
Eigenversorgung aus Solaranlagen

Das Potenzial für Photovoltaik-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft sowie im Lebensmittelhandel

ANALYSE

Agora
Energiewende



Eigenversorgung aus Solaranlagen

IMPRESSUM

ANALYSE

Eigenversorgung aus Solaranlagen

Das Potenzial für Photovoltaik-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft sowie im Lebensmittelhandel

ERSTELLT IM AUFTRAG VON

Agora Energiewende
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin

PROJEKTLEITUNG

Matthias Deutsch
matthias.deutsch@agora-energiewende.de

Andreas Jahn
Regulatory Assistance Project
ajahn@raponline.org

DURCHFÜHRUNG DER ANALYSE

Prognos AG
Goethestraße 85 | 10623 Berlin
Leonard Krampe, Marco Wunsch,
Marcus Koepp

Satz: UKEX GRAPHIC, Ettlingen
Titelbild: iStock/querbeet

101/03-A-2016/DE

Veröffentlichung: Oktober 2016
Korrigierte Fassung

Bitte zitieren als:

Prognos (2016): *Eigenversorgung aus Solaranlagen. Das Potenzial für Photovoltaik-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft sowie im Lebensmittelhandel.* Analyse im Auftrag von Agora Energiewende.

www.agora-energiewende.de

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

immer mehr Verbraucher überlegen, ob eine Eigenversorgung mit Solarstrom für sie günstiger ist als der Strombezug aus dem Netz. Mithilfe von Speichern lässt sich sogar ein noch höherer Anteil des selbst erzeugten Stroms zu Hause verbrauchen – direkt oder indirekt, für Strom- oder Wärmeanwendungen wie beispielsweise Wärmepumpen. Wie wirtschaftlich das im Einzelnen ist, hängt von Fall zu Fall ab. Klar ist jedoch: Sinkende Preise für Solaranlagen und Stromspeicher lassen Eigenversorgungslösungen in Zukunft absehbar immer attraktiver werden. Damit einher gehen große Hoffnungen und Ängste: So wird teilweise die flächendeckende Stromautonomie vorhergesagt oder die grassierende Entsolidarisierung bei der Finanzierung der Netze und der Energiewende beklagt.

Doch wie groß ist das Potenzial der Eigenversorgung wirklich? Kann sie tatsächlich die Energiewirtschaft komplett auf den Kopf stellen? Um diesen Fragen nachzugehen, hat Agora Energiewende das Gutachterinstitut Prognos beauftragt, die Potenziale der Solarstromeigenversorgung für die Sektoren zu untersuchen, welche die höchsten Anteile der Solarstromeigenversorgung erreichen können: Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Landwirtschaft und Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel. – Die Ergebnisse sind teilweise überraschend!

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!

Ihr Patrick Graichen

Direktor Agora Energiewende

Das Wichtigste auf einen Blick:

1

Die Eigenstromversorgung durch Solar-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft und Lebensmittelhandel bleibt überschaubar. Sie wird bis 2035 insgesamt maximal gut 44 Terawattstunden pro Jahr erreichen. Darin enthalten ist ein erheblicher Anteil an Strom für zusätzliche Wärmeanwendungen, sodass die Eigenversorgung jährlich maximal 24 Terawattstunden des heutigen Strombezugs aus dem Netz ersetzt. Das entspricht rund fünf Prozent des heutigen Nettostromverbrauchs. Würde dies kurzfristig realisiert, würde dies die EEG-Umlage um etwa 0,5 Cent pro Kilowattstunde erhöhen.

2

Das wirtschaftliche Potenzial der Solarversorgung durch Mieterstrommodelle im Wohnbereich und im Gewerbebereich ist derzeit nicht sicher abschätzbar. Bislang ist dieser Bereich nur ein kleiner Nischenmarkt, auch wegen der oft komplizierten Eigentümer-Nutzer-Konstellation. Dieser Markt wird wesentlich durch die politische Gestaltung der Rahmenbedingungen, insbesondere bei den Abgaben und Umlagen bestimmt.

3

Die Politik sollte zügig einen stabilen Rechtsrahmen für Eigenversorgung und Mieterstrommodelle schaffen, der auch die damit verbundenen Umverteilungseffekte angemessen adressiert. In den vergangenen Jahren wurde die Eigenstromversorgung politisch sowohl gefördert als auch behindert – teilweise sogar gleichzeitig. Damit dauerhafte Geschäftsmodelle ermöglicht werden, die weder zulasten der anderen Stromverbraucher gehen noch in Zukunft rückwirkend entwertet werden, ist ein langfristig stabiler Ordnungsrahmen erforderlich.

