

18-TEILIGE SERIE

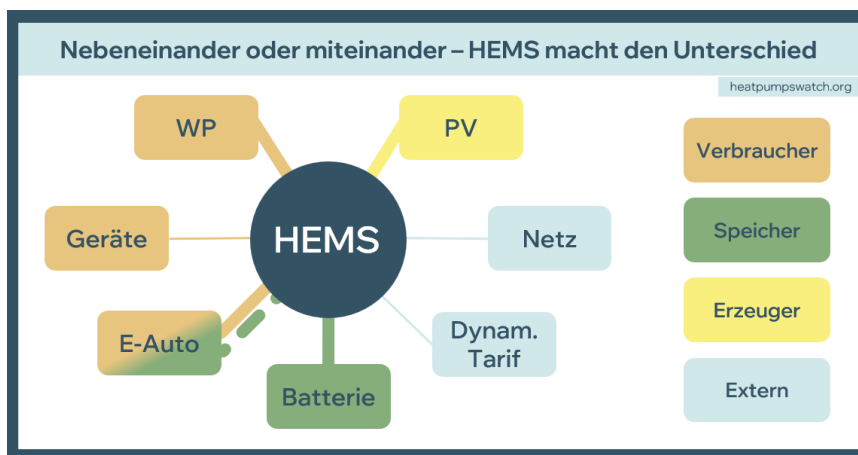
WÄRMEPUMPEN: DEINE FRAGEN JETZT BEANTWORTET

14/18

Heim-Energiemanagementsysteme (HEMS)

Intelligente Energiesteuerung im Wärmepumpen-Haushalt

Autor: Dr.-Ing. Marek Miara, erschienen am 07.02.2026



Das Energiesystem der Zukunft wird zunehmend elektrifiziert. Wärmepumpen ersetzen Gasheizungen, Elektroautos verdrängen Verbrennungsmotoren, und Photovoltaikanlagen auf Millionen von Dächern machen Haushalte zu kleinen Stromerzeugern. Diese Entwicklung ist eine klimapolitische Notwendigkeit und folgt zugleich einer technischen Logik: Strom aus erneuerbaren Quellen lässt sich effizienter erzeugen, speichern und verteilen als fossile Brennstoffe. Und weil alles mit demselben Energieträger arbeitet, ergeben sich neue Möglichkeiten der Vernetzung.

Doch diese Vernetzung macht das System auch komplexer. In einem Haushalt mit Wärmepumpe, PV-Anlage, Batteriespeicher und Wallbox interagieren mehrere Erzeuger und Verbraucher – alle reagieren auf unterschiedliche Signale. Ohne intelligente Koordination arbeiten diese Geräte nebeneinander statt miteinander. Die zunehmende Digitalisierung wird hier nicht nur hilfreich, sondern notwendig. Auf der Ebene des einzelnen Wohngebäudes kommen dafür sogenannte Heim-Energiemanagementsysteme zum Einsatz – kurz HEMS.

Dieser Artikel erklärt, was ein HEMS ist, welche Varianten existieren und warum es gerade für Haushalte mit Wärmepumpe zunehmend relevant wird. Die anschließende Folge 15 zeigt dann, wie die Wärmepumpe im Verbund mit PV, Speicher und dynamischen Tarifen konkret zusammenspielt.

Was ist ein Heim-Energiemanagementsystem?

Im Kern geht es bei einem HEMS darum, die verschiedenen Energiequellen und Verbraucher im Haushalt zu vernetzen und aufeinander abzustimmen. Dabei steht die Wärmepumpe im Mittelpunkt: Sie ist oft der größte regelbare Stromverbraucher im Haus und gleichzeitig derjenige, der am flexibelsten auf unterschiedliche Betriebsweisen reagieren kann. Ein modernes HEMS erfasst in Echtzeit, wie viel Strom erzeugt, verbraucht und gespeichert wird, berücksichtigt externe Informationen wie Strompreise oder Wetterprognosen und trifft darauf basierend automatisierte Entscheidungen.^{1,2}

