



DER DEUTSCHE PHOTOVOLTAIK-MARKT ALS TRIEBFEDER FÜR ELEKTROMOBILITÄT



EuPD Research

ENERGIE

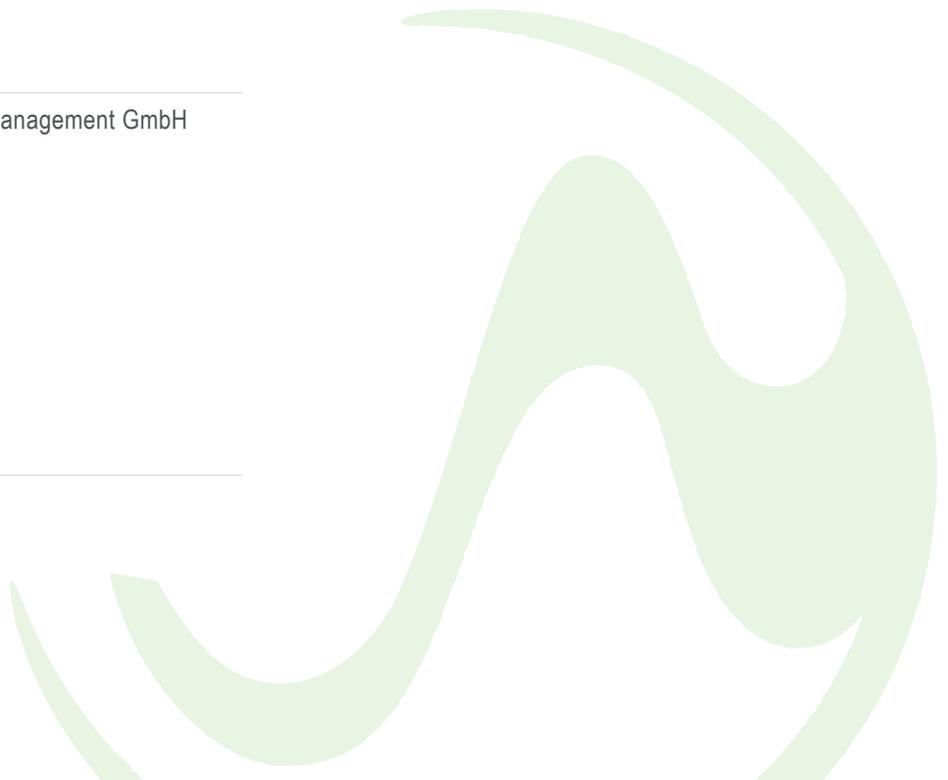
Imprint

EuPD Research Sustainable Management GmbH
Adenauerallee 134
53113 Bonn

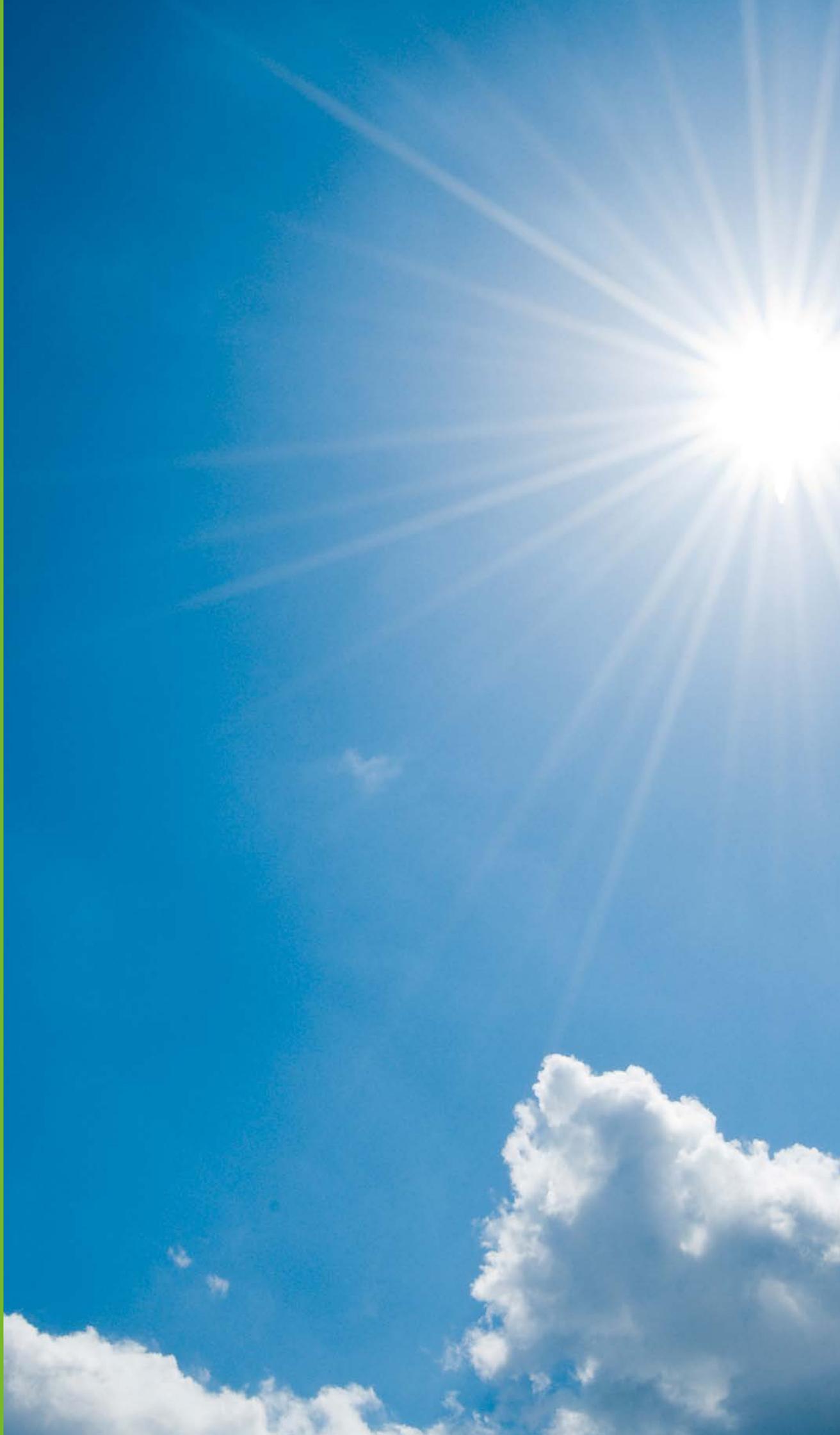
E3/DC GmbH
Karlstraße 5
49074 Osnabrück

August 2019

Dr. Martin Ammon
Hanna Schmole
Christoph Suwandy
Ralf Ossenbrink



ZUSAMMENFASSUNG



ZUSAMMENFASSUNG

Diese im Auftrag von E3/DC erstellte Kurzstudie von EuPD Research beleuchtet die Entwicklung des Photovoltaik-Markts in Deutschland und dessen Bedeutung für die Elektromobilität. Ausgehend von den unterschiedlichen Förderphasen im Erneuerbare-Energien-Gesetz findet eine Einordnung des deutschen PV-Anlagen-Bestands bezüglich der Einspeisevergütung und der Möglichkeiten zum Eigenverbrauch statt. Für ältere Anlagen, die in den kommenden Jahren keine Einspeisevergütung mehr erhalten, werden Optionen zum Weiterbetrieb wie die Maximierung des Eigenverbrauchs des selbst erzeugten PV-Stroms aufgezeigt. Mit dem Aufkommen neuer Stromverbraucher im Haushalt wie Wärmepumpe und Elektrofahrzeug wird der Strombedarf der Haushalte deutlich ansteigen. Batteriespeicher bilden hier die grundlegende Komponente, um den PV-Strom auch in den Abend- und Nachtstunden für die neuen Verbraucher nutzbar zu machen. Reale Beispiele von E3/DC-Kunden mit Photovoltaikanlage, Speicher und Wallbox für Elektroautos belegen eindrucksvoll, dass hohe solare Ladeleistungen für Elektrofahrzeuge realisiert werden können. Die abschließende Potenzialanalyse skizziert die weitere Marktentwicklung der Kombination aus PV-Anlage, Speicher und Wallbox. Neben dem Markt für Neuinstallationen wird deutlich herausgestellt, dass den Post-EEG-Anlagen eine tragende Rolle in der zukünftigen Marktentwicklung der PV-Speicher-Wallbox-Kombination zukommt.

01

DER DEUTSCHE PV-MARKT FÜR PRIVATE AUFDACHANLAGEN

- 1.1 PV-Installationen zwischen 2000 und 2018
- 1.2 Sättigung im PV-Kleinanlagensegment
- 1.3 Staatliche Förderung und Eigenverbrauch
- 1.4 Post-EEG Phase
- 1.5 Photovoltaik, Speicher und Wallbox im privaten Haushalt

02

E3/DC – PIONIER DER NEUEN ENERGIEWELT

- 2.1 Praxisbeispiele

03

POTENZIALANALYSE DEUTSCHLAND

04

FAZIT

EINLEITUNG



EINLEITUNG

Während Photovoltaik (PV)-Anlagen aus der heutigen Gebäudekulisse in Deutschland kaum noch wegzudenken sind, steht die Elektromobilität erst am Anfang ihrer Entwicklung. Ähnlich wie bei der Photovoltaik sind die Verkaufszahlen der Elektroautos zu Beginn noch übersichtlich, wenngleich ein positiver Trend erkennbar ist. Der Käuferkreis von Elektrofahrzeugen beschränkt sich gegenwärtig noch auf Akteure, die technisch interessiert, ökologisch aufgeschlossen und finanziell gut situiert sind. Auch hier zeigt sich die starke Parallele zur Photovoltaik.

Diese Kurzstudie des Bonner Markt- und Wirtschaftsforschungsunternehmens EuPD Research im Auftrag des in Osnabrück ansässigen Technologieunternehmens E3/DC geht gezielt auf die Verbindung von PV-Anlage und Wallbox ein. Hierbei wird – ausgehend von einer Betrachtung der historischen Segmentierung des PV-Marktes – das Zusammenspiel von Photovoltaik, Speicher und Wallbox dargestellt. Praxisbeispiele aus dem umfangreichen Erfahrungsschatz von E3/DC-Kunden geben dann Einblick in reale Anwendungen. Das letzte Kapitel der Kurzstudie gibt einen Ausblick auf das Potenzial dieser zukunftssträchtigen Kombination aus PV-Anlage, Speicher und Wallbox.



