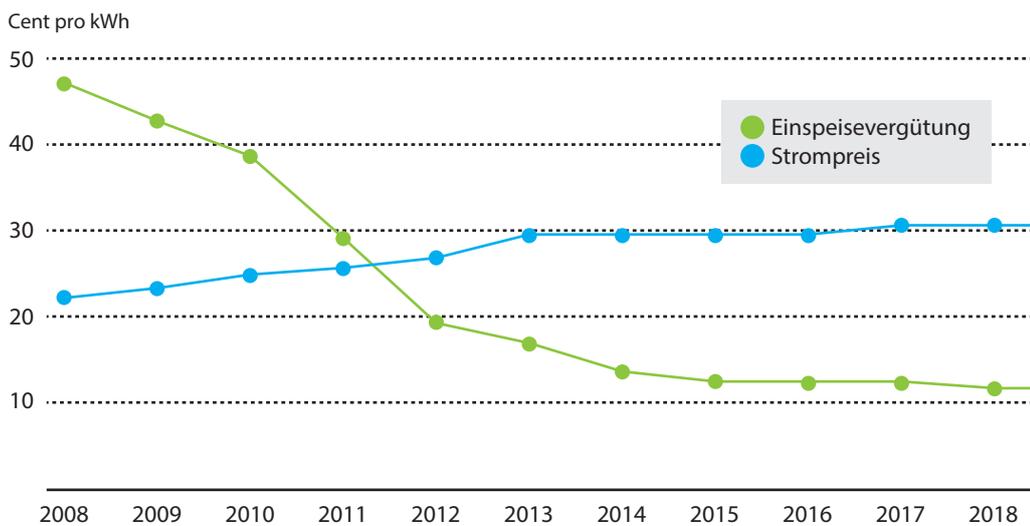


Abbildung 2: Entwicklung EEG-Vergütung und Strompreis (Quelle: <https://www.polarstern-energie.de>)

Für klassische Wohngebäude spielten Energiemanagementsysteme oder englisch abgekürzt HEMS (Home Energy Management System) in der Vergangenheit eine eher untergeordnete Rolle, da Haushalte als „reine Verbraucher“ mit fixen Stromtarifen agierten. Auch der breite Hochlauf von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) in den frühen 2000er Jahren änderte daran wenig: Durch hohe Einspeisevergütungen stellte sich die Frage der Nutzung des selbst erzeugten Stroms nicht, dieser wurde

Im gleichen Zeitraum stieg der Preis für netzbezogenen Strom. Diese Konstellation führte um das Jahr 2011 zu einem sogenannten „Break-even“: Der Preis pro Kilowattstunde netzbezogenen Stroms war ab diesem Zeitraum höher als die Einspeisevergütung für die Kilowattstunde Strom aus der Eigenerzeugung. Das ist auch heute noch so und deshalb ist es nach wie vor wirtschaftlicher, den selbst erzeugten

Strom direkt im Haus zu nutzen – zum Beispiel zum Laden des Elektroautos, aber auch für den Betrieb der Waschmaschine und anderer elektrischer Geräte.

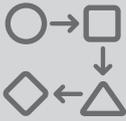
1.1 Aufgaben von Energiemanagementsystemen

Aufgrund der stark gesunkenen Einspeisevergütung wollen Bauherren oder Sanierungswillige, die sich für ein HEMS interessieren, zumeist möglichst viel vom selbst erzeugten PV-Strom im eigenen Haus verbrauchen. Hierbei spielen automatisierte HEMS eine zentrale Rolle: Da wetter-, tageszeit- und jahreszeitabhängig, ist die Erzeugung von PV-Strom schwankend und kann nicht ausreichend an den Bedarf angepasst werden. HEMS können die Stromnutzung durch verschiebbare Lasten an die nicht verschiebbare Stromerzeugung der PV-Anlage anpassen und somit den Autarkiegrad erhöhen.

Eigenverbrauch

Zur Quantifizierung unterscheidet man zum einen den Begriff „**Autarkie**“, welcher angibt, zu welchem Teil der eigene Strombedarf durch die PV-Anlage gedeckt wird. Zum anderen gibt die „**Eigenverbrauchsquote**“ an, welcher Anteil des selbst erzeugten Stroms selbst genutzt wurde.

Abbildung 3:
Allgemeine Aufgaben
eines HEMS

	<p>Monitoren und Visualisieren von Energieströmen im Haushalt</p>
	<p>Optimales Anpassen von flexiblen Energieverbrauchern an die unflexible Erzeugung Erneuerbarer Energien</p>
	<p>Optimales Anpassen der flexiblen Energieerzeugung an die unflexiblen Energieverbraucher</p>
	<p>Steuerung von elektrischen Speichern</p>
	<p>Reaktion auf Steuersignale von außen (z. B. Berücksichtigung von flexiblen Stromtarifen und abschaltbaren Lasten gemäß §14a EnWG)</p>
	<p>Zukünftig: Teilnahme mit eigenen Erzeugern und Verbrauchern an den Energiemärkten (Strombörse, Regulenergiemarkt)</p>

Neben der Lastverschiebung ist auch das Zwischenspeichern von PV-Strom eine Möglichkeit, den Autarkiegrad zu erhöhen. Dazu werden Batteriespeichersysteme eingesetzt, deren Funktion auch von einem bidirektional ansteuerbaren Speicher des Elektroautos übernommen werden kann.

In der Regel beschränken sich HEMS-Funktionen auf elektrische Energieströme, thermische Energieströme werden von gängigen Systemen nicht direkt erfasst. Sie können jedoch auf elektrisch betriebene Wärmeerzeuger, z. B. eine Infrarot-

HEMS = Smart Home?