Wichtig ist dabei: HEMS ist kein standardisiertes Produkt. Die Bandbreite reicht von einfachen Monitoring-Lösungen, die lediglich die Energieflüsse visualisieren, bis zu hochintegrierten Systemen, die Wärmepumpe, Wallbox und Speicher aktiv steuern und dabei auf Börsenstrompreise oder Netzsignale reagieren. Wer sich für ein HEMS interessiert, sollte daher genau prüfen, welche Funktionen ein bestimmtes System tatsächlich bietet.²

Im Vollausbau lassen sich vier Funktionsebenen unterscheiden: Erstens das Monitoring – die Echtzeit-Erfassung aller Energieflüsse. Zweitens die aktive Steuerung der Verbraucher, insbesondere der Wärmepumpe. Drittens die Optimierung durch Algorithmen, die Wetterprognosen, Strompreise und Nutzungsverhalten berücksichtigen. Und viertens die Kommunikation mit dem Stromnetz, dem Energieversorger und dem Nutzer.³

Ein HEMS ist ein intelligentes Steuerungssystem, das Stromverbraucher nutzt, um Stromerzeugung, -verbrauch und -preise optimal aufeinander abzustimmen.

2

Abgrenzung zu verwandten Begriffen

In der Diskussion werden oft verwandte Begriffe vermischt. Ein Smart Home zielt primär auf Komfort ab – Licht, Rollläden, Unterhaltungselektronik. Ein HEMS kann Teil eines Smart-Home-Systems sein, konzentriert sich aber ausschließlich auf Energieoptimierung. Die SG-Ready-Schnittstelle, die viele Wärmepumpenbesitzer kennen, ist kein eigenständiges Managementsystem, sondern ein einfacher Kommunikationsstandard mit vier Betriebszuständen. Ein HEMS geht deutlich darüber hinaus, indem es nicht nur einfache Befehle sendet, sondern auf Basis umfangreicher Daten optimiert.¹

Welche Varianten gibt es auf dem Markt?

Es findet sich eine vielfältige Landschaft. Der HEMS-Bereich ist von einer Vielzahl unterschiedlicher Anbieter und Produktphilosophien geprägt. Energiemanagement kann als Hardware-Produkt, als Software-Lösung, als Dienstleistung oder als Teil eines größeren Ökosystems gedacht werden. Für Wärmepumpenbesitzer stellt sich damit die Frage: Welches System passt zur eigenen Situation?

Die HEMS-Marktübersicht 2025, erstellt von Forschern der Hochschule Ansbach und der TU München, hat 43 Systeme von 41 Anbietern auf dem deutschen Markt dokumentiert.⁴ Auch andere Übersichten wie die des pv magazine bestätigen die große Vielfalt verfügbarer Lösungen.⁵ Diese unterscheiden sich vor allem in drei Dimensionen: der technischen Architektur, dem Geschäftsmodell und dem Grad der Herstellerunabhängigkeit.

Systemarchitektur

Die technische Umsetzung hat direkte Auswirkungen darauf, wie schnell ein System reagieren kann und wie unabhängig es vom Internet funktioniert. Knapp die Hälfte der Systeme sind eigenständige Hardware-Controller, die im Gebäude installiert werden und als dedizierte Steuereinheit arbeiten. Diese verarbeiten Daten lokal und können auch bei Internetausfall grundlegende Funktionen aufrechterhalten. Daneben gibt es Systeme, die in bestehende Hardware eingebettet sind – etwa in einen Batteriespeicher integriert – sowie reine Cloud-Lösungen ohne eigenes Gerät im Haushalt.⁴

Für Wärmepumpenbesitzer ist besonders relevant, ob das HEMS herstellergebunden oder herstellerunabhängig arbeitet. Die Marktübersicht zeigt ein positives Bild: Rund 96 Prozent der untersuchten Systeme können Wärmepumpen verschiedener Hersteller integrieren.¹ In der Praxis hängt die tatsächliche Kompatibilität allerdings von der konkreten Wärmepumpe und der verfügbaren Schnittstelle ab.