1. DER DEUTSCHE PV-MARKT FÜR PRIVATE AUFDACHANLAGEN

1.1. PV-INSTALLATIONEN ZWISCHEN 2000 UND 2018

Die Anfänge des PV-Kleinanlagenmarkts in Deutschland lagen in den 1990er Jahren. 1991 trat das Stromeinspeisegesetz in Kraft, das erstmals eine Einspeisevergütung für Solarstrom vorsah. Diese Vergütung lag jedoch weit unter den damaligen Stromgestehungskosten. PV-Anlagen wurden von der damaligen „Pioniergeneration“ somit nicht aus finanziellen, sondern aus ökologischen Motiven oder aus dem Wunsch nach Unabhängigkeit errichtet.

Mit dem 1000-Dächer-Programm von Bund und Ländern wurden zwischen 1991 und 1995 rund 2.000 netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen installiert und es folgte im Jahr 1999 das 100.000-Dächer-Programm¹. Im Jahr 2000 wurde das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verabschiedet, welches den Einspeisevorrang von Erneuerbare-Energien-Anlagen festlegte und eine Vergütung über 20 Jahre garantierte.² Bis Ende 2018 wurden in Deutschland insgesamt rund 45,9 GW Photovoltaikleistung installiert.³

¹ https://www.dgs.de/fileadmin/sonnenenergie/SE-2008-06/SE-2008-06-s38-Damals_wars.pdf

² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-gesetz#textpart-1>

³ https://www.energy-charts.de/power_inst_de.htm

Quelle: EuPD Research / Bundesnetzagentur / EnergyMap

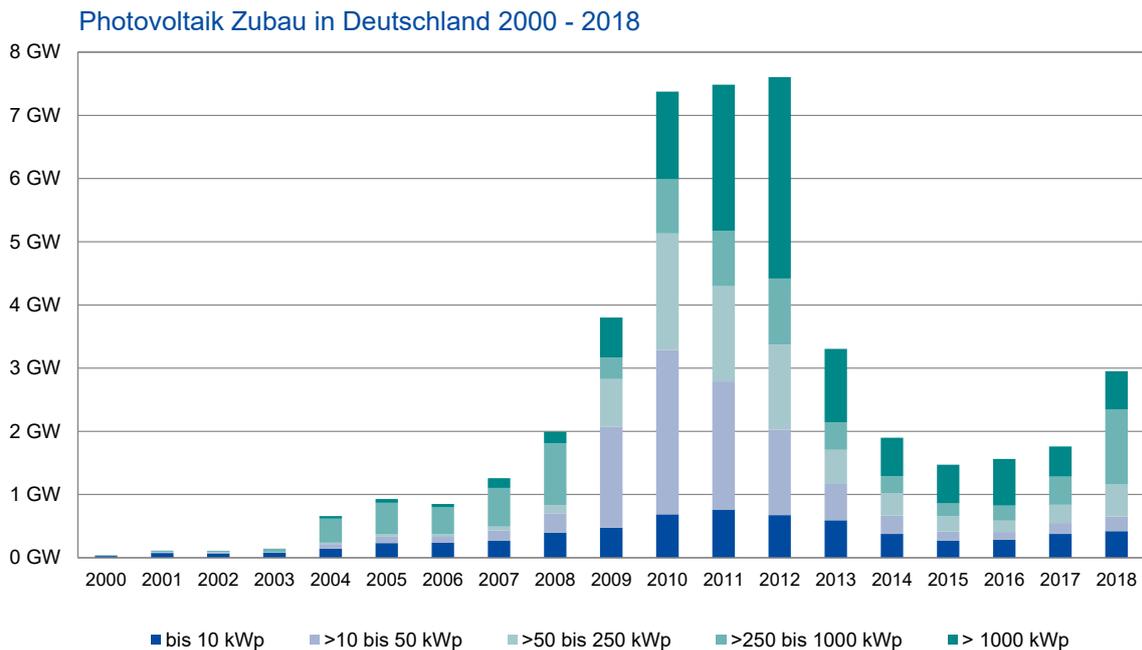


Abbildung 1: Entwicklung der PV-Neuinstallationen bis Ende 2018

Im Laufe der Zeit haben sich nicht nur die Photovoltaik-Systeme technologisch entwickelt und die Anlagenpreise sind deutlich gesunken, auch haben sich die installierten Systemgrößen verändert. So ist die durchschnittliche Systemgröße im PV-Kleinanlagensegment bis 10 kWp fast kontinuierlich gestiegen. Während die durchschnittliche Größe im Jahr 2000 noch bei 2,9 kWp lag, wuchs sie bis 2010 auf 6,4 kWp und betrug in 2018 rund 6,9 kWp. Dieser deutliche Anstieg der PV-Anlagenleistung geht mit einer Zunahme der durchschnittlich erzeugten PV-Strommenge auf gut 6.200 kWh pro Jahr einher, die eine typische PV-Kleinanlage produziert. Eine vierköpfige Familie im Einfamilienhaushalt ohne elektrische Warmwasseraufbereitung benötigt circa 4.000 kWh Strom im Jahr.

Die Photovoltaik-Sättigungsgrade im Kleinanlagensegment bis 10 kWp unterscheiden sich innerhalb Deutschlands stark, wie Abbildung 2 zeigt. Die Berechnung der Sättigungsgrade erfolgt auf Basis der kumulierten PV-Installationen bis 10 kWp bis Ende 2018 sowie auf Annahmen zu nutzbaren Dachflächen von Ein- und Zweifamilienhäusern. Der Vergleich auf Landesebene verdeutlicht die regionale Diskrepanz.

1.2. SÄTTIGUNG IM PV-KLEINANLAGENSEGMENT

Trotz des kontinuierlichen Photovoltaikzubaues der vergangenen zwei Jahrzehnte besitzt das Kleinanlagensegment noch beträchtliche Potenziale.

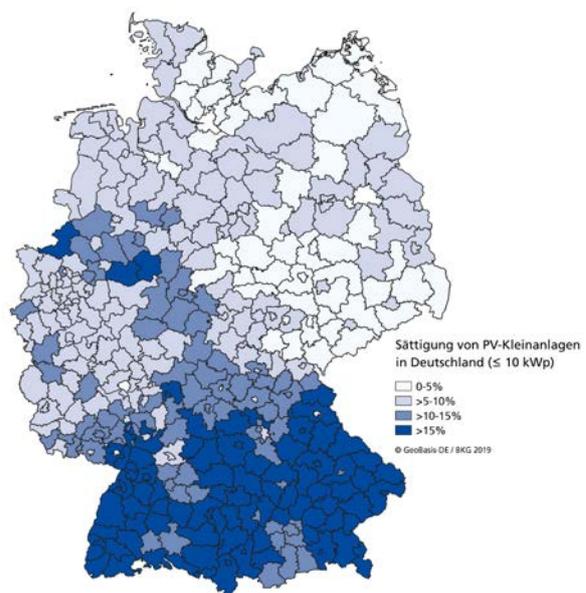


Abbildung 2: Sättigung von PV-Kleinanlagen in Deutschland.

Während in Baden-Württemberg der Sättigungsgrad bei durchschnittlich 18% liegt, erreicht Bayern 15%, gefolgt von Hessen und Rheinland-Pfalz mit jeweils rund 11%. In den ostdeutschen Bundesländern ist der höchste Sättigungsgrad in Berlin mit 8% zu verzeichnen, dicht gefolgt von Brandenburg und Thüringen mit jeweils etwa 6%. In Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Sachsen hingegen liegen die Sättigungsgrade unter 5%. Im deutschlandweiten Durchschnitt beträgt die Sättigung im Kleinanlagensegment Ende 2018 lediglich 10%. Es besteht somit noch hohes Potenzial für die Installation von PV-Kleinanlagen in Deutschland, auch in den südlichen Bundesländern, wo die Sättigungsgrade bereits etwas höher liegen.

1.3. STAATLICHE FÖRDERUNG UND EIGENVERBRAUCH

Da sich die Erzeugungskosten für Strom aus erneuerbaren Energien aufgrund des technischen Fortschritts über die Jahre stetig verringert haben, wurde auch die Einspeisevergütung im Rahmen des EEG entsprechend reduziert.⁴ Besonders deutlich wurden die Sätze der Ein-

speisevergütung im Jahr 2012 gesenkt, wie in Abbildung 3 deutlich wird. Dies führte in den folgenden Jahren vorübergehend zu einem Einbruch des Photovoltaik-Zubaus. Die Förderhöhe für Kleinanlagen wird seither zudem durch den „atmenden Deckel“ gesteuert. Die Steuerung erfolgt im Rahmen eines Zielkorridors: Ist der Zubau relativ hoch, werden die Vergütungssätze in Folge stärker reduziert als bei schwächerem Marktwachstum. Wenn der Zubau hinter den Zielvorgaben zurück bleibt, wird die Einspeisevergütung nicht gekürzt und unter Umständen sogar erhöht.⁵

Quelle: Bundesnetzagentur / Solarenergie-Förderverein

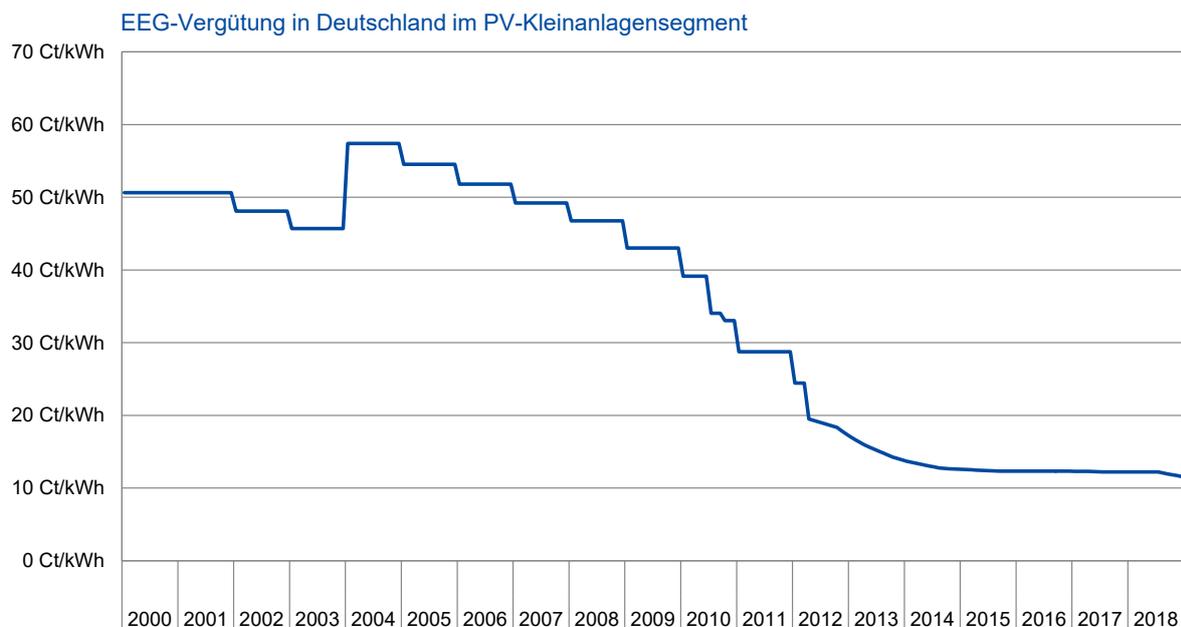


Abbildung 3: EEG-Vergütung in Deutschland im PV-Kleinanlagensegment

⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-gesetz#textpart-1>

⁵ <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2017/03/Meldung/direkt-erklart.html>

Eine Besonderheit war die Förderung des Eigenverbrauchs von Solarstrom durch eine gesonderte Vergütung, die zwischen dem 1. Januar 2009 und Ende März 2012 Gültigkeit besaß.⁶ Hiermit sollte die dezentrale Stromerzeugung gefördert werden, um die Stromnetze zu entlasten.