Ein HEMS ist Teil eines „Smart Home“. Gerade die wachsende Anzahl smarter Haushaltsgeräte und der steigende Anteil von Vernetzung und Steuerung sprechen für den Einsatz eines HEMS. Smart-Home-Anwendungen können in die Bereiche Komfort, Sicherheit, Gesundheit und Energie unterteilt werden. Viele Anforderungen, die an ein Smart Home gestellt werden, sind daher auf ein HEMS übertragbar.

oder eine andere Stromdirektheizung, oder stromerzeugende Heizungen wie eine Wärmepumpe zugreifen und diese steuern. Die wesentlichen Aufgaben von HEMS sind in Abbildung 3 beispielhaft zusammengefasst.

2 Planung eines Energiemanagementsystems

2.1 Die richtigen Fragen stellen

Die intelligente Vernetzung von Anlagen und Geräten unterschiedlicher Hersteller durch ein HEMS ist komplex und erfordert eine prozessorientierte Planung. Dabei sollten Steuermöglichkeiten und Schnittstellen nicht als gegeben vorausgesetzt werden. In der Planungspraxis stellt die oft noch fehlende Interoperabilität zwischen verschiedenen Geräten und Herstellern die Planenden bereits zu Beginn vor Probleme. Dies ist bei der Planung und Installation einer Anlage unbedingt zu beachten. Der Markt der Komponenten wie Wärmepumpen, Ladestationen und Wechselrichter wächst, genau wie die Zahl der unterschiedlichen Hersteller. Diese bieten meist ein eigenes proprietäres System an, welches ggf. nur begrenzt mit anderen Produkten kombinierbar ist. Daneben gibt es auch Anbieter, deren HEMS auf die Vernetzung von Produkten unterschiedlicher Hersteller ausgelegt sind.

HEMS sind förderfähig!

Der Einbau digitaler Systeme zur energetischen Betriebs- und Verbrauchsoptimierung in Wohngebäuden ist förderfähig. Förderkonditionen und technische Mindestanforderungen sind im Förderprogramm „Einzelmaßnahmen“ der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) zu finden.



Ein erstes Gespräch zwischen Kunde und Auftragnehmer kann auf den folgenden Kernfragen aufbauen:

1. Ziele festlegen
a. Energieeinsparung?
b. Erhöhung des Eigenverbrauchs?
c. Vereinfachte Handhabbarkeit von unterschiedlichen Komponenten und Geräten?
d. Transparenz von Energieverbräuchen und -erzeugung?
e. Soll extern auf das HEMS zugegriffen werden können?
2. Interoperabilität der geplanten oder vorhandenen Installation berücksichtigen
a. Welche Anlagen und Komponenten sind geplant oder bereits verbaut, die in das HEMS integriert werden können?
b. Ist eine geplante oder vorhandene PV-Anlage eine Volleinspeiseanlage oder soll der erzeugte Strom selbst genutzt werden? Wann läuft die Förderung der PV-Anlage aus?
c. Welche Schnittstellen welcher Hersteller sind oder werden verfügbar?
d. Ist für die Erreichung des Ziels eine Anlagenerweiterung oder der Austausch von bestimmten Komponenten möglich?
e. Ist eine eventuell vorhandene Wärmepumpe „Smart-Grid-fähig“, verfügt also über ein SG Ready-Label und kann netzseitig angesteuert werden?
3. Auswahl des passenden HEMS unter Beachtung kompatibler Schnittstellen und softwareseitiger Funktionen

2.2 Anforderungen an die Gebäudeinfrastruktur und technische Besonderheiten

2.2.1 Anforderungen an die Installation

Grundsätzlich stellt ein HEMS keine spezifischen Anforderungen an die Gebäudeinfrastruktur. In der Regel wird der Energiemanagementkontroller im Zählerschrank installiert. Eine Anbindung an den Stromzähler ist in der Regel essenziell für die Aufgaben des HEMS. Ist bereits ein Batteriespeicher installiert, ist der dazugehörige Wechselrichter i. d. R. bereits an den Stromzähler angeschlossen oder ist zusätzlich mit einem eigenen Stromzähler ausgestattet.



Abbildung 4: Energiemanagementkontroller zum Einbau in den Zählerschrank

Moderne Messeinrichtung

Die analogen Zähler, die sogenannten Ferraris-Zähler, sind bis spätestens 2032 vollständig durch moderne Messeinrichtungen zu ersetzen. Eine moderne Messeinrichtung zeichnet sich per Definition durch einen digitalen Zähler ohne Kommunikationseinheit aus. Die Messeinrichtung kann Energieverbrauchswerte der Vergangenheit speichern und tages-, wochen-, monats- oder jahresgenau anzeigen.

2.2.2 Kommunikation

Bei der Installation gilt es darauf zu achten, dass alle Geräte miteinander verbunden werden können – dabei ist insbesondere im Neubau eine kabelgebundene Kommunikation zu bevorzugen. Einige Geräte bieten auch die Möglichkeit per Funk zu kommunizieren, wie der beispielhafte HEMS-Aufbau mit unterschiedlichen Kommunikationskanälen in Abbildung 5 zeigt.