Inhalt

Vorwort	1
Summary	5
Kurzfassung	9
1 Einleitung	13
2 Methodik und Vorgehensweise	15
3 Private Haushalte: Ein- und Zweifamilienhäuser	17
3.1 Methodik	17
3.1.1 Untere Potenzialschätzung: Betrachtung innerhalb des EEG-Regimes (ohne Speicher)	17
3.1.2 Obere Potenzialschätzung: Maximales wirtschaftliches Potenzial mit und ohne Speicher	18
3.2 Ergebnisse	22
3.2.1 Untere Potenzialschätzung: Bestand und EEG-Zubau	22
3.2.2 Obere Potenzialschätzung: maximales wirtschaftliches Potenzial mit und ohne Speicher	23
3.2.3 Bandbreite des Eigenversorgungspotenzials	29
4 GHD-Sektor: Landwirtschaft und Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel	31
4.1 Methodik	31
4.1.1 Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel	32
4.1.2 Landwirtschaft	33
4.2 Ergebnisse	34
4.2.1 Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel	34
4.2.2 Landwirtschaft	35
5 Einordnung der Ergebnisse	37
6 Wertigkeit der Resteinspeisung	39
7 Resümee und Schlussfolgerungen	41
Literaturverzeichnis	43
Anhang	45

Summary

Self-consumption with solar power systems

The potential for photovoltaic energy storage systems in single- and two-family homes, in agriculture and in the food trade

Over the past few years, the topic of prosumers' self-consumption with solar power has figured ever more prominently in discussions about Germany's rising EEG surcharge, which is the fee imposed by the German Renewable Energy Sources Act (EEG) on the kilowatt-hour price of electricity paid by consumers. This discussion has been driven by the sharply dropping cost of photovoltaic systems and battery storage, which has raised the potential for the expansion of self-consumption.¹ This study examines possible expansion scenarios for self-consumption through 2035, concentrating on the main areas in which the technology is suited. It first focuses on the private residential sector, specifically single- and two-family homes. Apartment buildings are not considered here.² The study then considers several well-suited segments in the commerce, trade and services sector without undertaking a full survey of its potential.

The examination of potential self-consumption in the area of private households takes place in two steps. First the study considers self-consumption (without battery storage) within the EEG scheme, assuming that the 52 gigawatt cap is omitted and the remuneration scheme for solar power systems remains in place. Then it examines the maximum potential for self-consumption (with and without storage), regardless of which amendments to the EEG are passed in the future. The study concludes its analysis by turning to two segments in the commerce, trade and services sector that are particularly suited for self-consumption: agriculture and retail/wholesale food.

Below is a summary of the study's findings:

Private households

- For all cases considered in this study, self-consumption with photovoltaic and photovoltaic energy storage systems for single-family and two-family homes will become economically feasible in the coming years. Depending on when the investment is made, they are projected to yield profits of 4 to 16 per cent (2020), 6 to 20 per cent (2030), and 7 to 24 per cent (2035).
- Residential self-consumption which has a potential of amounting to 4.6 and 38.6 terawatt hours per year by 2035. The lower value represents exclusively existing self-consumption today plus future systems to be built under EEG regulations. The upper value includes energy storage and a realisation of the technology's full economic potential. An economic potential of 14.5 terawatt hours per year is possible for the scenario in which only small-sized solar power systems without energy storage are installed.
- Photovoltaic energy storage systems, even when factoring in large price drops for batteries, do not make more economic sense than do photovoltaic energy systems without storage.³ From a purely economic standpoint,

1 Here, self-consumption refers to electricity generated by a local system that is operated by the same person or legal entity that consumes its electricity without any transit through the (public) grid. See §5 no. 12 EEG 2014 and BNetzA (2016). Note that BNetzA uses the term *self-supply* to translate the German expression "Eigenversorgung".

2 On-site solar power generation for apartment buildings is made more complicated by the fact that the user of the property is in many cases not its owner. Those constellations are inconsistent with the definition of self-consumption used here. The recently enacted regulations governing solar power systems on rented properties (the so-called *Mieterstrommodelle*; see §95 EEG 2017) have been designed to enable the installation of on-site solar power generation systems in apartment buildings as well. Whether this occurs and which consequences result should be followed up on by further studies in the near future.