Im Jahr 2012 wurde erstmals die so genannte Netzparität erreicht, die Einspeisevergütung lag mit dem Strompreis auf einer Höhe und unterschritt ihn bald deutlich. Seitdem ist es für PV-Anlagenbesitzer rentabel, einen möglichst großen Anteil des PV-Stroms selbst zu verbrauchen. Durch die Anpassung des Verbrauchsverhaltens ist es bis zu einem gewissen Grad möglich, den Eigenverbrauch zu erhöhen, wie z.B. durch den Betrieb von Haushaltsgeräten wie Wasch- und Spülmaschine während der sonnigen Mittagszeit. Dennoch überschneiden sich in der Praxis Erzeugung und Verbrauch nicht ausreichend, um je nach Größe der PV-Anlage einen höheren Eigenverbrauchsanteil als 30% im Jahresmittel zu erreichen. Eine Option ist die Kombination mit einem Batteriespeicher, um den überschüssigen Strom aus der PV-Anlage zu speichern. Die gespeicherte Energie kann dann auch in bewölkten Phasen oder während der Abend- und Nachtzeit genutzt werden.⁷ So können bis zu 70% des Stroms aus der PV-Anlage direkt im Haushalt genutzt werden.⁸ Die Energieautarkie, der Anteil des jährlichen Strombedarfs, der durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, wird deutlich gesteigert.

Je nach Zeitraum der Installation und entsprechender Förderphase können aktuell drei wesentliche Segmente im PV-Kleinanlagenbereich unterschieden werden.

SEGMENT 1:

Installationsdatum 2000 bis 2008, in der Regel kleinere, volleinspeisende Anlagen mit hoher EEG-Vergütung, für die beginnend ab 2021 sukzessive die EEG-Förderung endet (Post-EEG-Anlagen). Hier müssen sich die Anlagenbetreiber nach dem Auslaufen der Einspeisevergütung um Alternativen bemühen, beispielsweise einen möglichst großen Anteil des Stroms selbst verbrauchen.

SEGMENT 2:

Installationsdatum 2009 bis Ende März 2012, PV-Anlagen mit Option des Eigenverbrauchsbonus im EEG. In der Regel sind diese Anlagen bereits auf den Eigenverbrauch ausgelegt.

SEGMENT 3:

Installationsdatum ab April 2012, PV-Anlagen mit niedriger Einspeisevergütung, deren Betrieb einzig über Eigenverbrauchslösungen wirtschaftlich abzubilden ist.

⁶ http://www.sfv.de/artikel/2008/foerderung_des_eigenverbrauchs_von_solarstrom.htm

⁷ DCTI GreenGuide Solar.Strom.Speicher.Mobilität 2018

⁸ https://www.eupd-research.com/fileadmin/content/download/pdf/Whitepaper/EuPD_Research_Whitepaper_E3DC.pdf

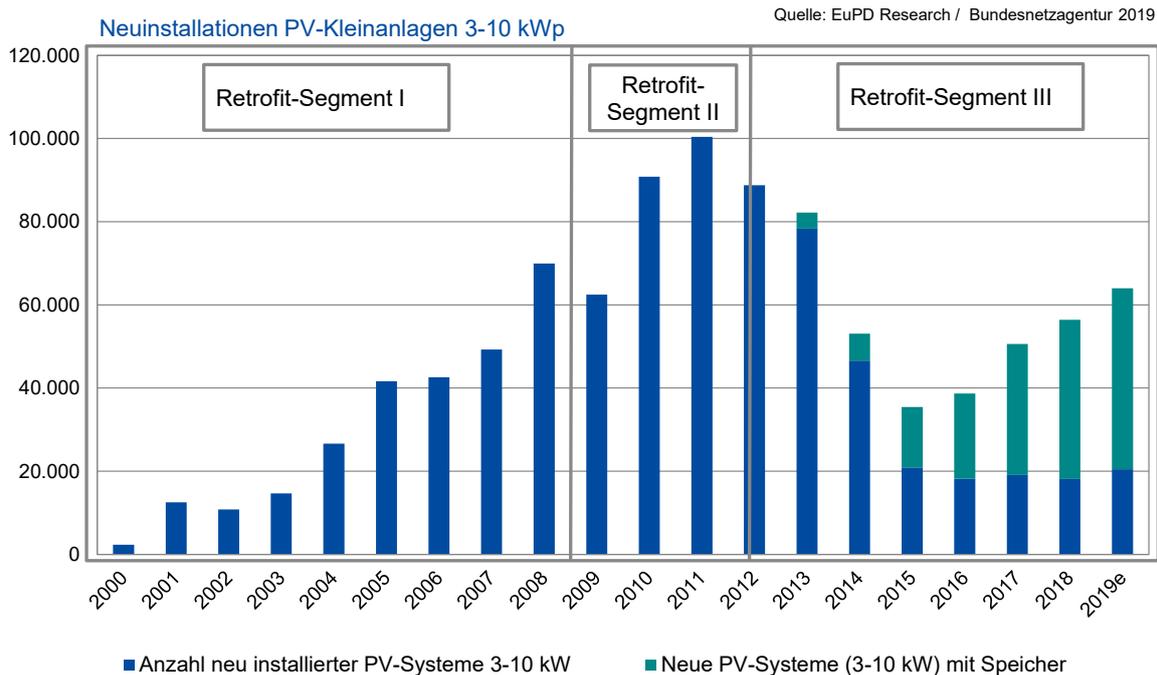


Abbildung 4: Retrofit-Segmente der PV-Kleinanlagen in Deutschland

1.4. POST-EEG PHASE

Die Einspeisevergütung für Photovoltaik-Anlagen wird nach den Bestimmungen des EEG für einen Zeitraum von 20 Jahren gewährt. Es ist jedoch eine technologische Tatsache, dass PV-Anlagen in der Regel eine deutlich längere Lebensdauer aufweisen als diese Zeitspanne. Mit zunehmender Betriebsdauer nimmt die Leistung von PV-Anlagen zwar ab, jedoch kann diese auch nach 20 Betriebsjahren, abhängig von der eingesetzten Technologie und den betriebsbedingten Faktoren, noch immer 80% der ursprünglichen Leistung betragen.⁹

Auch nach dem Ende der garantierten EEG-Einspeisevergütung fallen im Betrieb von PV-Anlagen laufende Kosten an, wie sicherheitstechnische Überprüfungen, Versicherung, Wartungs- und Zählerkosten sowie letztlich Kosten für den Abbau der Anlage.¹⁰ Um ältere PV-Anlagen wirtschaftlich weiter zu betreiben, müssen zumindest die Betriebskosten gedeckt werden.

Diese liegen bei Kleinanlagen schätzungsweise um die 5 ct/kWh,¹¹ die bei einem weiteren Betrieb der Anlage gedeckt werden müssen, um diese wirtschaftlich zu betreiben.

Laut einer Erklärung der Clearingstelle EEG handelt es sich auch bei PV-Anlagen, deren Vergütungszeitraum abgelaufen ist, um eine Anlage im Sinne des EEG und die Netzanbindung bleibt bestehen. Gegenwärtig besteht jedoch kein Anspruch darauf, dass der Netzbetreiber den eingespeisten Strom mit dem Börsenstrompreis vergütet. Dennoch können Einnahmen durch den Verkauf des Stroms an Dritte („sonstige Direktvermarktung“) sowie den Eigenverbrauch des Stroms erzielt werden.¹² Bei der Umrüstung von volleinspeisenden Anlagen auf Eigenverbrauch sind jedoch Anpassungen notwendig. So muss beispielsweise die Zählereinrichtung angepasst werden.¹³ Bei Anlagen, die bereits auf Eigenverbrauch ausgelegt sind, wird es sinnvoll sein, so viel wie möglich des PV-Stroms selbst zu verbrauchen.

