

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. 9), KB3/adobestock.com (S. 19), Iren Moroz/
adobestock.com (Titel), Stanisic Vladimir/adobestock.
com (S. 8), Superingo/adobestock.com (S. 17)

3. Auflage Juni 2025

© HEA 2025

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
2 Planung eines Energiemanagementsystems	8
2.1 Die richtigen Fragen stellen	8
2.2 Anforderungen an die Gebäudeinfrastruktur und technische Besonderheiten	9
2.2.1 Anforderungen an die Installation	9
2.2.2 Kommunikation	10
2.2.3 Energiemessung	10
2.2.4 Energiemanagementsysteme im Neubau	10
2.2.5 Energiemanagementsysteme im Gebäudebestand	11
2.2.6 Grundsatzfragen der Software	11
2.3 Marktübersicht eigenständiger Energiemanagementzentralen	12
3 Optimierung der Eigenstromnutzung in der Praxis	14
3.1 Ausgangslage: PV-Anlage ohne Energiemanagementsystem	14
3.2 PV-Anlage mit Batteriespeicher und Energiemanagementsystem	15
3.3 PV-Anlage mit Batteriespeicher und Lastverschiebung	17
3.4 SG Ready-Wärmepumpen	17
3.5 Dezentrale Warmwasserversorgung	18
3.6 Elektromobilität: Optimierung der Eigenstromnutzung durch ein Energiemanagementsystem	19
3.6.1 Ungeregeltes/ungesteuertes Laden des Elektroautos	19
3.6.2 Solarer Ladevorgang	19
3.7 Zusammenfassung der Anwendungsfälle	19
3.8 Beispielhafte Energieflüsse in einem Neubau	20
4 Ausblick	21
5 Anhang Dokumentationshilfe	22

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. Mit einem HEMS können flexible Verbraucher gezielter und automatisiert einem flexiblen oder dynamischen Tarif folgen und damit Stromkosten einsparen. 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.



ACHTUNG!

Wurden seit Januar 2024 Ladeeinrichtungen für Elektro-Fahrzeuge, Batteriespeicher, Wärmepumpenheizungen oder Klimageräte in Betrieb genommen? Haben diese sogenannten „Steuerbaren Verbrauchseinrichtungen“ eine elektrische Leistung von über 4,2 kW, gelten die Regelungen nach § 14a EnWG.

Weitere Informationen erhalten Sie [hier](#) und beim Elektrofachbetrieb.