3 This study assumes that the cost of photovoltaic systems will continue to decline over time. (See section 3.1).

most consumers are thus likely to choose systems without storage capacity, and these yield a self-consumption ratio of around 30 per cent (which is less than that covered by photovoltaic energy storage systems.)

- But it is not clear whether households will base their decisions solely on profitability. The greater absolute surplus from photovoltaic energy storage relative to systems without storage might encourage homeowners to purchase battery-based systems. But homeowners' desire to be independent of utility companies may also play a role in their decisions and this cannot be monetized here.
- In view of these points, much speaks for setting the total realisable potential for single-family and two-family homes at the upper value of 38.6 terawatt hours per year. But this includes self-consumption for conventional electrical uses as well as for new heat applications (heat pumps, warm water), and self-consumption only replaces electricity demand from the grid for the former. Accordingly, the upper potential estimate of reduced energy use from the grid is around 20.3 terawatt hours per year.
- With private household electricity use in Germany of around 130 terawatt hours per year,⁴ self-consumption with photovoltaic would cover just under 16 per cent of this grid power, assuming that single-family and two-family homes actually achieve the potentials calculated here. When referring to the electricity use of single-family and two-family homes, self-consumption with photovoltaic would cover about 30 per cent of this grid power.⁵

Commerce, trade and services sector

- In the commerce, trade and services sector, electricity use amounts to around 140 terawatt hours per year.⁶ For the sector segment under study – agriculture, food retailers and wholesalers – we found considerable potential for self-consumption: around 3.8 terawatt hours per year, or just under 3 per cent of total electricity demand in the sector, is economically feasible. When referring to the total electricity use of the segments agriculture and retail-

ers/wholesalers, which is estimated to be about 30 TWh, self-consumption with photovoltaic that is economically feasible would cover about 13 per cent.⁷

- In other segments of the sector such as healthcare, hotels, small business, or office buildings the potential for self-consumption is considerably less than in agriculture or food. The main reasons for this are as follows:
 1. The available roof areas in these segments are small relative to electricity demand.
 2. Self-consumption with photovoltaic systems must compete with already available combined heat and power systems.
 3. Many of the business locations are leased, so that owner and occupant are not identical.
- All in all, this study found that the maximum potential of self-consumption for private households and for the selected segments in the commerce, trade and services sector that reduces electricity use from the grid amounts to some 24 terawatt hours per year. If this potential was achieved in the short term, Germany's EEG surcharge would rise by around 0.5 cent per kilowatt hour.⁸ Slight increases in other areas impacting the electricity price would also occur, such as in network charges and in the CHP surcharge. Though due to a lack of data, this study was unable to provide an estimate for these increases.

The findings of this study reflect the possible total potential for self-consumption of a clearly defined segment. This must be kept in mind when making direct comparisons with other studies.

Recommendations

- From today's perspective, self-consumption poses no risk of quickly eroding the funding base of Germany's EEG

⁴ See AG Energiebilanzen (2016).

⁵ See Statistisches Bundesamt (2016), BDEW (2016)

⁶ See AG Energiebilanzen (2016).

⁷ Fh-ISI et al. (2015), AG Energiebilanzen (2016)

⁸ Assuming a final consumption of 360 terawatt hours per year subject to the EEG surcharge and a resulting surcharge of 22.88 billion euros per year (ÜNB 2015), the EEG surcharge would increase by nearly 0.5 euro cent per kilowatt hour if potentials for self-consumption identified in this study were completely exhausted. $[(22.88 \text{ billion euros} / (360 - 24) \text{ TWh}) - (22.88 \text{ billion euros} / 360 \text{ TWh}) = 0.0045 \text{ euros/kWh}]$.

surcharge or network charges. The potentials determined in this study are relatively low, and, even if the price of photovoltaic energy storage systems continues its rapid fall, market growth will remain gradual.

- The potential for self-consumption in other private household segments and in the areas of commerce, trade and services and industry depends on the regulatory framework in place. This applies in particular to regulations governing photovoltaic energy systems on rented properties (*Mieterstrommodelle*), which are explicitly addressed by the 2017 amendments to the EEG.⁹
- Over the past few years, politicians have sent mixed signals about self-consumption. On the one hand, they have explicitly promoted self-consumption with measures such as the bonus scheme introduced in the 2009 version of the EEG. On the other hand, they have introduced additional costs, such as the charges for self-consumption levied by the 2014 revision of the EEG and the Federal Ministry of Finance's 2016 proposal of imposing the tax on electricity on self-consumption. In some cases, the government and the parliament have been unable to reach an agreement. One example is the proposal by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy in 2015 to eliminate the subsidized loans for electricity storage administered by the KfW bank, which the Bundestag later rejected.
- If solar power business models are to have a firm basis, politicians must take swift action to provide a stable framework for self-consumption and on-site solar generation on rented properties such as apartment buildings. For this, the proper structuring of levies and fees – the EEG surcharge and network charges in particular – is crucial. A forward-looking system of levies and fees would have to include owners of private property and their tenants in the overall costs of the system; and it would need to ensure that future changes in legislation do not retroactively devalue investments in on-site solar power.