Kommunikation zwischen HEMS und Wärmepumpe

Damit ein HEMS eine Wärmepumpe steuern kann, müssen beide Geräte miteinander kommunizieren. Das klingt selbstverständlich, ist in der Praxis aber einer der größten Stolpersteine – denn es gibt keinen einheitlichen Standard. Die verbreitetste Variante ist aktuell die SG-Ready-Schnittstelle, die über einfache Kontakte vier Betriebszustände signalisiert. Für eine echte intelligente Steuerung reicht das allerdings nicht aus, weil differenziertere Vorgaben – etwa eine bestimmte Vorlauftemperatur oder graduelle Leistungsanpassung – damit nicht übertragbar sind.

Als zukunftsweisend gilt EEBus, ein speziell für die Interaktion zwischen Energiegeräten im Haushalt entwickeltes Kommunikationsprotokoll, das auch für neue gesetzliche Anforderungen eine zentrale Rolle spielen soll. Die Marktübersicht 2025 zeigt allerdings, dass rund ein Viertel der HEMS-Anbieter entsprechende Integrationen erst in Planung hat.⁴ Für Wärmepumpenbesitzer bedeutet das: Vor dem Kauf sollte geprüft werden, ob die eigene Wärmepumpe tatsächlich mit dem gewünschten System kommunizieren kann – und in welchem Umfang.

Geschäftsmodelle

Die überwiegende Mehrheit der HEMS-Systeme wird nicht direkt an Endkunden verkauft, sondern über Fachbetriebe, spezialisierte Solarinstallateure oder Energieversorger vertrieben. Der Vertrieb über gewerbliche Partner dominiert deutlich.⁴ Für Endkunden kann das von Vorteil sein, wenn der lokale Energieversorger ein integriertes Paket aus Stromtarif und Energiemanagement schnürt. Es bedeutet aber auch, dass die Wahl des HEMS häufig an die Wahl des Installateurs oder Energieversorgers gekoppelt ist.

Einige Anbieter haben sich in den letzten Jahren als Komplettanbieter positioniert. Unternehmen wie etwa Enpal, 1Komma5° oder Thermondo bieten neben der Wärmepumpe auch Photovoltaik, Speicher und ein integriertes Energiemanagementsystem an. Diese All-in-One-Lösungen versprechen eine nahtlose Integration aller Komponenten und zentrale Steuerung aus einer Hand. Für Haushalte, die ohnehin eine umfassende energetische Sanierung planen, kann das

Lokale HEMS-Controller sind schneller, robuster und oft herstellerunabhängiger als Cloud-Lösungen.

Ohne kompatible Schnittstelle kann ein HEMS die Wärmepumpe kaum intelligent steuern – es braucht Standards.

attraktiv sein. Kritisch zu betrachten bleibt jedoch, wie flexibel solche geschlossenen Systeme bei späteren Erweiterungen oder beim Austausch einzelner Komponenten bleiben.

Warum HEMS jetzt an Bedeutung gewinnt

Energiemanagementsysteme sind keine gänzlich neue Idee – einfache Steuerungen zur Eigenverbrauchsoptimierung gibt es seit dem Aufstieg der Photovoltaik. Dass HEMS gerade jetzt zu einem breit diskutierten Thema wird, liegt an einem Zusammenspiel mehrerer Entwicklungen. Für Wärmepumpenbesitzer sind dabei vor allem vier Treiber relevant.

Neue gesetzliche Anforderungen

Seit Januar 2024 regelt der Paragraph 14a des Energiewirtschaftsgesetzes, dass steuerbare Verbrauchseinrichtungen – gemeint sind vor allem Wärmepumpen und Wallboxen – netzdienlich integriert werden müssen. Konkret bedeutet das: Der Netzbetreiber darf bei Engpässen die Leistung dieser Geräte zeitweise reduzieren. Dafür gibt es im Gegenzug Rabatte auf die Netzentgelte.⁶ Die technischen Empfehlungen zur Umsetzung dieser netzorientierten Steuerung wurden vom VDE FNN konkretisiert.⁷ Ein HEMS kann diese Reduzierung intelligent auf die verschiedenen Verbraucher verteilen und dabei die PV-Erzeugung gegenrechnen, sodass die Einschränkung im Alltag kaum spürbar wird.