⁹ <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaikanlage/nutzungsdauer.html>

¹⁰ http://www.sfv.de/pdf/Vortrag_Jung.pdf

¹¹ http://www.100pro-erneuerbare.com/publikationen/2017-10-Alt-PV/Rentabilitaetsgrenze_von_PV-Anlagen_nach_Ablauf_der%20Foerderung-THK2017.pdf

¹² <https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/beitrag/1551>

¹³ http://www.sfv.de/artikel/pv-altanlagen_anschlussfoerderung_nach_ablauf_der_verguetung_.htm

1.5. PHOTOVOLTAIK, SPEICHER UND WALLBOX IM PRIVATEN HAUSHALT

Für eine erfolgreiche Energiewende und die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen muss die Umstellung auf erneuerbare Energien in verschiedenen Sektoren gelingen. Neben der Stromerzeugung wird in den Bereichen Wärme und Verkehr bislang der Großteil der benötigten Energie mittels fossilen Brennstoffen generiert. Die Nutzung von erneuerbarem Strom in diesen Anwendungsfeldern wird als „Sektorenkopplung“ bezeichnet. Hierzu zählt beispielsweise das Laden eines Elektroautos oder der Betrieb einer Wärmepumpe mit selbst erzeugtem PV-Strom.¹⁴

Für viele PV-Anlagenbesitzer dürfte die Steigerung des Eigenverbrauchs durch den Umstieg auf die Elektromobilität nun der nächste Schritt Richtung Unabhängigkeit sein. In einer von EuPD Research im September 2018 durchgeführten Umfrage unter PV-Anlagenbesitzern äußerten 45% die Absicht, sich ein Elektroauto anzuschaffen. Mehr als drei Viertel von ihnen wäre es dabei sehr wichtig, eine private Ladestation zu haben. Dies ist nicht verwunderlich, denn sich im Autostrom-Tarifdschungel zurechtzufinden kostet Zeit, Nerven und kann unter Umständen teuer sein. Im Rahmen einer weiteren Studie hat EuPD Research 123 Autostromtarife zum mobilen Laden in Deutschland untersucht. Die Auswertung wird für drei unterschiedliche Automodelle differenziert vorgenommen, da sich ein optimaler Autostromtarif aufgrund technischer Details wie z.B. Ladeleistung, Batteriekapazität und Verbrauch pro 100 km für verschiedene Automodelle unterscheidet. Es zeigte sich eine hohe Intransparenz besonders hinsichtlich der Preise, sodass im Extremfall Preise bis 1,39 € pro kWh möglich sind.

Quelle: EuPD Research 2019

Preisspanne der Kosten je Kilowattstunde (kWh) für mobiles Laden von Elektromobilen

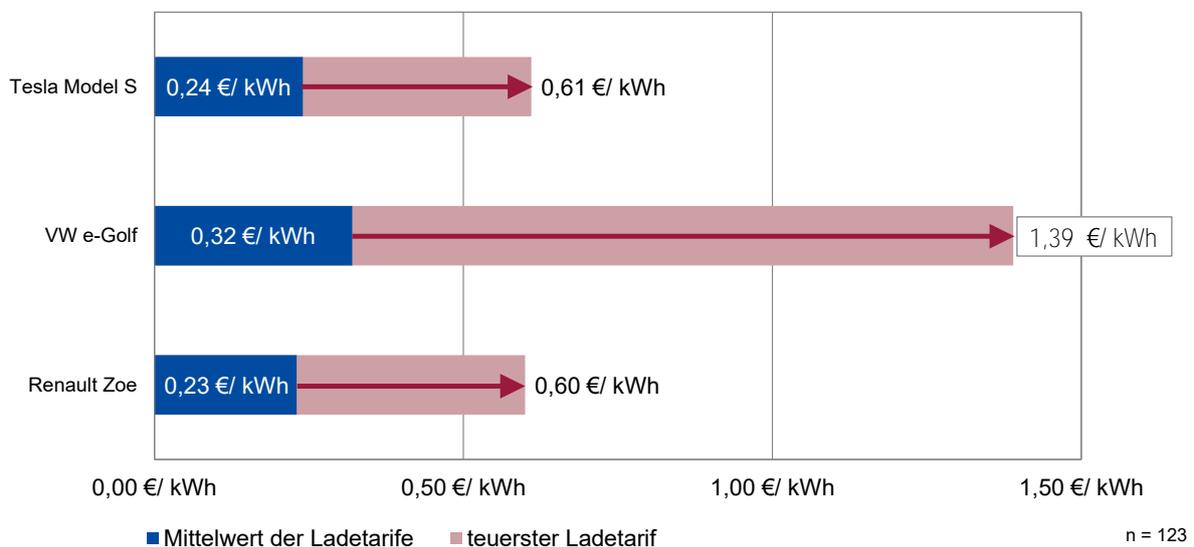


Abbildung 5: Preisspannen für mobiles Laden

¹⁴ <https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/strom/sektorenkopplung>

Das Laden des Autos mit selbst generiertem Strom der heimischen PV-Anlage verspricht Unabhängigkeit vom Stromanbieter und dessen Preispolitik und schafft die Gewissheit, Ökostrom zu tanken. Im Regelfall reicht die Haushaltssteckdose für das Aufladen des Elektroautos nicht aus, da sie nicht für langes Laden unter hoher Last ausgelegt ist. Zudem ist nur eine Ladeleistung mit bis zu 3,7 kW möglich. Real stehen oft aber nur 2,3 kW zur Verfügung, das Volltanken eines VW e-Golf mit 35,8 kWh Batteriespeicher dauert somit rechnerisch fast 16 Stunden. Abhilfe schafft eine Wallbox, eine an einer Wand befestigte Anschlussmöglichkeit zum Laden des Elektroautos, die höhere Ladeströme mit bis zu 22 kW ermöglicht. Der Anschluss gleicht dem eines Küchenherds, bei einer Ladeleistung von 7,2 kW mittels Wallbox könnte der e-Golf aus dem vorangegangenen Beispiel innerhalb von etwa 5 Stunden geladen werden.

Berufspendler mit einem Elektrofahrzeug stehen vor dem Problem, dass ein Großteil des Stroms durch die PV-Anlage erzeugt wird, wenn der Besitzer und damit das Elektroauto nicht vor Ort sind. Abhilfe kann an dieser Stelle ein Speichersystem schaffen, so kann der selbst erzeugte Strom auch in den späten Abendstunden oder der Nacht noch in das Elektroauto geladen werden.

Mit einem passenden Energiespeicher lässt sich der Anteil des Solarstroms, der selbst verbraucht werden kann, auf bis zu 70% erhöhen. Der Einfluss eines E-Autos und gegebenenfalls eines Speichers auf die Eigenverbrauchsquote und den Autarkiegrad lässt sich am besten an einem Beispielhaushalt verdeutlichen. Unter der Annahme eines Haushalts mit einem Jahresstromverbrauch von 5.000 kWh und einer 8-kWp-PV-Anlage kann von einem Eigenverbrauchsanteil von rund 21% und einem Autarkiegrad von ca. 34% ausgegangen werden. Wird nun das Pendlerfahrzeug (10.000 km/Jahr) durch ein E-Auto ersetzt, steigt der Strombedarf des Haushalts um 1.763 kWh pro Jahr. Da das Elektroauto als potenzieller neuer Verbraucher des Solarstroms aber zur sonnigen Mittagszeit oft nicht geladen werden kann, sondern eher in den Abendstunden, steigt die Eigenverbrauchsquote des Solarstroms lediglich um 2 Prozentpunkte.

Der Autarkiegrad reduziert sich um ca. 7 Prozentpunkte, da für das Elektroauto nun mehr Strom über das Netz bezogen werden muss.

Unter Einbindung eines geeigneten Heimspeichers kann der Anteil des selbstgenutzten PV-Stroms stark erhöht werden, da auch in den Abendstunden mit dem Strom aus der eigenen PV-Anlage geladen werden kann. Ein Batteriespeicher mit einer Nettokapazität von 8 kWh lässt den Eigenverbrauchsanteil auf über 50% steigen, der Autarkiegrad im Beispielfall steigt auf 56%. Betrachtet man den Solaranteil des Autostroms, wird der positive Effekt des Batteriespeichers besonders deutlich: Ohne Speichermöglichkeit beträgt dieser lediglich 7%, während er durch einen Speicher mit 8 kWh Kapazität auf knapp 75% steigt.¹⁵

Für die zuvor beschriebenen drei wesentlichen Segmenten an Photovoltaik-Anlagenbesitzern hat der Wechsel zur E-Mobilität unterschiedliche Auswirkungen. Die Anlagenbetreiber im 1. Segment, deren 20-jährige Vergütungsphase nach dem EEG ab 2021 endet, müssen grundsätzliche Entscheidungen treffen. Aus volkswirtschaftlicher und ökologischer Sicht ist die weitere Nutzung dieser Anlagen erstrebenswert.

Eine Möglichkeit zum Anlagenweiterbetrieb bietet die volle Netzeinspeisung bzw. Direktvermarktung nach Ablauf der Einspeisevergütung. Technisch ändert sich für den Besitzer der PV-Anlage nicht viel, allerdings ist die Vergütung des Stroms noch unklar. Möglich wäre auch die Vermarktung des erzeugten Stromes an der Börse, entweder über einen Drittanbieter oder in Eigenregie. Da aber die frühen PV-Anlagen verhältnismäßig klein waren, dürfte der administrative Aufwand im Verhältnis zu den erzielbaren Erlösen recht hoch sein. Hinzu kommt, dass viele PV-Anlagen so gleichzeitig einspeisen würden und dadurch den Börsenpreis weiter absenken. Auf Basis der oben beschriebenen Betriebskosten von ca. 5 ct/kWh sind die Kosten des Weiterbetriebs auf diese Weise wahrscheinlich nicht gedeckt. Deutlich lukrativer ist die Verwendung des Solarstroms für den Eigenverbrauch im Haushalt. Dabei wird nur überschüssiger Strom, der nicht selbst verbraucht werden kann, ins öffentliche Netz eingespeist.

¹⁵ <https://www.verbraucherzentrale.nrw/solarrechner>

Profitabel wird diese Option durch den großen Unterschied zwischen den niedrigen Erzeugungskosten der eigenen PV-Anlage und den relativ hohen Preisen bei Bezug von Fremdstrom. Wenn man von Betriebskosten um 5 ct/kWh ausgeht, werden durch den Eigenverbrauch immerhin etwa 25 ct/kWh eingespart. Beachtenswert ist zudem, dass zukünftige Strompreissteigerungen direkt mit eingespart werden. Angesichts der aktuellen Debatte zu einer CO₂-Steuer wird das Sparpotenzial eher wachsen als schrumpfen. Wie oben beschrieben, bietet der Wechsel in die E-Mobilität eine Möglichkeit, den Eigenverbrauch erheblich zu erhöhen. Dieser Wechsel kann von einem Batteriespeichersystem sowie Wallbox flankiert werden, damit unabhängig von Wetterbedingungen oder Tageszeit das Auto geladen werden kann. Zwar ist die kWh aus dem Speicher teurer als die kWh direkt aus der PV-Anlage, allerdings muss an dieser Stelle der Kraftstoffpreis als Referenz genommen werden – diesen Vergleich gewinnt die kWh aus der PV-Anlage auch mit Speicher.