9 See §95 EEG 2017.

Kurzfassung

Die Eigenversorgung aus Solarstromanlagen ist in den letzten Jahren im Rahmen der Diskussion über die steigende EEG-Umlage immer wichtiger geworden. In Anbetracht stark fallender Kosten für Photovoltaikanlagen und Batteriespeicher besteht ein Potenzial zur weiteren Erhöhung der Eigenversorgung. Die vorliegende Kurzstudie analysiert mögliche Entwicklungspfade der Photovoltaik-Eigenversorgung bis zum Jahr 2035. Dabei wird jedoch nicht die gesamte mögliche Photovoltaik-Eigenversorgung untersucht; die Untersuchung konzentriert sich vielmehr auf die maßgeblichen Bereiche, die für eine Eigenversorgung überhaupt in Betracht kommen.¹⁰ Im Sektor der privaten Haushalte liegt der Fokus auf der potenziellen Photovoltaik-Eigenversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern.¹¹ Mehrfamilienhäuser werden nicht betrachtet.¹² Für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) konzentriert sich die Untersuchung auf die mögliche Photovoltaik-Eigenversorgung ausgewählter, gut geeigneter Branchen. Eine Vollerhebung des Potenzials wird nicht vorgenommen.

Die Untersuchung der potenziellen Eigenversorgung im Bereich der privaten Haushalte findet in zwei Schritten statt. Zunächst wird das Eigenversorgungspotenzial von Photovoltaikanlagen innerhalb des EEG-Regimes (ohne Speicher) betrachtet. Dabei wird von einem Wegfall des 52-Gigawatt-

Deckels und einer Fortführung der Vergütung für Photovoltaikanlagen ausgegangen. Anschließend wird das maximale Potenzial der Photovoltaik-Eigenversorgung (mit und ohne Speicher) untersucht. Dies geschieht unabhängig von der weiteren Entwicklung des EEG. Für den Sektor GHD werden aufgrund ihrer besonderen Eignung für die Eigenversorgung die Branchen Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel und die Landwirtschaft betrachtet.

Die Kurzstudie kommt zu folgenden Ergebnissen:

Private Haushalte

- Photovoltaikanlagen und Photovoltaik-Speicher-Systeme für die Eigenversorgung in Ein- und Zweifamilienhäusern werden in den nächsten Jahren in allen betrachteten Fällen wirtschaftlich. Sie erreichen, je nach Zeitpunkt der Investition, jährliche Projektrenditen im Bereich von 4 bis 16 Prozent (2020), 6 bis 20 Prozent (2030) und 7 bis 24 Prozent (2035).
- Die Photovoltaik-Eigenversorgung hat bei den privaten Haushalten für den Zeitraum bis 2035 ein Potenzial von 4,6 bis 38,6 Terawattstunden pro Jahr. Der untere Wert berücksichtigt ausschließlich die Eigenversorgung der heute und zukünftig unter das EEG fallenden Anlagen. Der obere Wert berücksichtigt die Nutzung des Solarstroms durch Batteriespeicher und die Erschließung des wirtschaftlichen Gesamtpotenzials. Ohne Speichernutzung und bei ausschließlicher Installation kleinerer Anlagen wäre ein wirtschaftliches Potenzial in Höhe von 14,5 Terawattstunden pro Jahr erschließbar.
- Bei einer reinen Rentabilitätsbetrachtung sind Photovoltaik-Speicher-Systeme trotz unterstellter ambitionierter Kostensenkung für die Speichermodule nicht wirtschaftlicher als Photovoltaiksysteme ohne Speicher.¹³ Aus rein wirtschaftlicher Sicht wären deshalb nur die geringeren

10 §5 Nr. 12 EEG 2014: Strom, den eine natürliche oder juristische Person im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage selbst verbraucht, wenn der Strom nicht durch ein Netz durchgeleitet wird und diese Person die Stromerzeugungsanlage selbst betreibt. siehe auch BNetzA (2016)