Dynamische Stromtarife werden wirtschaftlich interessant

4

Lange Zeit waren Strompreise für Haushaltskunden statisch – egal ob nachts, mittags oder am frühen Abend. Das ändert sich gerade grundlegend. Immer mehr Anbieter führen dynamische Tarife ein, bei denen sich der Preis stündlich an der Strombörse orientiert. Eine aktuelle Studie beziffert das durchschnittliche Einsparpotenzial für Haushalte mit intelligentem Lastmanagement auf etwa 15 Prozent der Stromkosten.⁸ Für einen Haushalt mit Wärmepumpe und üblichem Verbrauch können das mehrere hundert Euro pro Jahr sein. Ein HEMS kann die Wärmepumpe automatisch dann laufen lassen, wenn der Strom günstig ist, und sie in teuren Stunden pausieren – ohne dass die thermische Behaglichkeit beeinträchtigt wird.

*Dynamische
Tarife und HEMS
senken Kosten
durch
Lastverschiebung.*

Systemnutzen für das gesamte Stromnetz

Während die bisher genannten Punkte primär den einzelnen Haushalt betreffen, gibt es auch eine gesamtwirtschaftliche Perspektive. Wenn Millionen von Wärmepumpen, Elektroautos und Batteriespeichern zeitlich verschoben werden können, stabilisiert das das gesamte Stromnetz erheblich. Eine Studie von Roland Berger und der New Energy Alliance beziffert die potenziellen gesamtwirtschaftlichen Einsparungen durch dezentrale Flexibilität auf 185 bis 255 Milliarden Euro bis 2045 – vor allem durch eingesparte Investitionen in Netze und Kraftwerke.⁹ Diese Einsparpotenziale werden auch in internationalen Studien bestätigt, die für die EU bis 2030 erhebliche volkswirtschaftliche Vorteile durch Demand-Side-Flexibility aufzeigen.¹⁰ Allein für den Ausbau der Stromnetze in Deutschland werden bis 2045 Investitionen von mehreren hundert Milliarden Euro prognostiziert¹¹ – ein Teil davon könnte durch intelligente dezentrale Steuerung vermieden werden. Dass Wärmepumpen, Elektroautos und Batteriespeicher dabei eine zentrale Rolle spielen, zeigt eine umfassende Studie von Agora Energiewende

*Dezentrale
Flexibilität spart
Milliarden und
stabilisiert das
Stromnetz.*

zur Nutzung haushaltsnaher Flexibilitäten.¹² Für den einzelnen Wärmepumpenbesitzer ist dieser Systemnutzen zunächst abstrakt, könnte aber perspektivisch in Form von Vergütungen oder weiteren Rabatten sichtbar werden.

Steigender Eigenverbrauch bei PV-Anlagen

Für Haushalte mit Wärmepumpe und Photovoltaikanlage ist der Eigenverbrauch ein zentraler Faktor. Jede selbst erzeugte Kilowattstunde, die direkt im Haus verbraucht wird, spart den Bezug von teurem Netzstrom und bringt deutlich mehr Wert als die geringe Einspeisevergütung. Der Trend zeigt klar nach oben: Aktuelle Analysen des Fraunhofer ISE belegen, dass der Eigenverbrauch von Solarstrom in Deutschland in den letzten Jahren stark angestiegen ist.¹³ Ein HEMS kann die Wärmepumpe gezielt dann aktivieren, wenn die Sonne scheint – etwa durch vorausschauendes Aufheizen des Pufferspeichers am Vormittag. Feldmessungen des Fraunhofer ISE an einem Bestandsgebäude mit PV-Batterie-Wärmepumpen-System zeigten, dass intelligente Steuerung sowohl die Effizienz der Wärmepumpe verbesserte als auch den solaren Eigenverbrauch erheblich steigerte.¹⁴ Die HTW Berlin hat in ihrer jährlichen Stromspeicher-Inspektion zudem gezeigt, dass die Effizienz von Batteriespeichersystemen – einem wichtigen Baustein für hohen Eigenverbrauch – in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen ist.¹⁵

Wo liegen die Grenzen und Herausforderungen?

Trotz aller Potenziale ist HEMS kein Selbstläufer. Es gibt mehrere Hürden, die den praktischen Nutzen aktuell noch begrenzen.