Die Anlagenbetreiber des 2. Segments haben mehr Zeit, bis weitreichende Veränderungen auf sie zukommen. Für diese PV-Anlagen beginnt erst ab 2030 das Ende der EEG-Einspeisevergütung. Die Besonderheit des 2. Segments ist die Option des Eigenverbrauchsbonus. Wenn der Anlagenbetreiber den eigenen PV-Strom selbst im Haushalt verbraucht, wird für den Eigenverbrauch eine festgelegte Vergütung gezahlt. Für PV-Anlagen, die zwischen dem 1.7.2010 und 31.3.2012 errichtet wurden, erhöht sich zudem beim Überschreiten des Eigenverbrauchsanteils von 30% der Eigenverbrauchsbonus.

Bis zum Installationsjahr 2011 lag die Einspeisevergütung über dem aktuellen Strompreis, d.h. vor allem die jüngeren Anlagen in diesem Segment profitieren von einem erhöhten Eigenverbrauchsanteil. Das bedeutet, dass vor allem diesen Anlagenbetreibern bei Eigenverbrauch kein Gewinn entgeht, im Gegenteil – durch den Eigenverbrauchsbonus wird der Besitzer quasi für das Laden seines Elektroautos mit einem höheren Eigenverbrauchsbonus belohnt.

Das 3. Segment der PV-Anlagenbesitzer ist gekennzeichnet von niedrigen Einspeisevergütungen, über die allein ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage nicht abbildbar ist. Vor allem die großen Unterschiede zwischen den niedrigen Erzeugungskosten der eigenen PV-Anlage (bei Neuinstallationen im Jahr 2019 etwa 10 ct/ kWh) und den relativ hohen Preisen bei Bezug von Netzstrom sind Triebfeder der Wirtschaftlichkeit. Getrieben von den stetig fallenden Preisen der Speichersysteme und dem Wunsch des Verbrauchers nach mehr Unabhängigkeit wird in Deutschland mittlerweile mehr als jede zweite PV-Anlage mit Speichersystem installiert.

Dies bietet ideale Voraussetzungen, um mit einer Wallbox auch den aufkommenden Sektor der Elektromobilität einzubinden. Eine pauschale Wirtschaftlichkeitsberechnung greift jedoch zu kurz, da die individuellen Faktoren sehr vielfältig sind, angefangen bei der (angestrebten) Größe der PV-Anlage, über den Stromverbrauch des Haushalts bis hin zum Fahr- und Ladeverhalten, der Speichergröße sowie dem Fahrzeugtyp. Doch unabhängig von finanziellen Aspekten bietet der Wechsel zur E-Mobilität samt Speichersystem und Wallbox etwas Unbezahlbares: Teil der Energiewende zu sein.



2. E3/DC – PIONIER DER NEUEN ENERGIEWELT

E3/DC ist ein Wechselrichterhersteller und Entwickler modernster Energiespeichersysteme. Als innovativer Akteur der Sektorenkopplung bietet E3/DC mit der Wallbox in Verbindung mit dem Hauskraftwerk die Möglichkeit, den eigenen Solarstrom vom Dach ins Elektrofahrzeug zu laden. So können Besitzer von PV-Anlagen ihren Solarstrom priorisiert in ihr Elektroauto laden und damit sowohl den Eigenverbrauch als auch die Energieautarkie erhöhen. Das Ladegerät von E3/DC kennt den Hausverbrauch, kommuniziert mit dem Elektrofahrzeug und reduziert den Ladestrom so, dass fast ausschließlich Eigenstrom in die Fahrzeugbatterie geladen wird.

Durch die Nutzung eines Elektroautos erhöht sich der Strombedarf im Haushalt deutlich. Für Perso-

nen, die eine Photovoltaikanlage planen und gern ein Elektroauto mit eigenem Solarstrom laden möchten, ist es wichtig, dies bei der Auslegung der Anlage entsprechend zu berücksichtigen. Die durchschnittliche Dimensionierung der E3/DC-Kunden, die eine Wallbox installiert haben, bestätigt dies. Die vor 2018 in Betrieb genommenen PV-Anlagen der E3/DC-Kunden ohne Wallbox haben im Schnitt eine installierte Leistung von 7,8 kWp. Die PV-Anlagen der Wallbox-Kundengruppe liegen durchschnittlich um 1,05 kWp höher, bei 8,85 kWp.

Oft wird bei der Anlagendimensionierung im Kleinanlagensegment darauf geachtet, die 10 kWp-Grenze nicht zu überschreiten, da bei Anlagen über 10 kWp 40% der EEG-Umlage für selbst verbrauchten Strom

bezahlt werden müssen. Auch viele E3/DC-Kunden legen hierauf Wert, nichtsdestotrotz haben sich rund ein Fünftel der Wallbox-Besitzer für eine Anlage größer 10 kWp entschieden, um das solare Laden noch weiter zu optimieren. Die durchschnittliche Leistung liegt in dieser Gruppe bei 13,37 kWp.

Bei der Speicherkapazität ist die Differenz noch etwas größer: Verfügen die Hauskraftwerk-Besitzer ohne Wallbox im Schnitt über eine Nennkapazität des Speichers von 8,59 kWh, so sind es bei der Wallbox-Kundengruppe fast 3 kWh mehr: Die durchschnittliche Nennkapazität liegt hier bei 11,32 kWh.

Im Jahr 2018 haben Kunden mit der E3/DC-Wallbox durchschnittlich rund 41% der benötigten Strommenge für ihr Elektroauto solar geladen. Bei einer durchschnittlichen Gesamtlademenge von 2.092 kWh entspricht dies 867 kWh, und somit einer solaren Fahrleistung von circa 5.800 km, abhängig vom Verbrauch des Elektrofahrzeugs. Diese Strecke verursacht bei einem Verbrennungsmotor mit Benzin (8 l/100 km, 1,42 €/Liter) rund 660 € an Kosten.



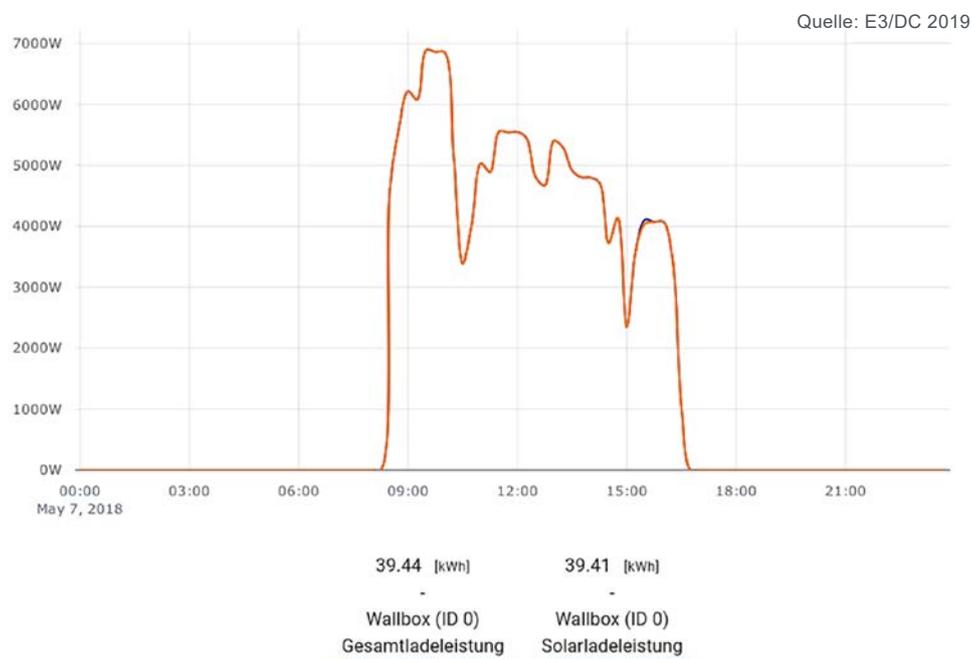
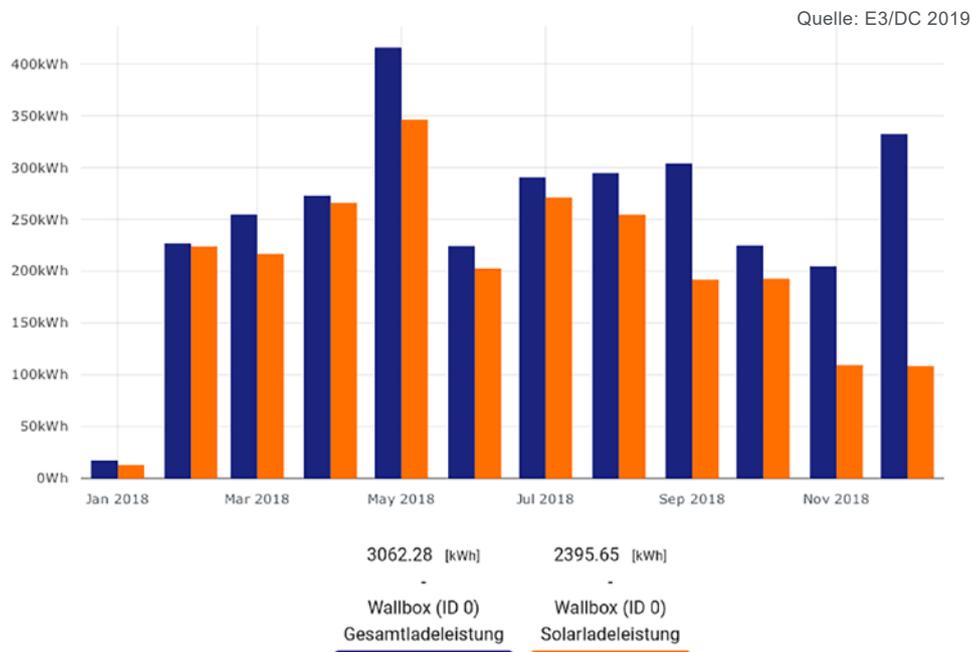
Das Hauskraftwerk ist das Herzstück dessen, was Sektorenkopplung genannt wird: Sauberer Solarstrom fließt über das Hauskraftwerk vorrangig in Haushaltsgeräte, Wärmepumpen oder andere elektrische Heizgeräte und ins Elektroauto.

2.1. PRAXISBEISPIELE

FREIBERUFLER, EHEPAAR MIT ZWEI ELEKTROAUTOS

Im realen Anwendungsfall eines Freiberuflers mit Familie und zwei Elektroautos betrug die Gesamtlademenge der heimischen Wallbox im Jahr 2018 3.062 kWh, von denen 2.396 kWh auf Solarstrom entfielen. Über das Jahr betrachtet entspricht dies einem Anteil an solarer Deckung von 78%. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Gesamtladeleistung sowie die Solarladeleistung der Wallbox auf Monatsbasis.