11 Siehe auch Kapitel 3.2.3 für Details

12 Aufgrund der ungünstigen Eigentümer-Nutzer-Konstellation fallen Solaranlagen auf Mehrfamilienhäusern zu einem großen Teil nicht unter die hier verwendete Definition von Eigenversorgung, sondern zählen zur Direktversorgung. Mit den kürzlich beschlossenen Regelungen zu sogenannten „Mieterstrommodellen“ (§95 EEG 2017) kann sich auch in Mehrfamilienhäusern ein Photovoltaik-Direktversorgung entwickeln. Ob dies tatsächlich geschieht und welche Rückkopplungen sich hieraus ergeben, sollte zeitnah verfolgt werden.

13 In dieser Analyse wird vorausgesetzt, dass auch die Kosten der Photovoltaik über die Zeit weiter sinken (siehe Kapitel 3.1).

Eigenversorgungsanteile von rund 30 Prozent für Systeme ohne Speicher zu erwarten.

- Allerdings ist nicht klar, ob und inwieweit sich Haushalte ausschließlich am Kriterium der Rentabilität orientieren. Eine Entscheidung für Photovoltaik-Speicher-Systeme kann befördert werden, wenn zusätzlich die absoluten Projektüberschüsse von Investitionen in Photovoltaik-Systeme mit und ohne Speicher betrachtet werden. Diese sind bei Photovoltaik-Speicher-Systemen höher. Darüber hinaus kann das hier nicht monetarisierte Streben des Eigentümers nach Unabhängigkeit vom Stromversorger eine Rolle spielen.
- Vor diesem Hintergrund spricht viel dafür, für das erschließbare Gesamtpotenzial bei den Ein- und Zweifamilienhäusern der privaten Haushalte den oberen Wert von 38,6 Terawattstunden pro Jahr anzusetzen. Allerdings ist hierin die Nutzung des eigenerzeugten Stroms sowohl für bisherige Stromanwendungen als auch für neue Wärmeanwendungen (Wärmepumpen, Warmwasserbereitung) enthalten, wobei nur erstere eindeutig den Strombezug aus dem Netz durch Eigenversorgung ersetzen. Hieraus ergibt sich für den verdrängten Strombezug aus dem Netz eine obere Potenzialschätzung von rund 20,3 Terawattstunden pro Jahr.
- Ausgehend von einem Stromverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland von rund 130 Terawattstunden pro Jahr¹⁴ bedeutet dies, dass die Photovoltaik-Eigenversorgung knapp 16 Prozent dieses ansonsten aus dem Netz bezogenen Stroms decken kann, wenn die für Ein- und Zweifamilienhäuser ermittelten Potenziale tatsächlich erschlossen werden. Bezogen auf den Stromverbrauch nur der Ein- und Zweifamilienhäuser, kann die Photovoltaik-Eigenversorgung rund 30 Prozent des ansonsten aus dem Netz bezogenen Stroms decken.¹⁵

wattstunden pro Jahr.¹⁶ Die Ergebnisse des betrachteten GHD-Branchenausschnitts – Landwirtschaft und Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel – zeigen, dass in einzelnen Wirtschaftszweigen des Sektors erhebliche Eigenversorgungspotenziale erschlossen werden könnten. In den genannten Branchen beträgt das wirtschaftlich realisierbare Gesamtpotenzial rund 3,8 Terawattstunden pro Jahr und damit knapp drei Prozent des gesamten GHD-Stromverbrauchs. Bezogen auf den geschätzten Stromverbrauch der Branchen Landwirtschaft und Handel in Höhe von rund 30 TWh beträgt das wirtschaftlich realisierbare Gesamtpotenzial rund 13 Prozent.¹⁷

- In den anderen Bereichen des GHD-Sektors wie zum Beispiel Gesundheitsbereich, Hotels, Kleingewerbe oder Bürogebäude sind die Potenziale für Photovoltaik-Eigenversorgung wesentlich geringer als im Bereich der Landwirtschaft oder dem Lebensmittelhandel. Die wesentlichen Gründe dafür sind:
 1. Die zur Verfügung stehenden Dachflächen sind im Verhältnis zum jeweiligen Strombedarf relativ klein.
 2. Die Photovoltaik-Eigenstromversorgung tritt in Konkurrenz zu bestehenden Kraft-Wärme-Kopplungs-Eigenversorgungslösungen.
 3. Sehr viele Objekte sind nur angemietet, sodass Eigentümer und Nutzer der Gebäude auseinanderfallen.
- Insgesamt beträgt das hier ermittelte maximale wirtschaftliche Eigenversorgungspotenzial der Haushalte und der ausgewählten GHD-Branchen, welches Strombezug aus dem Netz ersetzt, rund 24 Terawattstunden pro Jahr. Würde dies kurzfristig realisiert, würde dies die EEG-Umlage um etwa 0,5 Cent pro Kilowattstunde erhöhen.¹⁸ Auch andere Strompreisbestandteile wie Netzentgelte und Kraft-Wärme-Kopplungsumlage würden sich leicht erhöhen, eine Abschätzung konnte aufgrund von man-

Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

- Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) beträgt der Stromverbrauch insgesamt rund 140 Tera-

¹⁶ AG Energiebilanzen (2016)

¹⁷ Fh-ISI et al. (2015), AG Energiebilanzen (2016)

¹⁸ Bei einem angenommenen umlagepflichtigen Letztverbrauch von rund 360 Terawattstunden pro Jahr und einem EEG-Umlagebetrag von 22,88 Milliarden Euro pro Jahr (ÜNB 2015) würde sich die EEG-Umlage bei kompletter Ausschöpfung der hier ermittelten Eigenversorgungspotenziale um knapp 0,5 Cent pro Kilowattstunde erhöhen. $[(22,88 \text{ Mrd. €} / (360 - 24) \text{ TWh}) - (22,88 \text{ Mrd. €} / 360 \text{ TWh}) = 0,0045 \text{ €/kWh}]$.

¹⁴ AG Energiebilanzen (2016)

¹⁵ Statistisches Bundesamt (2016), BDEW (2016)

gelndem Datenmaterial im Rahmen dieser Studie jedoch nicht erfolgen.

Die Ergebnisse dieser Kurzstudie stellen einen über ihre Rahmenbedingungen klar definierten Ausschnitt der möglichen Gesamtpotenziale für die Eigenversorgung dar. Bei einem direkten Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien ist dies zu berücksichtigen.

Handlungsempfehlungen

- Vor dem Hintergrund dieser ermittelten Potenziale besteht aus heutiger Sicht kein Risiko einer schnellen Erosion der Finanzierungsbasis der EEG-Umlage oder der Netzentgelte, da die Eigenversorgungsmengen heute noch relativ klein sind und selbst bei einer weiteren schnellen Kostensenkung von Photovoltaik-Speicher-Systemen es nur eine kontinuierliche Marktentwicklung geben wird.
- Welche weiteren Eigenversorgungspotenziale in anderen Segmenten der privaten Haushalte, im Bereich von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und darüber hinaus auch der Industrie erschlossen werden könnten, hängt vom regulatorischen Rahmen ab. Dies gilt insbesondere im Bereich der Mieterstrommodelle, der im aktuellen EEG 2017 explizit adressiert wurde.¹⁹
- Die Politik hat im Bereich der Eigenversorgung und Mieterstrommodelle in den vergangenen Jahren widersprüchliche Signale ausgesendet: Einerseits wurden Eigenversorgungsmodelle explizit gefördert (so etwa durch den Eigenversorgungsbonus im EEG 2009), andererseits wurden sie durch zusätzliche Kosten belastet (zum Beispiel Teilbelastung der Eigenversorgung durch die EEG-Umlage im EEG 2014, BMF-Vorschlag einer Stromsteuerbelastung von Eigenversorgungsmodellen 2016). Teilweise waren sich Regierung und Parlament uneinig, so etwa bei der vorgeschlagenen Abschaffung der KfW-Förderung für Stromspeicher durch das BMWi 2015, die vom Bundestag wieder rückgängig gemacht wurde.
- Es ist Aufgabe der Politik, zeitnah für einen stabilen Ordnungsrahmen im Bereich der Eigenversorgung und der Mieterstrommodelle zu sorgen, um so entsprechenden

Geschäftsmodellen eine sichere Basis zu gewähren. Entscheidend ist hierfür die Gestaltung der Abgaben- und Umlagensysteme, insbesondere der EEG-Umlage und Netzentgelte. So sollte eine zukunftsgerichtete Neuordnung der Abgaben und Umlagen die Eigenversorger und Mieterstromnutzer an den Kosten des Gesamtsystems angemessen beteiligen – und ihnen dann für die Zukunft aber auch garantieren, dass es durch spätere Änderungen keine rückwirkende Entwertung der Geschäftsmodelle geben wird.