Wirtschaftlichkeit ist situationsabhängig

Die Frage, ob sich ein HEMS für einen konkreten Haushalt rechnet, lässt sich nicht pauschal beantworten. Sie hängt von mehreren Faktoren ab: der Größe der PV-Anlage, dem Vorhandensein eines Batteriespeichers, der Art des Stromtarifs, der Komplexität der Verbraucher und nicht zuletzt den Kosten des Systems selbst. Die Investitionskosten variieren je nach Funktionsumfang erheblich: Einfache Software-Lösungen sind bereits ab etwa 600 Euro erhältlich, während Hardware-basierte Systeme typischerweise zwischen 700 und 1.200 Euro kosten. Für ein vollständig integriertes System mit Einbindung von PV-Anlage, Speicher, Wärmepumpe und Wallbox können laut Verbraucherzentrale schnell über 1.000 Euro anfallen.¹⁶ Hinzu kommen gegebenenfalls Installationskosten und laufende Gebühren für Cloud-Dienste.

In Haushalten, die bereits eine Wärmepumpe, PV-Anlage und Elektroauto betreiben, kann sich ein HEMS oft innerhalb weniger Jahre amortisieren – insbesondere, wenn ein dynamischer Stromtarif genutzt wird. Bei einfacheren Konstellationen – etwa nur Wärmepumpe und kleine PV-Anlage ohne weitere Verbraucher – fällt die Rechnung weniger eindeutig aus. Hier kann die Amortisationszeit deutlich länger sein. Entscheidend ist daher eine realistische Einschätzung der eigenen Ausgangssituation.

Fehlende Standardisierung und Kompatibilität

Eines der größten praktischen Probleme ist die mangelnde Interoperabilität. Nicht jedes HEMS kann mit jeder Wärmepumpe sprechen, nicht jeder Speicher mit jedem Wechselrichter, nicht jede Wallbox mit jedem Stromzähler. Zwar arbeiten verschiedene Initiativen an einheitlichen Standards, doch in der Praxis ist die

Die Wirtschaftlichkeit hängt stark von Technik, Tarif und Nutzung ab.

Systemlandschaft noch stark fragmentiert. Für Installateure bedeutet das oft aufwendige Einzelfallprüfungen, für Hausbesitzer eine eingeschränkte Flexibilität bei späteren Erweiterungen.

Ein weiteres Problem: Die allermeisten HEMS-Systeme benötigen einen intelligenten Stromzähler – einen sogenannten Smart Meter. Dieser erfasst den Stromverbrauch in hoher zeitlicher Auflösung und ermöglicht damit erst die präzise Steuerung. Der verpflichtende Rollout intelligenter Messsysteme läuft in Deutschland jedoch schleppend. Ende 2024 waren erst rund 3,8 Prozent der Haushalte mit einem Smart Meter ausgestattet.¹⁷ Ohne diesen Zähler bleibt die Funktionalität vieler HEMS-Systeme deutlich eingeschränkt.

Beratung und Installation

Ein häufig unterschätzter Punkt ist die Qualität der Beratung. Die Frage, welches HEMS für welchen Haushalt sinnvoll ist, erfordert Erfahrung und einen Überblick über verschiedene Systeme. Viele Installateure haben sich aber auf ein oder zwei Systeme spezialisiert und können keine neutrale Beratung bieten. Eine Umfrage unter Installateuren zeigt zudem, dass viele Fachbetriebe noch Unsicherheiten beim Umgang mit HEMS und dynamischen Tarifen haben. Zudem fehlt es vielfach an Fachkräften, die sowohl Heizungstechnik als auch Elektrotechnik und Netzwerktechnik beherrschen. Seit März 2024 gibt es mit dem neu geordneten Elektrotechnikermeister mit Schwerpunkt Gebäudesystemintegration zwar eine entsprechende Qualifikation, die Zahl der ausgebildeten Fachkräfte ist aber noch gering.¹⁸

Ausblick: Wohin entwickelt sich der Markt?

Die kommenden Jahre werden zeigen, ob HEMS zu einer Standardkomponente in Haushalten mit Wärmepumpe werden oder vorerst eine Lösung für besonders interessierte Haushalte bleiben.