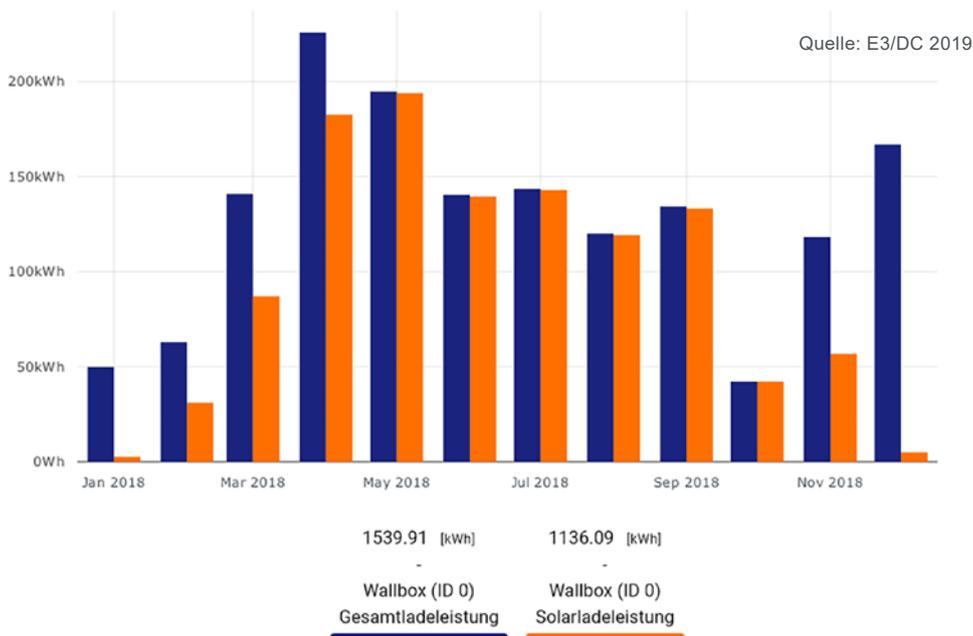
Im April wurde bei einer Ladeleistung von 273 kWh ein Anteil von 97% erzielt. Im Mai wurde der Jahreshöchstwert für solares Laden mit 346 kWh erreicht. Für diesen Rekordmonat liefert die folgende Abbildung den Ausschnitt des 7. Mai 2018. Die Detailsicht zeigt hier, dass das Elektroauto an diesem Tag zwischen 8:00 und 17:00 Uhr über die heimische Wallbox geladen werden konnte, wobei eine Leistung von bis zu 7 kW zum Einsatz kam. Mit Ausnahme einer minimalen Abweichung von 0,03 kWh konnte an diesem Tag die Wallbox vollständig durch den selbst erzeugten PV-Strom versorgt werden.



EHEPAAR MIT ZWEI ELEKTROAUTOS (KLEINWAGEN UND OBERKLASSE), 17-KWP-PV-ANLAGE, HAUSKRAFTWERK S10 E (CA. 16 KWH), WÄRMEPUMPE

Die folgende Abbildung stellt die Jahresübersicht für ein Ehepaar mit zwei Elektroautos dar. Von der über das gesamte Jahr geladenen Strommenge von 1.540 kWh wurde ein Anteil von 74% über den eigenen PV-Strom bereitgestellt. Diese 1.136 kWh Solarstrom entsprechen ca. 7.600 km Reichweite der Elektrofahrzeuge. Zwischen Mai und Oktober konnte jeweils nahezu der gesamte Ladestrom der Wallbox mit selbst generiertem PV-Strom gedeckt werden.

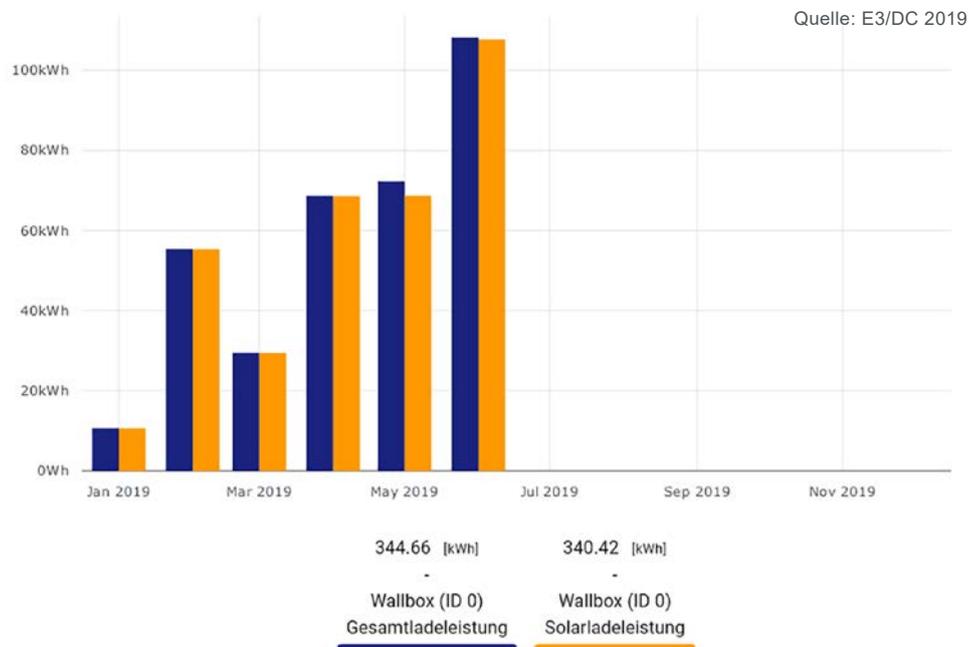
Unten stehende Abbildung zeigt die Ladeleistung am 20. Mai 2018. Am Vormittag dieses Tages wurden fast 26 kWh in das E-Auto geladen (ca. 170 km), am Nachmittag konnten zudem noch 8,7 kWh in die Batterien des E3/DC Hauskraftwerks geladen werden.



ANGESTELLTER, FAMILIE MIT ZWEI ELEKTROAUTOS (KOMPAKT- UND KLEINSTWAGEN), PV-ANLAGE UNTER 10 KWP, HAUSKRAFTWERK S10 MINI

Das Beispiel eines Angestellten mit Familie und zwei Elektroautos weist für das erste Halbjahr 2019 nahezu 100% Solaranteil am Ladestrom aus. Die PV-Anlage unter 10 kWp wird hierbei von einem Hauskraftwerk S10 MINI unterstützt. In den ersten 6 Monaten des Jahres 2019 wurden 340 kWh oder ca. 2.300 km Reichweite geladen, wobei der Ladevorgang zumeist am Wochenende stattfindet.

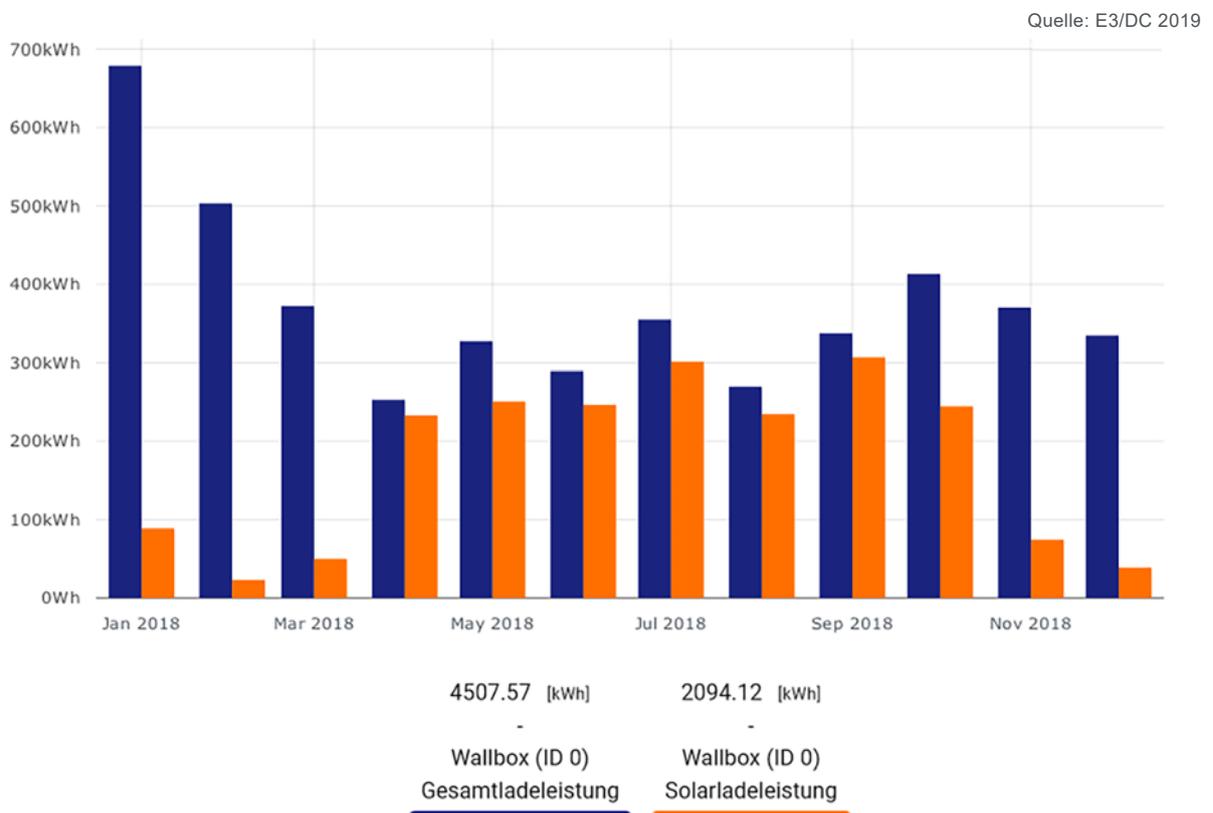
Der 12. Mai 2019 war aus Sicht dieses PV-Anlagenbesitzers ein idealer Tag. Am Vormittag lädt der stationäre Batteriespeicher im Haus, ab Mittag wird das E-Auto zu 100% über die Wallbox solar geladen. Bis zum Abend sind so über 20 kWh geladen, ohne auf Strom aus dem öffentlichen Netz zurückgreifen zu müssen.