2.2.3 Energiemessung

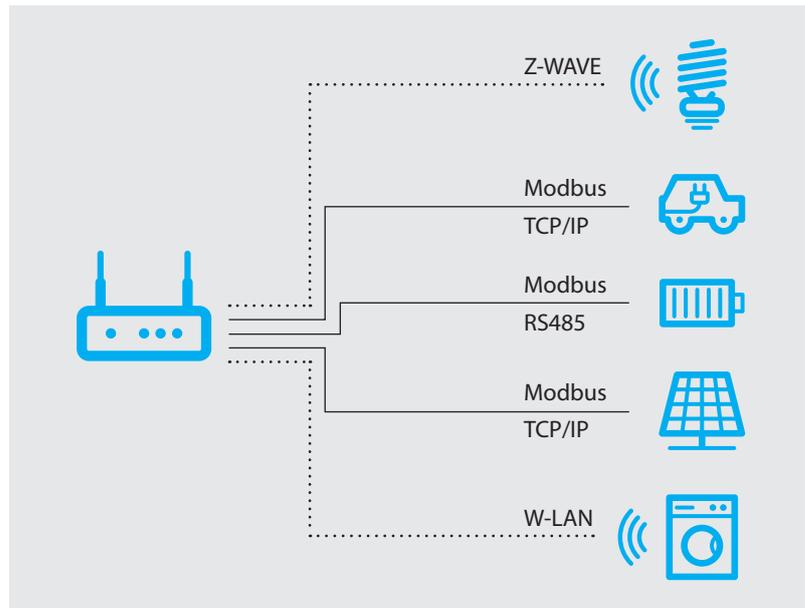
Die Energiemessung ist Grundlage für die Anwendungen in einem HEMS. Angefangen bei der Visualisierung über die Regelung bis hin zur Abrechnung von variablen Tarifen. Mit dem „Smart Meter Rollout“ verfügen Haushalte nach und nach über ein intelligentes Messsystem.

Intelligentes Messsystem

Eine moderne Messeinrichtung, welche mit einer Kommunikationseinheit (Smart Meter Gateway, SMG) ausgestattet wird, wird intelligentes Messsystem (iMSys) genannt. Die Energieverbrauchswerte sind dadurch nicht mehr nur direkt am Gerät selbst, sondern auch durch den Messstellenbetreiber fernauslesbar.

2.2.4 Energiemanagementsysteme im Neubau

Bei der gleichzeitigen Anschaffung unterschiedlicher Komponenten ist sicherzustellen, dass diese eine geeignete Schnittstelle zum späteren HEMS besitzen. HEMS-Anbieter informieren auf ihrer Homepage oder auf Anfrage darüber, welche Endgeräte in das HEMS eingebunden werden können. Die Kommunikation erfolgt meist über Ethernet oder über vieradrige Busverbindungen. Eine detaillierte Auflistung über mögliche Schnittstellen befindet sich in der Marktübersicht in Abbildung 6.



2.2.5 Energiemanagementsysteme im Gebäudebestand

Bei Bestandsinstallationen ist zu berücksichtigen, dass einzelne HEMS-Funktionalitäten (z. B. Ansteuerung von Ladesäulen, Schalten von flexiblen Lasten) unter Umständen bereits in vorhandenen Solar- oder Batteriewechselrichtern integriert sind.

Im Unterschied zu gerätespezifischen HEMS-Funktionalitäten sind eigenständige HEMS-Zentralen meist flexibler und bieten umfangreichere Ansteuerungsmöglichkeiten. Im Falle einer nachträglichen Installation in einem Bestandsgebäude sind kabelgebundene Kommunikationswege häufig nur mit hohem baulichem Aufwand zu realisieren. Sollte aus diesen Gründen ein funkbasiertes System zum Einsatz kommen, muss wiederum sichergestellt werden, dass alle benötigten bzw. vorhandenen Komponenten per Funk „ansprechbar“ sind und auch die für die HEMS-Funktionalität erforderlichen Schnittstellen erreichbar sind.

2.2.6 Grundsatzfragen der Software

Grundsätzlich sind zwei „Fahrweisen“ von HEMS zu unterscheiden: Energiemanagementsysteme können Komponenten aufgrund von regelba-

Abbildung 5: Beispielhafter HEMS-Aufbau mit unterschiedlichen Kommunikationskanälen

sierten oder optimierten Algorithmen steuern. Für Endkunden ist oftmals nicht transparent, auf welcher Basis die Software arbeitet. Bei komplexen Konfigurationen, die z. B. zeitvariable Tarife, eine PV-Anlage, einen Batteriespeicher und eine Ladestation umfassen können, ist eine regelbasierte („starre“) Steuerung häufig nicht mehr in der Lage, die optimale Fahrweise der einzelnen Komponenten zu berechnen. Besser ist in diesen Anwendungsfällen der Einsatz von Optimierungsalgorithmen, die auf Basis historischer Messwerte und/oder Prognosen das Gesamtsystem flexibel steuern und diverse Einflussfaktoren berücksichtigen können.

Neben den am Markt verfügbaren vorkonfigurierten HEMS, die eine in sich geschlossene

Hard- und Softwarelösung darstellen, existieren auch offene Softwarelösungen, die HEMS-Funktionalitäten unterstützen.

2.3 Marktübersicht eigenständiger Energiemanagementzentralen

Der Markt für HEMS wächst ständig, mittlerweile ist ein breites Feld unterschiedlicher Produkte verfügbar. Die folgende Marktübersicht gibt einen Überblick über eigenständige HEMS-Zentralen. HEMS-Funktionalitäten in einzelnen Komponenten wie Wechselrichtern oder Wallboxen wurden aus Komplexitätsgründen nicht berücksichtigt. Die Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist das Ergebnis einer im Juli 2022 durchgeführten Marktrecherche der Autoren.