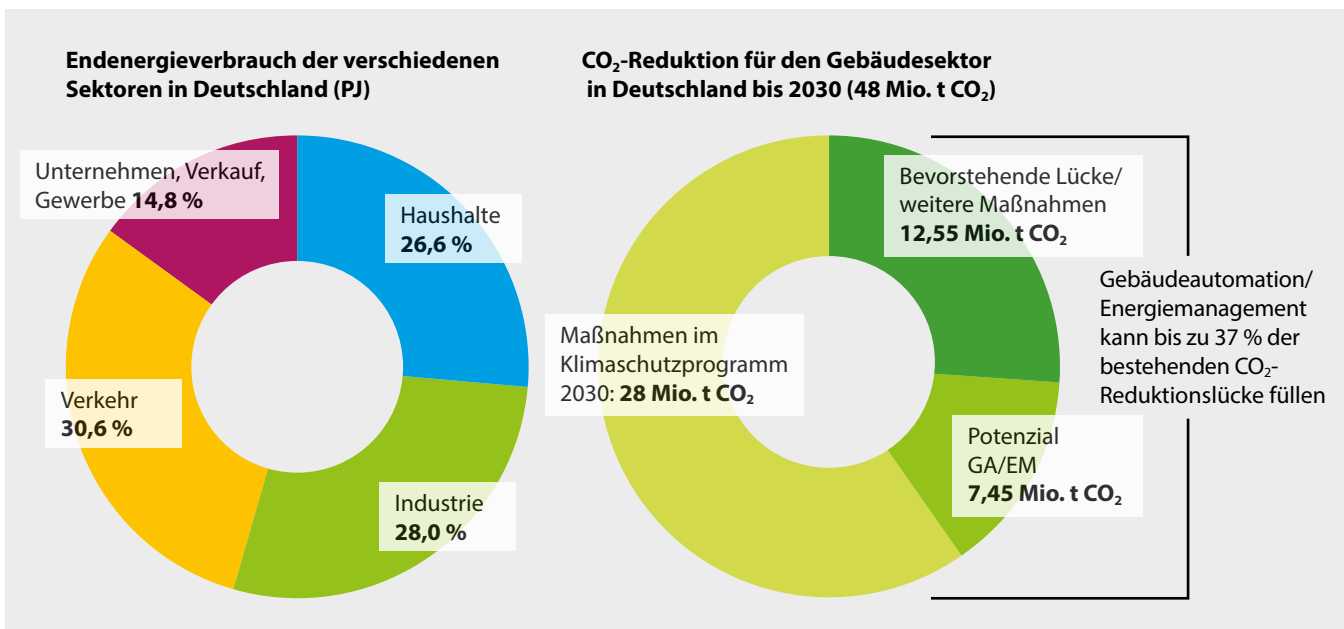


1 Energiemanagementsysteme in Wohngebäuden

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

daran wenig: Durch hohe Einspeisevergütungen stellte sich die Frage der Nutzung des selbst erzeugten Stroms nicht, dieser wurde 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.

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



gesammelten Informationen sollten Prozesse energieeffizienter ausgestaltet werden.

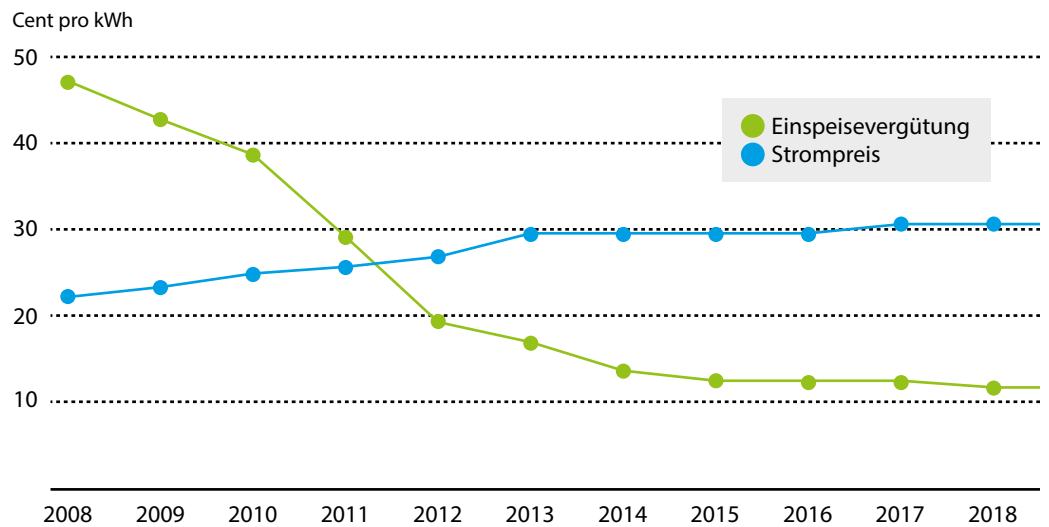
Für klassische Wohngebäude spielten Energiemanagementsysteme oder englisch abgekürzt HEMS (Home Energy Management System) in der Vergangenheit eine eher untergeordnete Rolle, da Haushalte als „reine Verbraucher“ mit fixen Stromtarifen agierten. Auch der breite Hochlauf von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) in den frühen 2000er Jahren änderte

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.

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

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

Historische Entwicklung EEG-Vergütung und Strompreis von 2008 bis 2018



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.

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.

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.

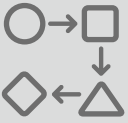
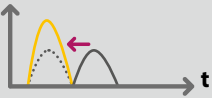
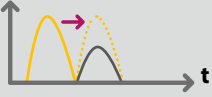



	<p>Monitoren und Visualisieren von Energieströmen im Haushalt</p>
	<p>Optimales Anpassen von flexiblen Energieverbrauchern an die unflexible Erzeugung Erneuerbarer Energien</p>
	<p>Optimales Anpassen der flexiblen Energieerzeugung an die unflexiblen Energieverbraucher</p>
	<p>Steuerung von elektrischen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

Abbildung 3:
Allgemeine Aufgaben
eines HEMS

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- 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.