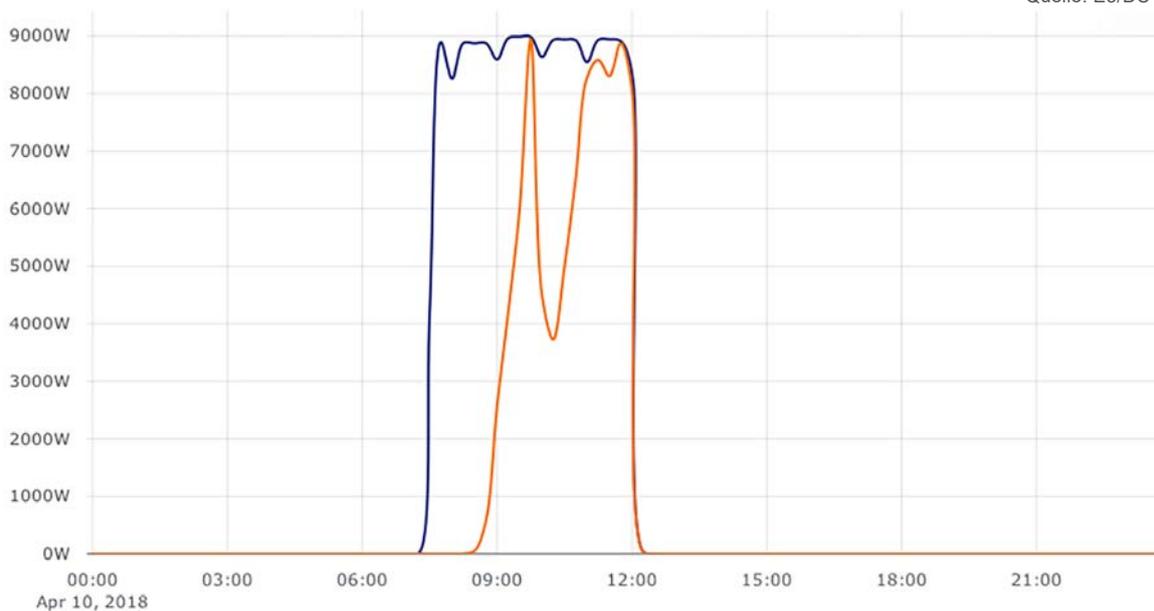
SELBSTSTÄNDIGER, OBERKLASSE-ELEKTROAUTO

Im letzten Beispielfall wird ein Selbstständiger mit einem Oberklasse-Elektroauto beschrieben. In der folgenden Abbildung ist die Jahresübersicht 2018 dargestellt. Der Solarstromanteil liegt mit ca. 47% niedriger als in den vorangegangenen Beispielen. Von 4.508 geladenen Kilowattstunden entfielen 2.094 kWh auf Solarstrom, was einer Reichweite von etwa 10.500 km entspricht. Der September 2018 war ein Monat mit hohem Solaranteil (91%) und der höchsten absoluten Solarladung (307 kWh). Im April lag der Solaranteil mit 92% am höchsten.

Die folgenden Abbildungen auf dieser und der nächsten Seite zeigen die Ladeleistung am 10. April und 17. April 2018. Am 10. April konnte etwas mehr als die Hälfte des Bedarfs solar gedeckt werden und am 17. April genügte der Solarertrag für praktisch 100% solare Ladung.



Quelle: E3/DC 2019



40.66 [kWh]	21.05 [kWh]
-	-
Wallbox (ID 0)	Wallbox (ID 0)
<u>Gesamtladeleistung</u>	<u>Solarladeleistung</u>

Quelle: E3/DC 2019



35.03 [kWh]	34.99 [kWh]
-	-
Wallbox (ID 0)	Wallbox (ID 0)
<u>Gesamtladeleistung</u>	<u>Solarladeleistung</u>



3. POTENZIALANALYSE DEUTSCHLAND

Nach dem Tiefststand des jährlichen Photovoltaik-Zubaus in den Jahren 2014 und 2015 zeichnet sich mittel- bis langfristig im Kleinanlagensegment ein stabiler Wachstumspfad ab. Wie auch eine aktuelle Initiative der Grünen fordert¹⁶, ist anzunehmen, dass mittelfristig PV-Anlagen bei Hausneubauten verpflichtend installiert werden müssen. Zusätzlich führen weitere Strompreisanstiege und sinkende PV-Anlagenpreise zu einer zunehmenden Attraktivität von PV-Eigenverbrauchslösungen. Auch die Elektromobilität ist eine maßgebliche Triebfeder für den Zubau von PV-Kleinanlagen, da der günstige grüne Strom vom eigenen Hausdach ideal zum Laden des eigenen Elektromobils passt.

Ausgehend von ca. 57.000 neuinstallierten PV-Kleinanlagen im Jahr 2018 wird, wie die folgende Abbildung zeigt, im Prognosehorizont 2035 eine Vervierfachung der jährlichen Neuinstallationen erwartet. Nahezu das gesamte Wachstum an PV-Kleinanlagen ist nach 2020 auf das Segment zwischen 7 und 10 kWp zurückzuführen. Ursächlich für dieses Wachstum sind steigende Stromverbräuche der Haushalte infolge der stärkeren Elektrifizierung von Mobilität und Wärmeerzeugung. Weiterhin werden bei privaten Haushalten zunehmend PV-Hocheffizienzmodule verbaut, wodurch sich auch auf kleinen Dachflächen höhere Anlagenleistungen realisieren lassen. Insgesamt setzt sich das historisch beschriebene Wachstum der durchschnittlichen Anlagengröße bis 2035 fort.

¹⁶ <https://www.pv-magazine.de/2019/06/24/erlangens-gruene-fordern-einfuehrung-einer-photovoltaik-pflicht-fuer-neubauten/>

Quelle: EuPD Research 2019

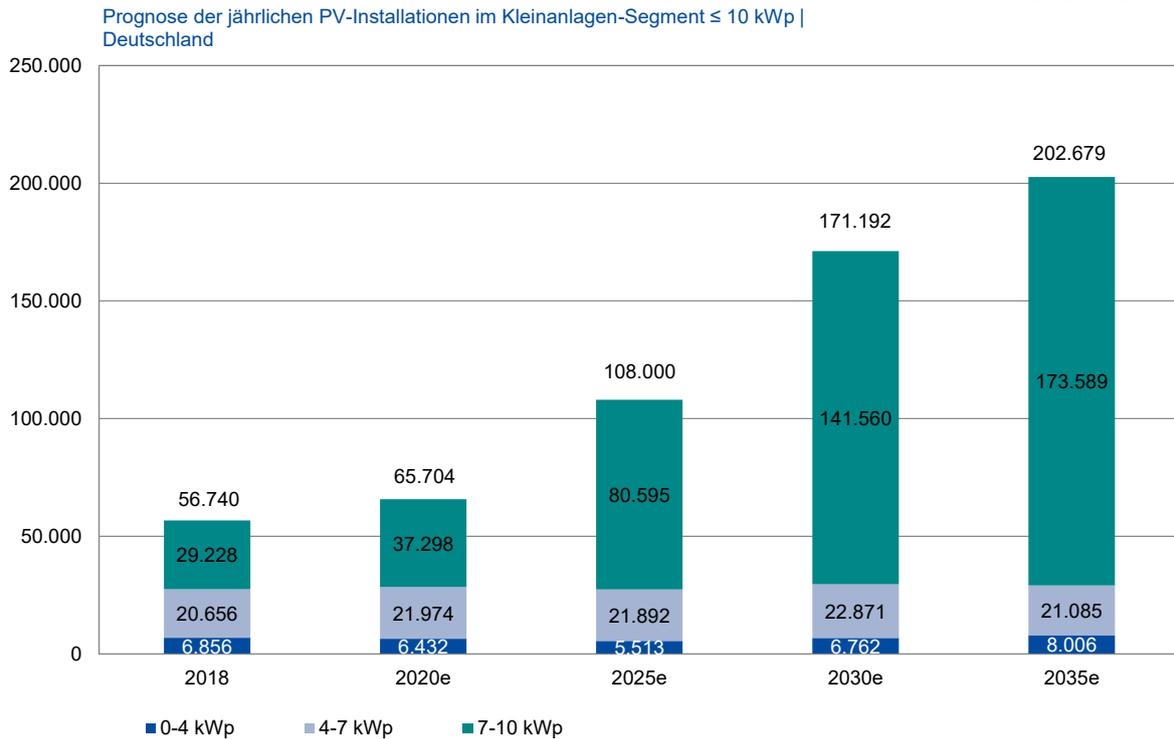


Abbildung 15: Prognose der jährlichen PV-Installationen im Kleinanlagen-Segment in Deutschland

Die zunehmende Fokussierung beim PV-Zubau auf Eigenverbrauchslösungen führt zu einer wachsenden Kopplung von PV-Kleinanlageninstallationen und Speichersystemen. Entsprechend folgt die Prognose der Speicherinstallationen dem Photovoltaik-Zubau. Ergänzend hierzu findet weiterhin die Speichernachrüstung bestehender PV-Systeme statt, deren Anteil jedoch mittelfristig abnimmt.

Ab 2021 laufen zudem die ersten PV-Anlagen aus der 20-jährigen EEG-Förderphase, so dass hier ein steigender Anteil dieser PV-Bestandsanlagen mit Speicher nachgerüstet wird. Vom starken Zubau an PV-Kleinanlagen in den Jahren 2010 bis 2012 ausgehend, wird in 2032 mit über 250.000 Speicherinstallationen ein Höchststand erwartet.