Abbildung 6 (unten): Marktübersicht HEMS-Zentralen und deren Schnittstellen, Abbildung 7: Schnittstellenübersicht

Schnittstellen (Übersicht)	Häufig genutzt für
Ethernet/RJ45	Switch, Wallbox, PV-Wechselrichter, Batterie, Zähler
Bluetooth	Smart-Home-Komponenten
USB	Adapter falls z. B. keine RS485 Schnittstelle vorhanden, optische Ausleseköpfe für Energiezähler
RS485	Wallbox, PV-Wechselrichter, Batterie, Energiezähler
Digital In	Rundsteuerempfänger, S0-Stromzähler
Digital Out	SG Ready-Wärmepumpe
One Wire	Temperaturmessung
PT1000	Temperaturmessung
CAN	Batterie
Z-Wave	Smart-Home-Komponenten
ZigBee	Smart-Home-Komponenten
CLS (Schnittstelle am IMSys)	IMSys

Name/Hersteller	Schnittstellen on Board (Erweiterbare Schnittstellen als Extensions)																		Bedienoberfläche		
	Ethernet	WLAN	Bluetooth	USB	RS485	RS232	RS422	Digital In/S0	Digital Out	Analog In	Analog Out	OneWire	CAN	Z-Wave	ZigBee	Relais	KNX	Sonstiges	Weboberfläche	APP	Touchscreen
e-manager nD Version 2/enerserve	✓			✓	✓			✓		(✓)	(✓)	(✓)		(✓)		(✓)		Optional mit Leistungsmessung per Wandler	✓		
Smart Energy Management System/Levion	✓	✓	✓	✓	(✓)	(✓)	(✓)					(✓)	(✓)	✓		(✓)	(✓)	HDMI	✓	✓	✓
Sunny Home Manager/SMA	✓	✓													(✓)			EEBUS, SEMP	✓	✓	
Smart1®-Touchscreen-Controller/Smart1	✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓						PT1000	✓		✓
Energymanager Pro/Solarwatt	✓			✓	✓			✓					✓						✓	✓	
gridBox/gridX	✓	✓		✓															✓	✓	
Energy-Manager Rail Basic/Kiwigrd	✓			✓	✓	✓		✓	(✓)				(✓)						✓		
Energiemanagement Smartfox pro	✓	✓			✓			✓			✓		✓			✓		PT1000	✓		
Solar-Log bases/solar log	✓			✓	✓		✓	✓											✓		
SonniQ rail automation/sonniQ	✓			✓	✓	✓		(✓)	(✓)										✓	✓	
Hager Energiemanagement Controller flow	✓				✓				(✓)							(✓)	(✓*)	Wandlungsmessung möglich	✓	✓	

* in Verbindung mit Hager domovea

3 Optimierung der Eigenstromnutzung in der Praxis

3.1 Ausgangslage: PV-Anlage ohne Energiemanagementsystem

Wie einleitend beschrieben, dienen HEMS in Wohngebäuden zumeist der Optimierung des Eigenverbrauchs von selbst erzeugtem PV-Strom. Die folgenden Kapitel betrachten unterschied-

Verbrauchsprofil einer Familie mit berufstätigen Eltern und schulpflichtigen Kindern. Charakteristisch sind Lastspitzen in den Morgen- und Abendstunden sowie ein geringer Strombedarf ab dem Vormittag bis zum frühen Nachmittag.

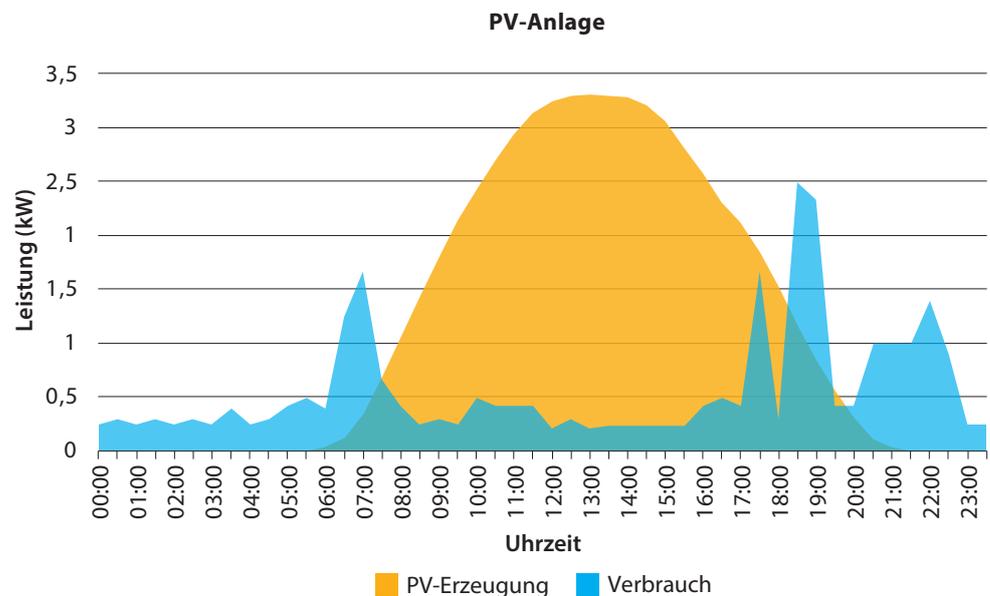


Abbildung 8: Ungeregelte PV-Anlage

liche Komponentenkonstellationen mit den einhergehenden Tageslastgängen, die grafisch aufbereitet wurden.

Abbildung 8 zeigt einen beispielhaften Tagesverlauf eines Haushaltsverbrauchs (hellblau) und des selbst erzeugten PV-Stroms (gelb). Bei dem Beispiel handelt es sich um einen sonnigen Tag mit durchgehender PV-Strom-Erzeugung. Das Haushaltsprofil entspricht dabei einem typischen

Im abgebildeten Fall kann ein Großteil des erzeugten PV-Stroms nicht genutzt werden, da zur Spitzenerzeugungszeit am Mittag der Strombedarf gering ist. Bei üblichen, wirtschaftlich sinnvollen PV-Anlagengrößen können so über das gesamte Jahr etwa 30 bis 40 Prozent des eigenen Stromverbrauchs durch die PV-Anlage gedeckt werden. Der erreichte Autarkiegrad ist dabei abhängig vom Lastprofil, der Ausrichtung der PV-Anlage sowie dem Verhalten der Bewohner.