HEMS

Ein HEMS lenkt die Stromflüsse in Wohngebäuden intelligent. Dabei steuert es in der Regel große Stromverbraucher (Wärmepumpen und Ladestationen für Elektroautos) und Stromspeicher. Es dient der Eigenverbrauchsoptimierung, der Ausrichtung der Stromverbraucher an flexible/dynamische Stromtarife und kann damit zur Senkung von Stromkosten beitragen.

Smart-Home-Anwendungen betreffen oft die Bereiche Komfort, Sicherheit und Gesundheit. Diese Anwendungen binden insbesondere kleinere Stromverbraucher wie Haushaltsgeräte, Beleuchtung und Überwachungstechnik ein.

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 Install-

tion 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.

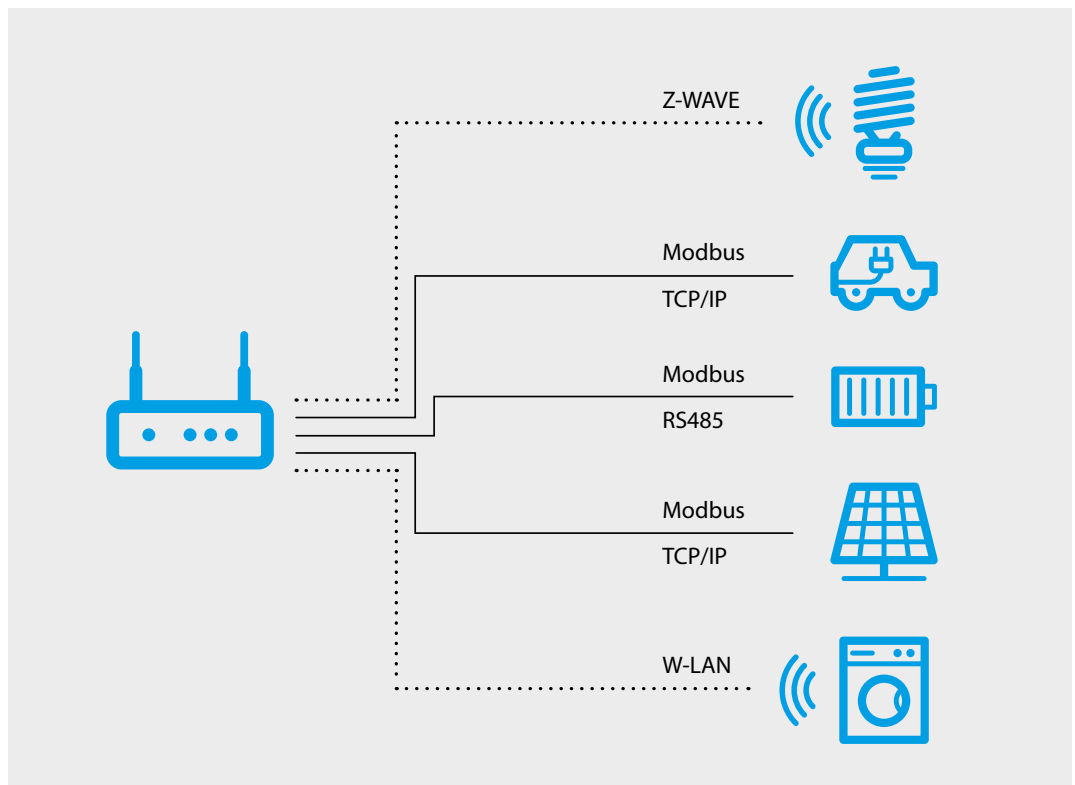


Abbildung 4: Energiemanagementkontroller zum Einbau in den Zählerschrank

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.

Abbildung 5: Beispielhafter HEMS-Aufbau mit unterschiedlichen Kommunikationskanälen



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.

2.2.4 Energiemanagementsysteme im Neubau

Bei der gleichzeitigen Anschaffung unterschiedlicher Komponenten ist sicherzustellen, dass diese eine geeignete Schnittstelle zum späteren

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.

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 regelbasierten 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.