Quelle: EuPD Research 2019

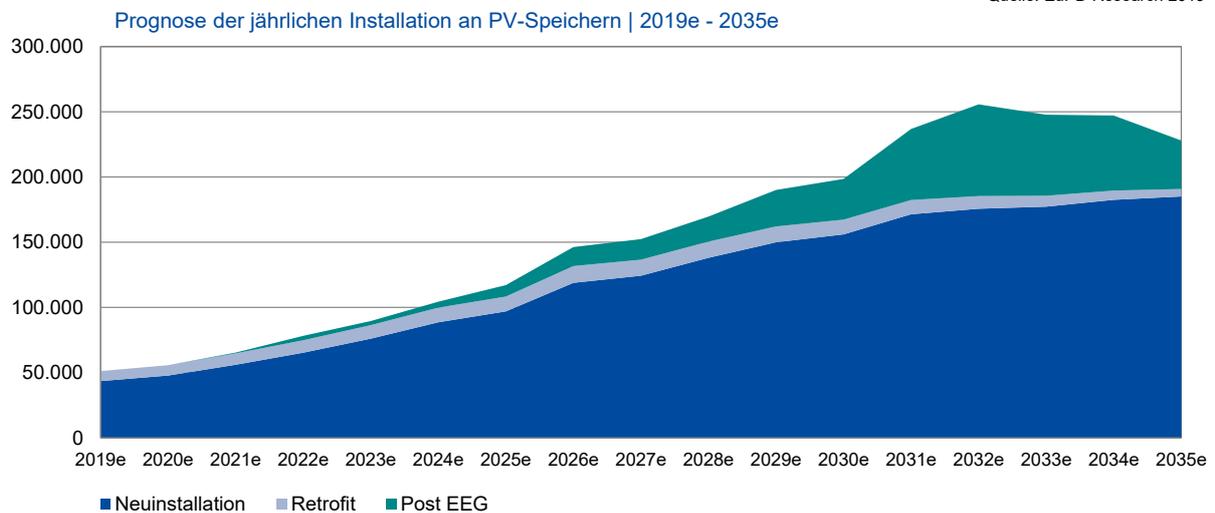


Abbildung 16: Prognose der jährlichen Installationen an PV-Speicher bis 2035

Im aktuell noch relativ kleinen Absatzmarkt für Elektrofahrzeuge ist bislang eine begrenzte Anzahl an Wallboxen installiert. Im vergangenen Jahr wurde die Anzahl an neuinstallierten PV-Anlagen in Verbindung mit einer Wallbox auf ca. 4.500 Einheiten geschätzt, was einem Anteil von acht Prozent entspricht. Drei Viertel dieser PV-Wallbox-Anlagen sind bereits mit einem Speichersystem kombiniert, um entsprechend auch in den Abend- und Nachtstunden eigenen Solarstrom in das Elektromobil laden zu können. Der zukünftige Anstieg der Elektromobilität stimuliert in der Prognose von EuPD Research die Systemkombination aus PV-Anlage, Speicher und Wallbox deutlich. Entsprechend werden im Prognosehorizont des Jahres 2035 60% der Neuinstallationen an PV-Kleinanlagen als PV-Speicher-Wallbox-Kombination errichtet.

Neben der Neuinstallation von PV-Speicher-Wallbox-Systemen werden auch zunehmend PV-Bestandsanlagen mit Speicher und Wallbox nachgerüstet. In diesem Zusammenhang sind zukünftig insbesondere die PV-Anlagen interessant, deren garantierte EEG-Einspeisevergütung nach 20 Jahren endet. Wie in den vorangegangenen Ausführungen dargelegt, ist es für die PV-Anlagenbetreiber eine attraktive Option, den Eigenverbrauch der PV-An-

lage zu maximieren. Die Nachrüstung eines Speichers ist hierbei die Voraussetzung, um den Eigenverbrauchsanteil des PV-Stroms signifikant zu steigern. Wird ergänzend noch ein Elektrofahrzeug angeschafft und eine Wallbox installiert, so lässt sich der eigene Strom vom Dach noch umfänglicher selbst vor Ort nutzen.

In der folgenden Abbildung ist die Prognose der PV-Speicher-Wallbox-Kombinationen, unterschieden in die drei Gruppen Neuinstallationen, Retrofit von PV-Bestandsanlagen und Post-EEG-PV-Anlagen dargestellt. Hierbei wird ersichtlich, dass Neuinstallationen zukünftig die mit deutlichem Abstand größte Gruppe für die Kombination aus PV-Anlage, Speicher und Wallbox darstellen. Gleichmaßen zeigt sich, dass insbesondere PV-Post-EEG-Anlagen mit der Kombination aus Speicher und Wallbox nachgerüstet werden. Für das Jahr 2035 wird ein kumulierter Bestand an PV-Speicher-Wallbox-Systemen von 1,1 Millionen in Deutschland prognostiziert. Ausgehend von der kumulierten Anlagenanzahl Ende 2018 wird sich dieser Markt damit bis 2025 bereits um den Faktor 24 erhöhen und im Prognosehorizont in 2035 um den Faktor 211 angewachsen sein.

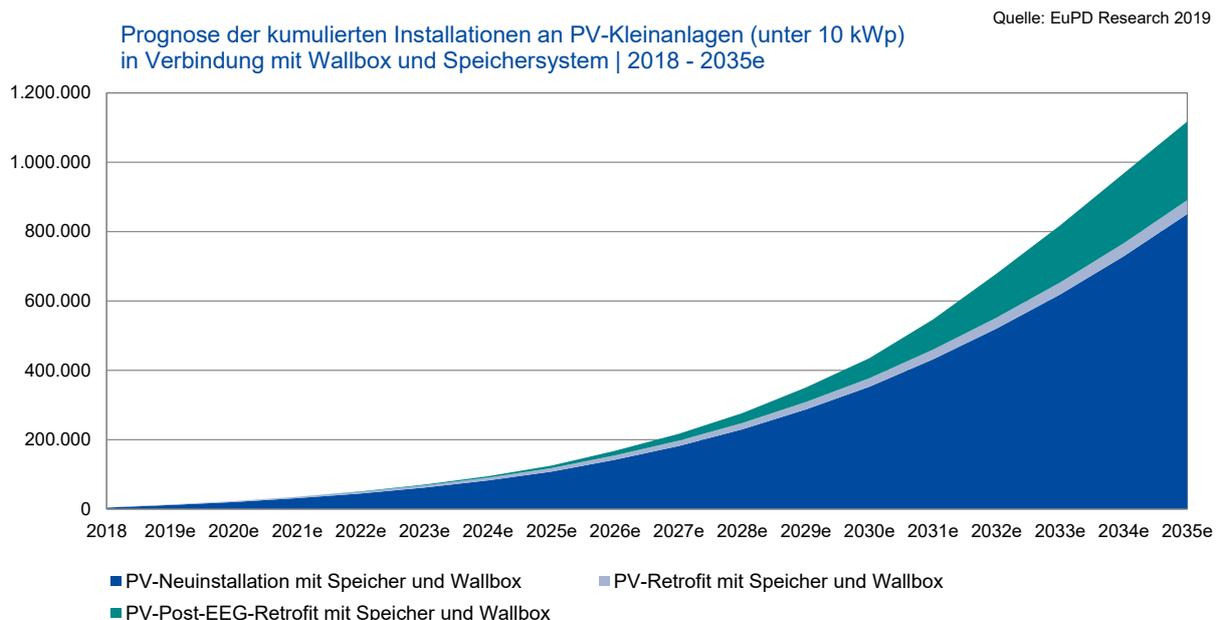


Abbildung 17: Prognose der kumulierten Installationen an PV-Kleinanlagen in Verbindung mit Wallbox und Speichersystem



4. FAZIT

Die Photovoltaik hat sich in Deutschland im Laufe der vergangenen zwei Jahrzehnte zu einer Säule der Energieversorgung entwickelt. Im Gegensatz dazu steht die Elektromobilität noch in der Einführungsphase. Obgleich ambitionierte politische Ziele gesetzt wurden, ist die Durchdringung des Massenmarkts durch die Elektromobilität bislang ausgeblieben. Mit dem Auslaufen der ersten PV-Anlagen aus der staatlich garantierten Einspeisevergütung sind die Besitzer in der Situation, Alternativen zur Netzeinspeisung finden zu müssen. Hier liegt es nahe, den PV-Strom selbst zu verbrauchen. Mit einem Batteriespeicher kann der Strom, der tagsüber erzeugt wird, auch in den Abend- und Nachtstunden genutzt werden. Da aufgrund neuer Verbraucher wie Wärmepumpen und Elektroautos der Strombedarf steigt, ist dies eine passende Entwicklung. Auch für Besitzer jüngerer PV-Anlagen, die bereits auf Eigen-

verbrauch ausgerichtet sind, ist die Verbindung aus PV-Anlage, Wallbox und Speicher ideal, um mehr Unabhängigkeit zu erreichen. Die Beispiele aus der Praxis der E3/DC-Kunden zeigen, dass bereits hohe, teils sehr hohe Werte beim solaren Ladeanteil erreicht werden.

In den kommenden Jahren ergibt sich somit ein hohes Potenzial für die Kombination aus Photovoltaik, Speicher und Wallbox. Dies wird untermauert durch Befragungsergebnisse von EuPD Research: Sie zeigen, dass knapp die Hälfte der befragten PV-Anlagenbesitzer die Absicht äußert, in Zukunft ein Elektroauto anzuschaffen. Der Photovoltaikmarkt ist folglich eine treibende Kraft der Elektromobilität in Deutschland.

ABBILDUNGEN

Abb. 1:	Entwicklung der PV-Neuinstallationen bis Ende 2018	9
Abb. 2:	Sättigung von PV-Kleinanlagen in Deutschland	9
Abb. 3:	EEG-Vergütung in Deutschland im PV-Kleinanlagensegment	10
Abb. 4:	Retrofit-Segmente der PV-Kleinanlagen in Deutschland	12
Abb. 5:	Preisspannen für mobiles Laden	13
Abb. 6:	Ladeleistung Wallbox Freiberufler 2018	18
Abb. 7:	Ladeleistung Wallbox Freiberufler 7. Mai 2018	18
Abb. 8:	Ladeleistung Wallbox Ehepaar 2018	19
Abb. 9:	Ladeleistung Wallbox Ehepaar 20. September 2018	19
Abb. 10:	Ladeleistung Wallbox Angestellter H1 2019	20
Abb. 11:	Ladeleistung Wallbox Angestellter 12. Mai 2019	20
Abb. 12:	Ladeleistung Wallbox Selbstständiger 2018	21
Abb. 13:	Ladeleistung Wallbox Selbstständiger 10. April 2018	22
Abb. 14:	Ladeleistung Wallbox Selbstständiger 17. April 2018	22
Abb. 15:	Prognose der jährlichen PV-Installationen im Kleinanlagen-Segment in Deutschland	24
Abb. 16:	Prognose der jährlichen Installationen an PV-Speicher bis 2035	24
Abb. 17:	Prognose der kumulierten Installationen an PV-Kleinanlagen in Verbindung mit Wallbox und Speichersystem	25

BILDER

© Herr Loeffler - stock.adobe.com	1
© froxx - Fotolia	3
© Marina Lohrbach - stock.adobe.com	6
© Simon Kraus - Fotolia	8
© Foto by Tom Bauer	16
© Foto by Alexander Dummer on Unsplash	17
© RS-Studios - stock.adobe.com	23
© Herr Loeffler - stock.adobe.com	26