Regulatorische Weichenstellungen

Ein zentraler Meilenstein ist das sogenannte Energy Sharing, das seit Dezember 2025 gesetzlich verankert ist. Damit können Hauseigentümer überschüssigen Solarstrom erstmals direkt an Nachbarn verkaufen – eine grundlegende Erweiterung der bisherigen Logik, bei der Strom nur ins öffentliche Netz eingespeist werden konnte.¹⁹ Diese neue Möglichkeit macht HEMS sowohl für Einfamilienhäuser in Nachbarschaftsverbünden als auch für Mehrfamilienhäuser und Quartierskonzepte interessanter, da die Koordination zwischen mehreren Haushalten neue Optimierungspotenziale eröffnet.

Standardisierung und Interoperabilität

Die größte technische Herausforderung bleibt die fehlende Standardisierung. Verschiedene Initiativen arbeiten daran, dass Geräte unterschiedlicher Hersteller künftig reibungslos zusammenarbeiten können. Ein wichtiger Schritt war hier die Verabschiedung eines Lastenhefts für HEMS durch die Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung, das Stadtwerken eine Orientierung für die Ausschreibung von Systemen gibt.²⁰ Auch auf europäischer Ebene werden Standards vorangetrieben.²¹ Bis diese Standards flächendeckend umgesetzt sind, wird aber noch Zeit vergehen.

Neue Regulierung erhöht HEMS-Potenzial, fehlende Standards bremsen die Umsetzung.

Marktverfügbarkeit und Verbreitung

Mit über 40 verfügbaren Systemen allein in Deutschland ist die Auswahl schon jetzt beträchtlich. Die Marktdurchdringung bleibt jedoch gering: Eine Umfrage unter 300 Endnutzern in Deutschland, Großbritannien und den Niederlanden ergab, dass zwar die Hälfte der Befragten Interesse an Flexibilitätsprogrammen hätte, aber nur zehn Prozent aktuell daran teilnehmen.²² Die Lücke zwischen Interesse und tatsächlicher Adoption ist also erheblich. Entscheidend wird sein, ob es gelingt, HEMS-Systeme so zu gestalten, dass sie auch ohne umfangreiches Technikverständnis nutzbar sind – und ob die wirtschaftlichen Anreize stark genug werden.

Zusammenfassung

Die Wärmepumpe ist im Begriff, vom reinen Heizgerät zu einem aktiven Baustein des Energiesystems zu werden. Ein zunehmend elektrifiziertes und vernetztes Energiesystem braucht intelligente Steuerung – und die Wärmepumpe ist dabei eine Schlüsselkomponente. Sie ist der größte regelbare Stromverbraucher in vielen Haushalten und gleichzeitig derjenige, der am flexibelsten auf unterschiedliche Betriebsweisen reagieren kann.

Heim-Energiemanagementsysteme sind die Antwort auf diese veränderte Rolle. Sie ermöglichen es, dass die Wärmepumpe nicht isoliert arbeitet, sondern im Zusammenspiel mit PV-Anlage, Batteriespeicher, Elektroauto und dem Stromnetz. Der regulatorische Rahmen – von neuen gesetzlichen Anforderungen über dynamische Tarife bis zum gemeinschaftlichen Stromhandel – schafft erstmals die Voraussetzungen für einen messbaren wirtschaftlichen Nutzen.

Die größten Hürden liegen nicht mehr in der Technik selbst, sondern in der Standardisierung, der Verfügbarkeit intelligenter Stromzähler und der Qualität der Beratung. Wer bereits eine Wärmepumpe betreibt und eine PV-Anlage hat – oder beides plant –, sollte sich mit dem Thema HEMS konkret auseinandersetzen. Die Technologie ist verfügbar, die Einsparpotenziale sind dokumentiert, und die Integration in das größere Energiesystem hat gerade erst begonnen.

→ Wie ein HEMS die Wärmepumpe konkret mit PV, Batteriespeicher, E-Auto und dynamischen Tarifen verbindet, zeigt die folgende Folge 15 dieser Serie.