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

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

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

Schnittstellen on Board (Erweiterbare Schnittstellen als Extensions)

Name/Hersteller	Ethernet	WLAN	Bluetooth	USB	RS485	RS232	RS422	Digital In/S0	Digital Out	Analog In
e-manager nD Version 2/enerserve	✓			✓	✓			✓		(✓)
Smart Energy Management System/Levion	✓	✓	✓	✓	(✓)	(✓)	(✓)			
Sunny Home Manager/SMA	✓	✓								
Smart1®-Touchscreen-Controller/Smart1	✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓
Energymanager Pro/Solarwatt	✓			✓	✓			✓		
gridBox/gridX	✓	(✓)		✓	✓					
Kiwigrid Energy Manager VoyagerX, Energy Manager RailX	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Energiemanagement Smartfox pro	✓	✓			✓			✓		
Solar-Log Base Geräte	✓			✓	✓		✓	✓	(✓)	
Enbas und Heat Control/ energielenker solutions	✓			✓	✓			✓	✓	
Hager Energiemanagement Controller flow	✓				✓				(✓)	
Siemens SENTRON Powercenter 1000	✓		✓		✓					
Siemens SENTRON Powercenter 3000	✓	(✓ ²)		✓	✓					
Siemens Connect Box	✓			✓	✓	✓				
Siemens PAC Messgeräte					✓			✓	✓	
SYSTEM ABB SEMS	✓				✓			✓	✓	
E.ON Home Energiemanager	✓	(✓)		✓	✓					

¹ in Verbindung mit Hager domovea

² Das SENTRON Powercenter 3000 bietet kein eigenes WLAN-Interface, daher erfolgt die Realisierung des Wireless LAN-Interfaces über einen WLAN Access Point, der an X1P1 Daten-Schnittstelle angeschlossen wird.

wurden aus Komplexitätsgründen nicht berücksichtigt. Die Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist das Ergebnis einer im Juli 2022 durchgeführten Marktrecherche der

EBZ Business School GmbH, welche im August 2024 von HEA um zwischenzeitlich verfügbare Systeme ergänzt wurde.

								Bedienoberfläche		
Analog Out	One Wire	CAN	Z-Wave	ZigBee	Relais	KNX	Sonstiges	Weboberfläche	APP	Touchscreen
(✓)	(✓)		(✓)		(✓)		Optional mit Leistungsmessung per Wandler	✓		
	(✓)	(✓)	✓		(✓)	(✓)	HDMI	✓	✓	✓
				(✓)			EEBUS, SEMP	✓	✓	
✓	✓						PT1000	✓		✓
		✓						✓	✓	
					(✓)		EEBUS, SG-Ready, OCPP, Modbus TCP/TLS/RTU; alle Peripheriegeräte über das Hausnetzwerk verbindbar (Zähler, Wärmepumpen, I/O Controller, Wallboxen)	✓	✓	
		✓						✓	✓	
✓		✓			✓		PT1000	✓		
								✓	✓	
					✓		Heat Control dient zur universellen Anbindung von Wärmepumpen über PTC der NTC-Fühler	✓	✓	
					(✓)	(✓ ¹)	Wandlermessung möglich	✓	✓	
				✓					✓	
							Zwei verschiedene Netzwerkverbindungen (Interne und Externe Verbindung kann getrennt werden)	✓	✓	
						✓		✓		
✓								✓	✓	
					(✓)		EEBUS, SG-Ready, OCPP, Modbus TCP/TLS/RTU; alle Peripheriegeräte über das Hausnetzwerk verbindbar (Zähler, Wärmepumpen, I/O Controller, Wallboxen)	✓	✓	

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.