3.2 PV-Anlage mit Batteriespeicher und Energiemanagementsystem

Aufbauend auf der vorherigen Darstellung wird nun ein System mit einem Batteriespeicher betrachtet. Dieser kann überschüssigen PV-Strom speichern und bedarfsgerecht zur Verfügung stellen. Abbildung 9 zeigt beispielhaft, wie ein geladener Batteriespeicher teilweise die Versorgung des Hauses in Zeiten einer PV-Unterdeckung (Erzeugung – Verbrauch < 0) übernimmt.

Der Batteriespeicher ist gegen 11:30 Uhr vollständig geladen, sodass es am Nachmittag zu einer Netzeinspeisung des erzeugten PV-Stroms kommt. Aufgrund der gesetzlich vorgeschriebenen Wirkleistungsbegrenzung der PV-Anlage wird diese zur Mittagszeit auf 70 Prozent gedrosselt. Die Drosselung ist in der Grafik durch einen schwarzen Balken dargestellt. Über das Jahr, gehen so im gezeigten Beispielhaushalt etwa sieben Prozent des theoretisch erzeugbaren PV-Stroms durch die Wirkleistungsbegrenzung verloren.

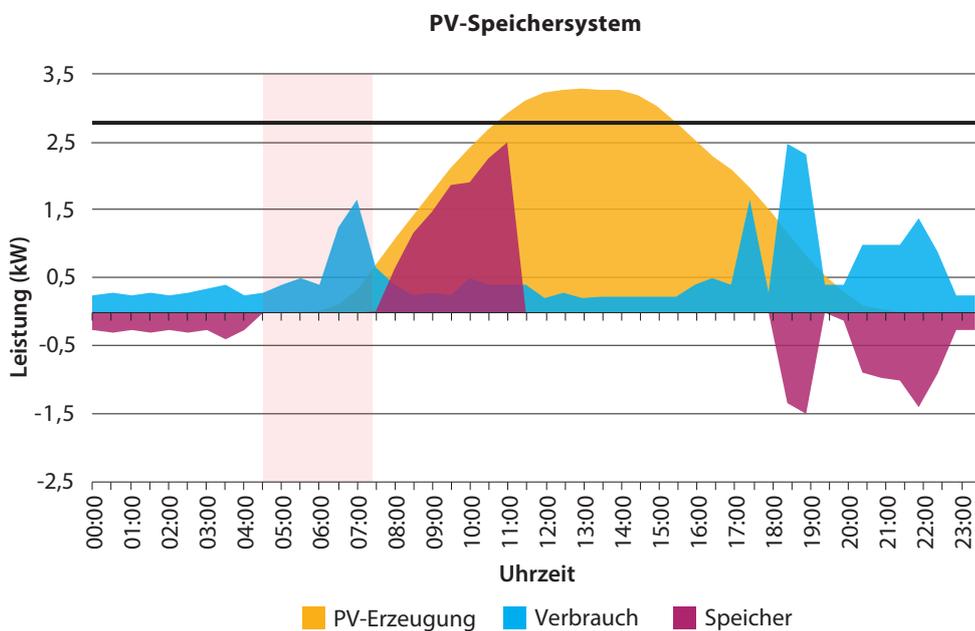


Abbildung 9:
PV-Anlage mit
Batteriespeicher

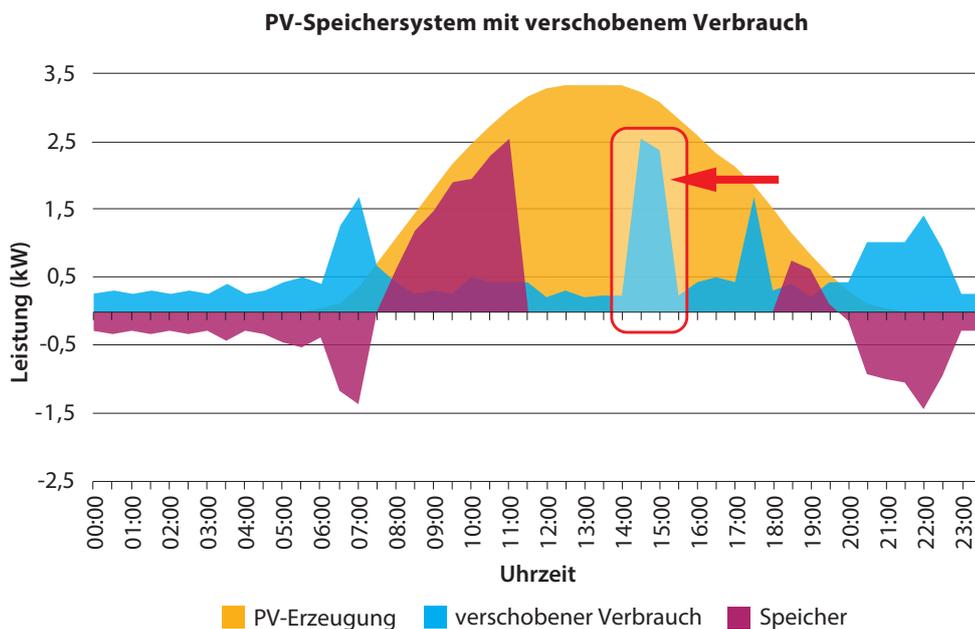


Abbildung 10:
PV-Speichersystem
mit Lastverschiebung

70-Prozent-Regel

Um eine lokale Überlastung des Stromnetzes zu vermeiden, wurde mit dem EEG 2012 die 70-Prozent-Regel eingeführt. Vor allem an sonnenreichen Tagen zur Mittagszeit in Regionen mit vielen PV-Anlagen kommt es durch diese zu Erzeugungsspitzen. Die 70-Prozent-Regelung hatte das Ziel, diese Mittagsspitze zu begrenzen, um einer Überlastung des lokalen Stromnetzes vorzubeugen. Im § 9 EEG steht dazu, dass ab einer Anlagenleistung von 7 kWp eine Möglichkeit zur Fernsteuerung vorgeschrieben ist. Alternativ können kleine Anlagen bis 25 kWp mit einer Begrenzung der Wirkleistungseinspeisung auf 70 Prozent der installierten Leistung ausgestattet werden. Das wird im einfachsten Fall durch den PV-Wechselrichter umgesetzt, der statisch die maximale Erzeugungsleistung begrenzt. Hat man einen Speicher zur Verfügung, kann man diesen so steuern, dass er zur Mittagszeit ausreichend freie Kapazität hat, um die Mehrleistung, die sonst abgeregelt wird, aufzunehmen. Bei einer dynamischen Einspeisebegrenzung berücksichtigt der Wechselrichter auch die aktuell im Haus benötigte Leistung und regelt so nicht die Erzeugung, sondern die Einspeisung, um der 70-Prozent-Regel gerecht zu werden. Mit dem EEG 2023 fällt die 70-Prozent-Regel für Anlagen bis 25 kWp weg. Für Altanlagen wird die 70-Prozent-Regelung bis 7 kWp ab 1. Januar 2023 aufgehoben. Wörtlich heißt es in dem Energiesicherungspaket vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz vom 21. Juli 2022: „Damit Solaranlagen ebenfalls mehr Strom einspeisen können, ist angestrebt, die 70 Prozent-Kappungsregel für Bestandsanlagen zu streichen“.