19 §95 EEG 2017

1 Einleitung

Ziel dieser Kurzstudie ist die Bestimmung des wirtschaftlichen Potenzials für die Eigenversorgung mit Strom aus Photovoltaikanlagen einzelner Nutzergruppen im Zeitraum bis zum Jahr 2035. Mit *Eigenversorgung* ist hier im Sinne des §5 Nr. 12 EEG 2014 „der Verbrauch von Strom [gemeint], den eine natürliche oder juristische Person im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage selbst verbraucht, wenn der Strom nicht durch ein Netz durchgeleitet wird und diese Person die Stromerzeugungsanlage selbst betreibt“.²⁰ Dieser Bericht legt die Methodik und die Ergebnisse der Berechnungen und Schätzungen der Eigenversorgungsentwicklung aus Photovoltaik für private Haushalte und ausgewählte Branchen des GHD-Sektors dar. Es erfolgt dazu eine kurze Darstellung zur Datenlage und zu den vorhandenen Ansätzen zur Schätzung der aktuellen Eigenversorgung in Deutschland. Darüber hinaus werden auch die Ergebnisse der IW/EWI-Studie *Eigenerzeugung und Selbstverbrauch von Strom* im Vergleich zu dieser Analyse eingeordnet.

Die Potenzialanalyse gliedert sich in mehrere Untersuchungsteile. Zunächst wird betrachtet, wie sich die Eigenversorgungsmengen im Segment der Ein- und Zweifamilienhäuser der privaten Haushalte (im Folgenden kurz: private Haushalte) bei einer Fortführung der aktuellen Regelungen aus dem EEG 2014 weiter entwickeln können. Im Anschluss wird dann das gesamte wirtschaftlich erschließbare Potenzial für die Eigenstromversorgung mit unterschiedlichen Photovoltaiksystemen bei den privaten Haushalten untersucht. Aus dieser Betrachtung ergeben sich Spannen für ein erschließbares Gesamtpotenzial. Der dann folgende Untersuchungsteil widmet sich dem wirtschaftlichen Potenzial für die Photovoltaik-Eigenversorgung in einzelnen Segmenten des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD). Im Anschluss an diese Berechnungen werden die Untersuchungsergebnisse in den Kontext einer aktuellen Untersuchung des IW/EWI eingeordnet und die Wertigkeit der nach der Eigennutzung des Solarstroms

noch verbleibenden Resteinspeisung in das Stromnetz betrachtet.

Abschließend werden die übergreifenden Ergebnisse der Untersuchung in einem Resümee zusammengefasst und Handlungsempfehlungen für die Politik abgeleitet.

20 BNetzA (2016)

2 Methodik und Vorgehensweise

Die Untersuchung betrachtet die mögliche Entwicklung der Photovoltaik-Eigenversorgung in Ein- und Zweifamilienhäusern von privaten Haushalten und einzelnen gewerblichen Branchen für den Zeitraum bis zum Jahr 2035.

Die Photovoltaik-Eigenversorgung ist insbesondere für Eigenheimbesitzer wegen steigender Strompreise und gleichzeitig sinkenden Photovoltaiksystemkosten in den letzten Jahren bereits bei der Neuinstallation von Photovoltaikanlagen attraktiv geworden. Dennoch wurden von privaten Haushalten bis 2015 nur in wenigen Ausnahmefällen Photovoltaikanlagen installiert, die auf eine Förderung über das EEG vollständig verzichteten.

Für eine **untere Potenzialabschätzung** der Entwicklung bis 2035 kann deshalb für die Entwicklung der Stromerzeugung und der Eigenversorgung auf den heutigen Anlagenbestand mit einer Fortschreibung des Anteils kleiner Anlagen am Gesamtausbaupfad für Photovoltaik im EEG zurückgegriffen werden. Dabei ist zu beachten, dass viele heute über das EEG geförderte Anlagen nach dem Ende des Förderzeitraums noch funktionstüchtig sein werden und dann für die Eigenversorgung genutzt werden. Dieser untere Entwicklungspfad wird mit einem Kohortenmodell untersucht, in das neben dem detaillierten Anlagenkataster spezifische Annahmen zur Lebensdauer und Kostenstruktur der Anlagen eingespeist werden.