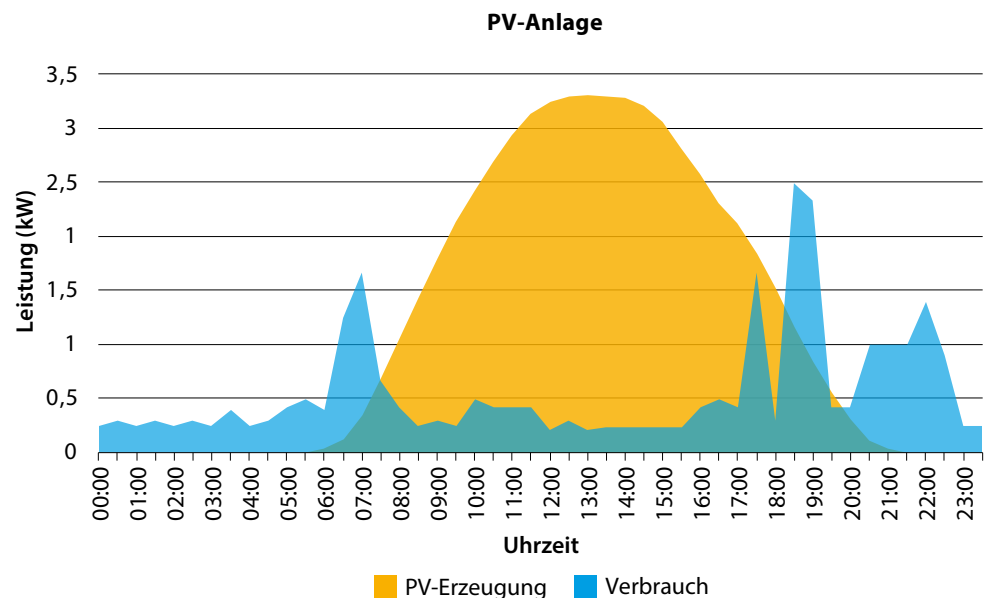


Abbildung 8: Ungeregelte PV-Anlage

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.