*Wärmepumpen
werden mit HEMS
zu flexiblen,
systemrelevanten
Stromakteuren.*

7

¹ Haupt, T.; Settler, K.; Jungwirth, J.; Vaidya, H. (2025): Home-Energy-Management-Systeme (HEMS): Ein Marktüberblick für Deutschland. Online-Tagungsband 40. PV-Symposium, Kloster Banz. DOI: 10.13140/RG.2.2.20439.18081.

² HEA – Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V. (2025): Fachinformation Energiemanagementsysteme. Online verfügbar unter: <https://www.hea.de>.

³ gridX (2025): Home Energy Management System (HEMS) erklärt. Knowledge Base. Online verfügbar unter: <https://www.gridx.ai/knowledge>.

⁴ EnBW Energiegemeinschaft e.V. / Hochschule Ansbach / TU München (2025): HEMS-Marktübersicht 2025. Online verfügbar unter: <https://enbw-eg.de/blog/heim-energiemanagement-systeme-marktueberblick-2025/>.

⁵ pv magazine (Mai 2025): Marktübersicht Heim-Energiemanagementsysteme. Online verfügbar unter: <https://www.pv-magazine.de/marktuebersichten/energiemanagement/>.

⁶ Bundesnetzagentur (2025): Smart-Meter-Rollout-Statistik. Online verfügbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de>.

⁷ Bundesnetzagentur (2024): Festlegung zur Integration steuerbarer Verbrauchseinrichtungen nach §14a EnWG. Online verfügbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de>.

⁸ Neon Neue Energieökonomik (2025): Einsparpotenzial für Haushalte durch dynamische Stromtarife. Studie im Auftrag von Naturstrom AG.

⁹ Roland Berger / New Energy Alliance (September 2025): Die Rolle der Dezentralen Lösungen im gesamtkosteneffizienten Energiesystem. Studie im Auftrag von Enpal. Online verfügbar unter: <https://www.new-energy-alliance.de>.

¹⁰ gridX (August 2025): Energy Flexibility Report 2025 – Flexumer-Umfrage unter 300 Endnutzern in DE/UK/NL. Online verfügbar unter: <https://www.gridx.ai/resources/flexibility-report-2025>.

¹¹ Fraunhofer ISE (2024): Analysis of the performance and operation of a photovoltaic-battery heat pump system based on field measurement data. In: Solar Energy Advances.

¹² HTW Berlin (2025): Stromspeicher-Inspektion 2025. Jährliche Untersuchung zur Effizienz von Batteriespeichersystemen.

¹³ Godron, P. et al. / Agora Energiewende und FfE (2023): Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen – Wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Co. die Stromkosten für alle senken können.

¹⁴ DNV / smartEn Europe (2022): Demand-side flexibility in the EU: Quantification of benefits in 2030.

¹⁵ VDE FNN (Februar 2025): Empfehlungen zur netzorientierten Steuerung – Berechnung der garantierten Mindestleistung und bundeseinheitliche Ermittlung des Netzzustands.

¹⁶ ASEW – Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (2025/2026): HEMS-Lastenheft für Stadtwerke. Berichtet in: Solarserver (Februar 2026).

¹⁷ Fraunhofer ISE (Dezember 2025): Eigenverbrauch von Solarstrom steigt in Deutschland stark an. Analyse im Auftrag des Umweltbundesamtes.

¹⁸ ZVEH – Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (2024): Neuordnung der E-Handwerke – Elektrotechnikermeister mit Schwerpunkt Gebäudesystemintegration. In Kraft seit 1. März 2024.

¹⁹ §42c EnWG (in Kraft seit 22.12.2025): Energy Sharing – Gemeinsame Nutzung elektrischer Energie aus Erneuerbare-Energien-Anlagen. Bundesgesetzblatt.

²⁰ VDE/unIT-e² (2024): Interoperabilität im Energiesystem der Zukunft – Plugfest Whitepaper.

²¹ Hans-Böckler-Stiftung / IMK Study 97 (Dezember 2024): Ausbau der Stromnetze – Investitionsbedarfe bis 2045.

²² gridX / KOSTAL (2025): Installer Survey – Ergebnisse der Installateur-Befragung zu HEMS und dynamischen Tarifen. Berichtet im Flexibility Report 2025.