3.3 PV-Anlage mit Batteriespeicher und Lastverschiebung

Bei dem vorliegenden Lastprofilbeispiel kann angenommen werden, dass die Verbrauchsspitze von 18 bis 19 Uhr durch einen Aufheizvorgang des Warmwasserspeichers verursacht wurde. Ist der Warmwasserspeicher der Anlage ausreichend groß dimensioniert, könnte die Ladung ohne Komfortverlust in die sonnenreiche Zeit verschoben werden. Abbildung 10 zeigt auf, wie eine Lastverschiebung durch die smarte Steuerung von großen elektrischen Verbrauchern den Eigenverbrauch selbst erzeugten Stroms steigern kann.

Aufgrund der Verschiebung durch ein HEMS kann der PV-Strom anstelle einer Netzeinspeisung direkt vor Ort genutzt werden. Zudem wird die Energie für den Aufheizvorgang nicht mehr aus dem Batteriespeicher entnommen. Abhängig von Nutzungszeiten können auch Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen sowie Strombedarfe von Haushaltsgroßgeräten verschoben werden.

3.4 SG Ready-Wärmepumpen

Wärmepumpen bieten – abhängig vom energetischen Standard des Gebäudes – ein Lastverschiebepotenzial. Geräte mit einem SG Ready-Label („Smart Grid-Ready“) verfügen bereits über eine definierte Schnittstelle, über die die Wärmepumpe flexibel geschaltet werden kann. Die Schnittstelle der Wärmepumpe kann dabei vom Netzbetreiber genutzt werden, um den Betrieb der Wärmepumpe zu Gunsten der Netzstabilität zu

Betriebszustände SG Ready- Wärmepumpen

- **Betriebszustand 1:**
Sperrzeit (für maximal zwei Stunden)
- **Betriebszustand 2:**
Energieeffizienter Normalbetrieb
- **Betriebszustand 3:**
Verstärkter Betrieb (oder auch Einschaltempfehlung)
- **Betriebszustand 4:**
Definitiver Betrieb

verschieben. Alternativ kann auch ein HEMS auf die Wärmepumpenschnittstelle zugreifen, z. B. um den PV-Eigenverbrauch zu maximieren. Über die SG Ready-Schnittstelle können per Definition vier verschiedene Betriebszustände vorgegeben werden.

Szenario	Eigenverbrauchsquote
PV-Anlage	15 % - 25 %
PV-Speichersystem	40 % - 50 %
PV-Speichersystem mit Lastverschiebung	+ 5 %

Die folgende Tabelle zeigt die Auswirkungen auf die Eigenverbrauchsquote, wenn eine SG Ready-Schnittstelle genutzt wird. Das Potenzial hängt im Wesentlichen von dem Warmwasserbedarf in der sonnenreichen Zeit bzw. der Solarstrahlung in der Zeit mit hohem Warmwasserbedarf ab.

Die Musterrechnung basiert auf einem Jahresstromverbrauch von 4.000 kWh und einer 6 kWp PV-Anlage mit einem 6 kWh Batteriespeicher.

3.5 Elektromobilität: Optimierung der Eigenstromnutzung durch ein Energiemanagementsystem

Wird im Haushalt ein Elektroauto genutzt, steigt der Strombedarf: Bei einer Jahresfahrleistung von 12.000 km und einem durchschnittlichen Verbrauch von 20 kWh/100 km entspricht der Mehrbedarf etwa 2.400 kWh elektrischer Energie im Jahr.