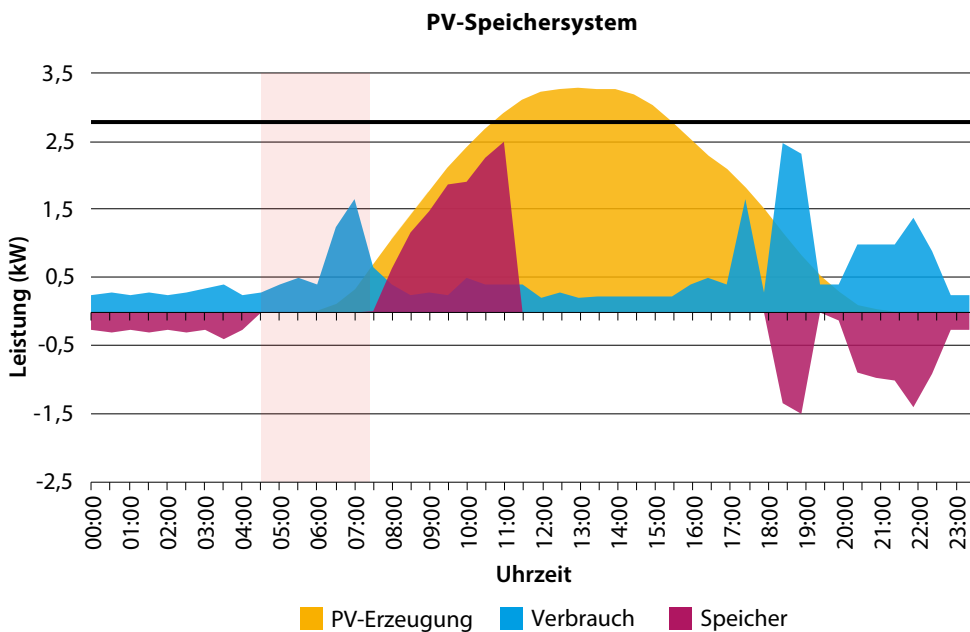


Abbildung 9: PV-Anlage mit Batteriespeicher

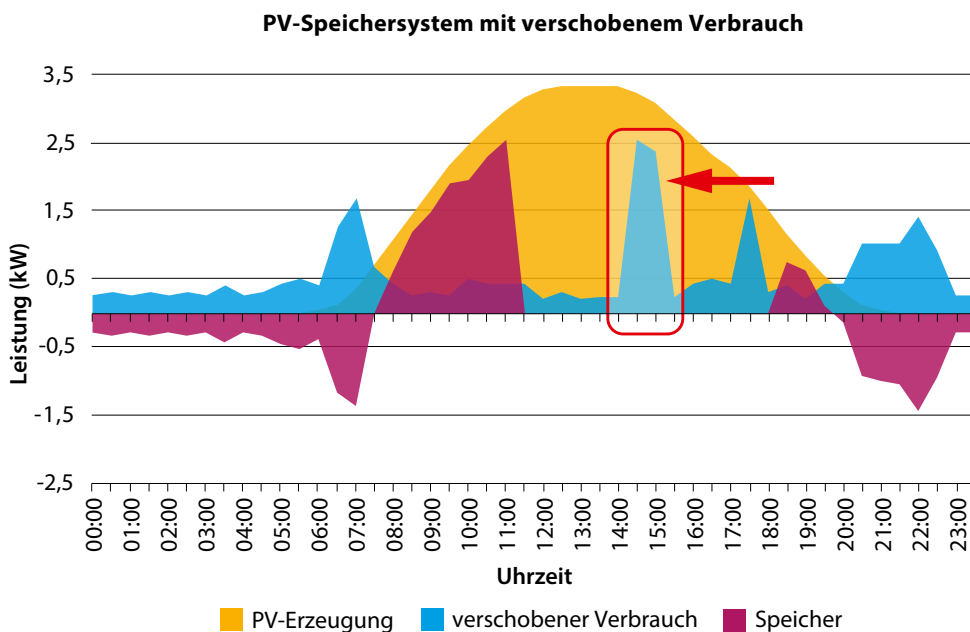


Abbildung 10: PV-Speichersystem mit Lastverschiebung

Abregelung von Erzeugungsanlagen und Abruf der Ist-Einspeisung

Eine wachsende Zahl von PV-Anlagen unter 100 Kilowattpeak (kWp) versorgt immer mehr deutsche Haushalte und Unternehmen mit grünem Strom. Gleichzeitig können die Solaranlagen aber zu einem Überangebot an Sonnenstrom zur Mittagszeit führen. Um eine Überlastung des Stromnetzes zu vermeiden, wurden daher mit der Novellierung des EEG im Jahr 2025 Neuregelungen eingeführt, um Erneuerbare-Energien-Anlagen in einem höheren Maße steuerbar zu machen. Ziel ist die Vermeidung bzw. die Kontrolle von Erzeugungsspitzen. Die Neuregelungen sehen die Pflicht für Anlagenbetreiber vor, ihre Anlagen mit technischen Einrichtungen für die netzdienliche Steuerung auszurüsten (technische Einrichtungen zur Abrufung der Ist-Einspeisung und die ferngesteuerte Reduzierung der Einspeiseleistung). Je nach Zeitpunkt der Inbetriebnahmezeitpunkt der EEG-Anlage gelten unterschiedliche Regelungen.

Bei Neuanlagen mit Inbetriebnahmezeitpunkt ab dem 25.02.2025 haben EEG-Anlagenbetreiber und KWK-Anlagenbetreiber den ordnungsgemäßen technischen Zustand der Anlage und der jeweiligen elektrischen Anlage hinter der Hausanschlusssicherung so zu gewährleisten, dass der Messstellenbetreiber seine Verpflichtungen zum Einbau und Betrieb von intelligenten Messsystemen (iMSys) und Steuerungseinrichtungen erfüllen kann und Netzbetreiber und andere Berechtigte jederzeit die Ist-Einspeisung abrufen und die Einspeiseleistung ferngesteuert regeln können. Es gilt § 9 Abs. 1 EEG 2023 (neu). Betreiber von Neuanlagen, die noch nicht über ein iMSys und eine Steuerungseinrichtung verfügen und deren Ansteuerbarkeit noch nicht erfolgreich getestet wurde, müssen die Anforderungen nach § 9 Abs. 2 EEG 2023 erfüllen und Überbrückungstechnologie zur Verfügung stellen (siehe nachfolgende Tabelle). Für Steckersolargeräte mit einer installierten Leistung von bis zu 2 kWp und einer Wechselrichterleistung bis 800 VA sowie für „Nulleinspeisungsanlagen“ gilt dies nicht.

Bis zum Einbau iMSys und Steuerungseinrichtung und der erstmaligen Testung der Ansteuerbarkeit ...

bei EEG- und KWK-Anlagen ab 100 kW	sicherstellen, dass Anlagen mit technischen Einrichtungen ausgestattet sind zur Abrufung der Ist-Einspeisung und ferngesteuerten Reduzierung der Einspeiseleistung
bei EEG- und KWK-Anlagen ab 25 und weniger als 100 kW	sicherstellen, dass Anlagen mit technischen Einrichtungen ausgestattet sind zur ferngesteuerten Reduzierung der Einspeiseleistung UND – wenn die EEG-Anlage nicht ausschließlich direktvermarktet werden (keine Einspeisevergütung, kein Mieterstromzuschlag) – die maximale Wirkleistungseinspeisung am Verknüpfungspunkt auf 60 % der installierten Leistung begrenzen
bei EEG- und KWK-Anlagen von weniger als 25 kW	(bei EEG-Anlagen: nur, wenn sie nicht ausschließlich direkt vermarktet werden – keine Einspeisungsvergütung, kein Mieterstromzuschlag) die maximale Wirkungseinspeisung am Verknüpfungspunkt auf 60 % der installierten Leistung begrenzen

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 Haushaltsgrößgeräten 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

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



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

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 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.

Die linke 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 Dezentrale Warmwasserversorgung

In vielen Fällen ist es sinnvoll, die Heizung von der Warmwasserversorgung zu trennen, um unnötige Energieverluste zu vermeiden. Dabei wird warmes Wasser just-in-time, im Durchfluss, ohne Speiche-

Abbildung 11:
Ungeregeltes Laden eines Elektroautos

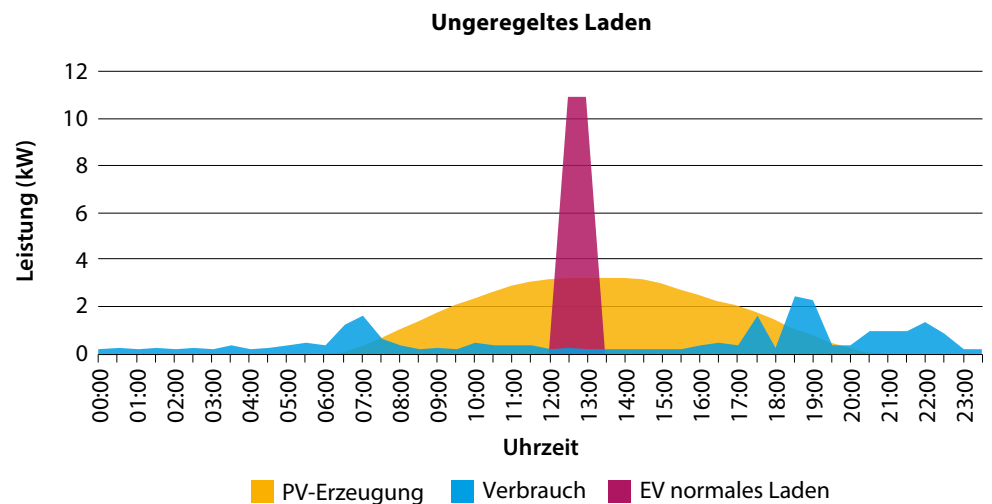
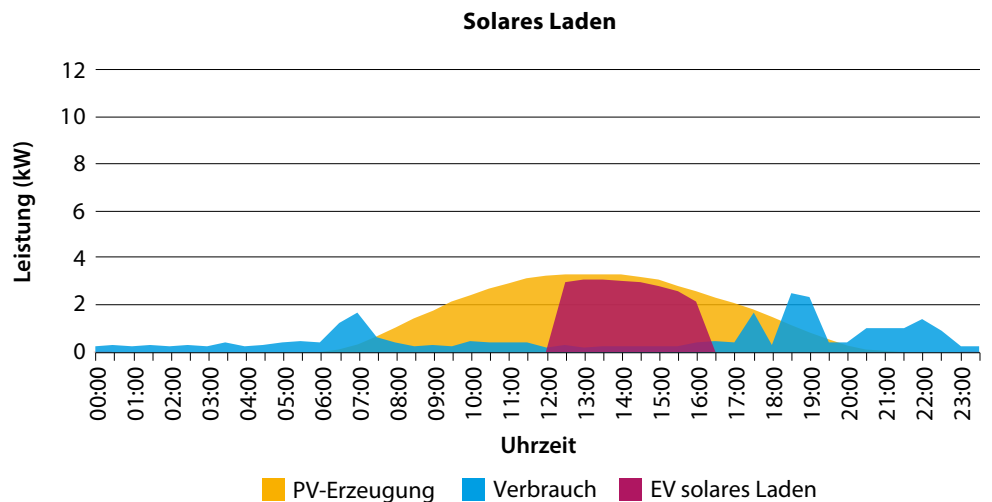


Abbildung 12:
Solares Laden eines Elektrofahrzeugs



erzeugung erzeugt. Spezielle Modul-Durchlauferhitzer bieten ein Lastreduzierungspotenzial. Wird gerade wenig Strom über die PV-Anlage produziert oder der Strom an anderer Stelle verwendet, kann die Warmwasserbereitung über den Durchlauferhitzer priorisiert werden. Ladevorgänge von Elektroautos können für die kurzen Nutzungszeiten für Warmwasser zeitlich verschoben werden.