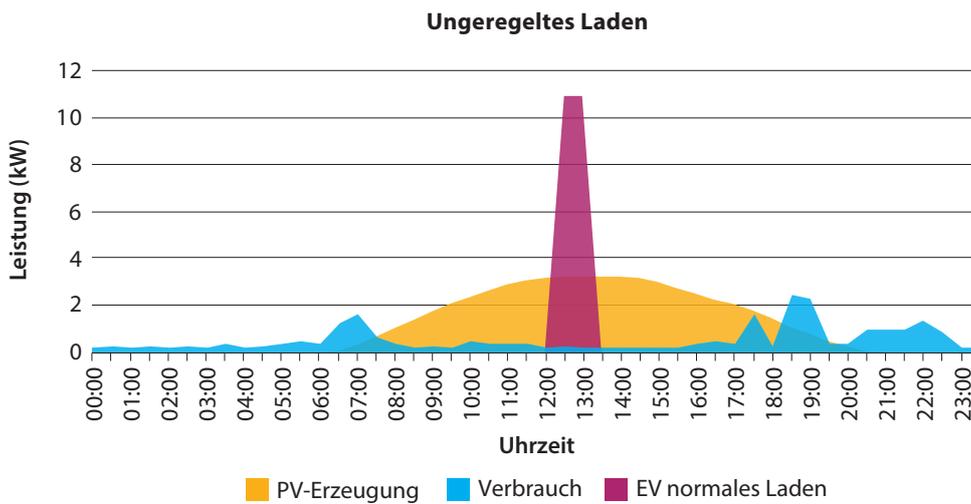


Abbildung 11: Ungeregeltes Laden eines Elektroautos

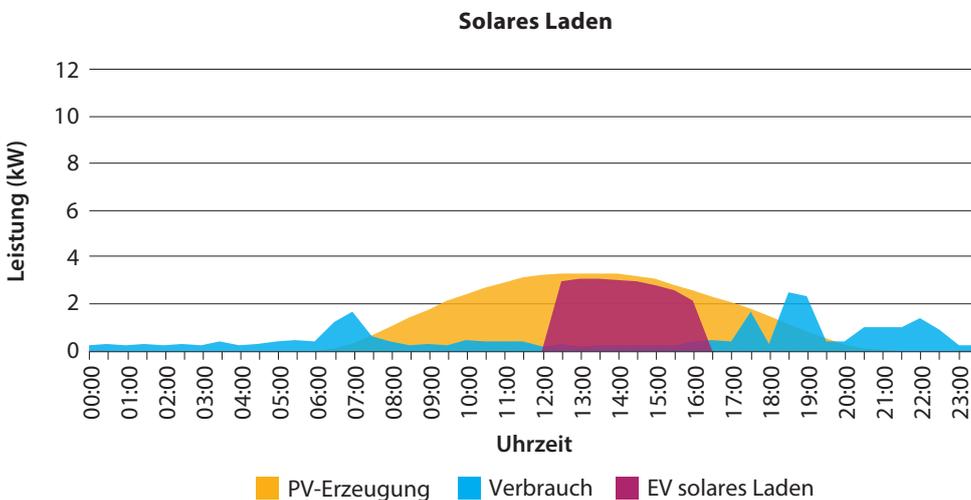


Abbildung 12: Solares Laden eines Elektrofahrzeugs

3.5.1 Ungeregeltes/ungesteuertes Laden des Elektroautos

Beim unregelmäßigen/ungesteuerten Laden wird das Elektroauto mit der maximal verfügbaren Leistung (begrenzt durch Wallbox und Elektroauto meist 3,7 bis 11 kW) geladen. Dabei kann abhängig vom Zeitpunkt des Ladevorgangs und gleichzeitig verfügbarer PV-Leistung ein Anteil PV-Strom in das Fahrzeug geladen werden. Ein Großteil der Energie wird jedoch aus dem Stromnetz bezogen, wie Abbildung 11 zeigt.

3.5.2 Solarer Ladevorgang

Ist ein Gebäude mit einer PV-Anlage ausgestattet, lohnt eine Abstimmung des Ladevorgangs mit der erwarteten PV-Leistung und der geplanten Abfahrtszeit, um einen möglichst großen Teil des Ladestroms selbst zu erzeugen. Man spricht von einem „solaren Ladevorgang“, wenn das Elektroauto primär mit PV-Überschussstrom geladen wird. Damit das Fahrzeug zur geplanten Abfahrtszeit fahrbereit ist, sollte das HEMS den geplanten Zeitpunkt kennen und das Fahrzeug kurz vor

der Abfahrt unabhängig von der verfügbaren PV-Leistung nachladen. Weitere Optimierungen sind möglich, wenn sich der Ladevorgang an der geplanten Fahrstrecke orientiert.

Für Elektromobilisten, die tagsüber mit dem Fahrzeug nicht zu Hause sind, kann ein Batteriespeicher sinnvoll sein, um den über den Tag gespeicherten PV-Strom abends in das Fahrzeug umzuladen. Betreibt man ein PV-Speichersystem mit einer Wallbox, ist es ratsam, die maximale Ladeleistung der Wallbox auf die Leistung des Batteriewechselrichters einzustellen, damit beim Laden mit Batteriestrom nicht zusätzlich Strom aus dem Netz benötigt wird.

3.6 Zusammenfassung der Anwendungsfälle

In der folgenden Zusammenstellung sind Kombinationen einer PV-Anlagen mit unterschiedlichen Verbrauchern und Speichern sowie die daraus resultierenden HEMS-Funktionalitäten aufgeführt.

Nr.	Erzeuger	Verbraucher	Speicher	sinnvolle HEMS-Funktionalität
1	PV	Unflexible Verbraucher	kein	Visualisieren von Erzeugung und Verbrauch, Direktvermarktung PV-Strom
2	PV	Flexible Verbraucher	kein	Lastverschiebung + Nr. 1
3	PV	Wärmepumpe	thermisch	Verschieben der Laufzeiten der Wärmepumpe zur Eigenverbrauchserhöhung
4	PV	Unflexible Verbraucher	elektrisch	Optimierte Fahrweise bei 70 % Abregelung + Nr. 1
5	PV	Wallbox	kein	Solares Laden des E-Autos + Nr. 1

3.7 Beispielhafte Energieflüsse in einem Neubau

Annahmen*

Jahresenergieverbrauch: 4000 kWh

PV-Anlage: 6 kWp

Gebäude: Einfamilienhaus Niedrigenergiegebäude (U-Wert = 0,35 W/K/m²)