Um dennoch beim Duschen möglichst wenig Strom aus dem Netz zu beziehen, kann z. B. die Wassermenge reduziert werden. Ein HEMS kann dafür über die Modbus-RTU Schnittstelle unmittelbar auf den Durchlauferhitzer zugreifen. Das ermöglicht ein einfaches Monitoring des Verbrauchs, Geräteeinstellungen, Lastmanagement und Diagnose.

3.6 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.

3.6.1 Ungeregelter/ungesteuerter Laden des Elektroautos

Beim unregelmäßig/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.

3.6.2 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. Dazu wird bei Bedarf auch die Ladegeschwindigkeit angepasst, um möglichst wenig Strom aus dem öffentlichen Stromnetz zu beziehen. 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.

3.7 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

3.8 Beispielhafte Energieflüsse in einem Neubau

Annahmen*

Jahresenergieverbrauch: 4.000 kWh

PV-Anlage: 6 kWp

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

Batteriespeicher: 6 kWh

Wärmepumpe: 10 kW

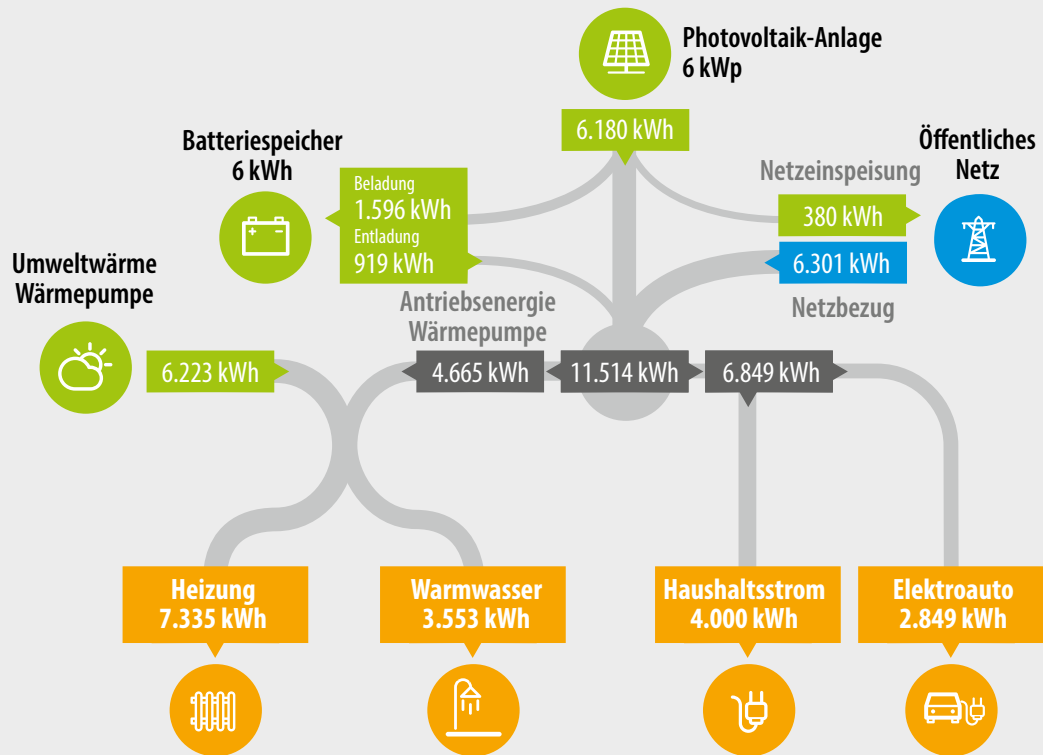
Warmwasserbedarf: 200 l/Tag

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 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