Batteriespeicher: 6 kWh

Wärmepumpe: 10 kW

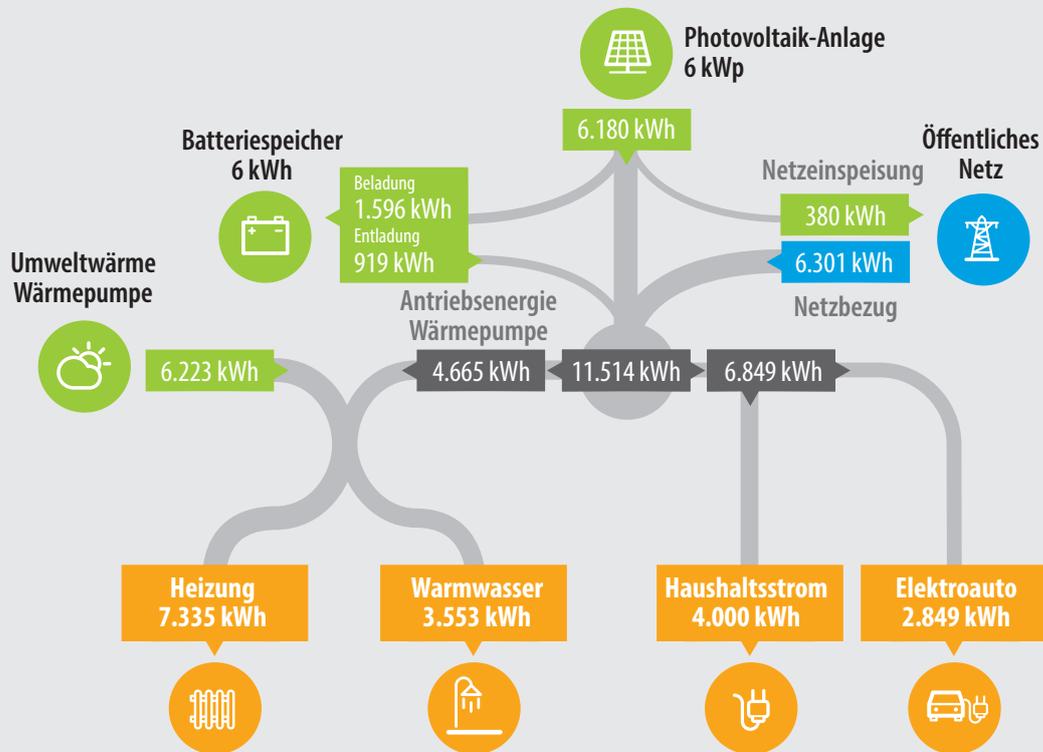
Warmwasserbedarf: 200 l/Tag

Jahresfahrleistung Elektroauto: 12.480 km

Eigenverbrauchsquote: 94 %

Autarkiegrad: 45 %

* Angaben beinhalten auch Batteriespeicherverluste in Form von Stand-by- und Umwandlungsverlusten



4 AUSBLICK

Neben der gezielten Steuerung der Energieflüsse innerhalb eines Gebäudes werden die mit HEMS ausgestatteten Haushalte zukünftig in der Lage sein, Energieflüsse in den Stromnetzen zu optimieren. Aktuell werden die rechtlichen Rahmenbedingungen gesteckt, um Elektrofahrzeuge und stationäre Speicher in Haushalten für die Speicherung von überschüssiger Energie nutzbar zu machen. Schon jetzt können Heimspeicher durch Pooling zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschlossen und von zentraler Stelle bewirtschaftet werden. Herzstück im Gebäude ist dafür das HEMS, das die Schnittstelle zum „Aggregator“ ist, der das virtuelle Kraftwerk betreibt. Je nach aktueller Situation wird dann der Speicher be- oder entladen. Für die Elektromobilität gibt es aktuell noch rechtliche Einschränkungen, die einen solchen Einsatz erschweren.

Energiemanagementsysteme und der Gebäudeintelligenzfähigkeitsindikator (Smart Readiness Indicator, SRI)

Wie kann die Fähigkeit von Gebäuden bewertet werden, den Betrieb eigenständig effizient gestalten zu können und mit den Nutzern und der vorgelagerten Energieinfrastruktur zu kommunizieren? Wie sollten Gebäudeinfrastrukturen bewertet und gewichtet werden, um eine Netzdienlichkeit von Wohn- und Nichtwohngebäuden abzubilden? Die Einführung eines entspre-

chenden Gebäudeintelligenzfähigkeitsindikators (SRI) ist seit 2018 in der Gebäudeenergieeffizienz-Richtlinie (EPBD) der Europäischen Union verankert. Ausgearbeitet durch die EU-Kommission, ist die Umsetzung den Mitgliedsstaaten bisher freigestellt. Ähnlich wie ein Energieausweis die Nutzer über die Effizienz eines Gebäudes informiert, soll ein SRI geeignete Gebäudeinfrastrukturen systematisch erfassen, bewerten und ausweisen.

Die in einem SRI abgebildeten Leitungen und Leerrohre, die die einzelnen Komponenten in einem Gebäude miteinander verbinden, erleichtern die Installation eines HEMS. Das heißt, ein Gebäude mit einem hohen SRI im Energiebereich wirkt sich positiv auf die Umsetzung eines HEMS aus. Das HEMS ermöglicht dann zusammen mit einem Intelligenten Messsystem (IMSys) die Kopplung an das Smart Grid. Somit erhöht das HEMS die SRI-Punktzahl in unterschiedlichen Kategorien der SRI-Berechnungslogik.

5 Anhang Dokumentationshilfe

Dokumentationshilfe Energiemanagementsystem

Basisdaten

.....
Bauherr

.....
Anlagenstandort

Beteiligte Gewerke und Ansprechpartner

.....
Fachhandwerker

.....
SHK

.....
Elektro

.....
weitere

.....
Planung Netzplan

.....
Planung und Programmierung Energiemanagement

HEA

HEA – Fachgemeinschaft für
effiziente Energieanwendung e. V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin
www.hea.de