Die **obere Potenzialabschätzung** baut ebenfalls auf dem Anlagenbestand auf, löst sich für die Zukunft jedoch vom festen Ausbauziel des EEG für Photovoltaik. Er beruht vielmehr auf Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von unterschiedlich ausgelegten Photovoltaiksystemen (Größe; mit oder ohne Verbindung zu einem Batteriespeicher) in Abhängigkeit vom Stromverbrauch der Nutzer und der erreichbaren Durchdringung im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser. In dieser Betrachtung wird auch eine Einbindung des Photovoltaiksystems in die Wärmeversorgung (Wärmepumpe oder Wärmespeicher) vorausgesetzt. Für typische

Abnahmefälle werden Projektrenditen und Projektüberschüsse berechnet und untereinander verglichen.

Details zur Methodik und zu den getroffenen Annahmen für die obere und untere Potenzialabschätzung für den Bereich der privaten Haushalte können Kapitel 3.1 entnommen werden.

Eine grundsätzliche Herausforderung bei Untersuchungen im Sektor GHD ist die lückenhafte und teilweise undifferenzierte statistische Datenlage. Umfassende Untersuchungen sind mit einem sehr hohen Aufwand verbunden, der den zusätzlichen Erkenntnisgewinn gegenüber der Untersuchung für die jeweilige Fragestellung besonders relevanter Teile nur selten rechtfertigt. Diese Kurzstudie fokussiert deshalb auf die Teile des Sektors GHD, die eine hohe Affinität zur Photovoltaik-Eigenversorgung aufweisen. Die Ergebnisse sind deshalb als fundierte Schätzung anzusehen, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Sie zeigt jedoch die Größenordnung, welche die Photovoltaik-Eigenversorgung ohne Fördermaßnahmen innerhalb des aktuell gültigen rechtlichen Rahmens annehmen kann.

Die Auswahl der betrachteten Branchen und die Annahmen, die für die Schätzung getroffen wurden, werden in Kapitel 4.1 differenziert dargestellt.

3 Private Haushalte: Ein- und Zweifamilienhäuser

3.1 Methodik

Für die privaten Haushalte betrachten wir nur Photovoltaiksysteme auf Ein- und Zweifamilienhäusern mit einer installierten Leistung von maximal zehn Kilowatt. Dieses Anlagensegment wird heute und in Zukunft für den überwiegenden Teil der installierten Photovoltaiksysteme in privaten Haushalten ausreichend sein und dementsprechend installiert werden. In den vergangenen Jahren gab es zwar wegen der hohen Einspeisevergütung einen Anreiz für größere Anlagen; allerdings ist davon auszugehen, dass auch für die starken Jahrgänge 2009 bis 2013 das Anlagensegment bis zehn Kilowatt den maßgeblichen Anteil verzeichnen konnte.

3.1.1 Untere Potenzialschätzung: Betrachtung innerhalb des EEG-Regimes (ohne Speicher)

Für die Abschätzung der Photovoltaik-Eigenversorgung werden der Bestand und der zukünftige Zubau differenziert betrachtet.

Die zwischen 2005 und 2015 errichteten Anlagen in der Leistungsgrößenklasse bis zehn Kilowatt wurden dem Anlagenregister jahresscharf entnommen und in ein Kohortenmodell überführt. Der weitere Zubau bis 2020 entspricht dem Referenzausbaupfad der letztjährigen Mittelfristprognose der Übertragungsnetzbetreiber.²¹ Dabei wurde unterstellt, dass die Anteile der Größenklasse bis zehn Kilowatt am gesamten jährlichen Zubau zwischen 2015 und 2020 von 33 auf 36 Prozent steigen und dann bis 2035 konstant bleiben.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist ein Großteil der heute installierten Anlagen nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung (20 Jahre) weiterhin funktionstüchtig und wird für einen weiteren Zeitraum auf den Dächern verbleiben. Der nicht mehr geförderte Solarstrom wird dann – soweit möglich – zur Eigenversorgung genutzt. Für diese Betrachtung kom-

men demnach bis zum Jahr 2035 alle Anlagen der Jahrgänge 2005 bis 2014 in Betracht. Es ist davon auszugehen, dass die Produktionserfahrung im Bereich Photovoltaik in den Jahren zwischen 2005 und 2015 deutlich zunahm und der technische Fortschritt die Qualität und damit die technische Lebensdauer der Photovoltaikmodule erhöht hat. Das heißt, dass heute oder zukünftig installierte Anlagen nach dem Austritt aus dem EEG länger funktionstüchtig bleiben als Anlagen, die vor zehn Jahren installiert worden sind. In den Berechnungen wurde unterstellt, dass Anlagen jüngerer Datums eine längere Haltbarkeit aufweisen und der Anteil der verbleibenden Anlagen nach Austritt aus dem EEG steigt. Gleiches gilt auch für die weitere Verweildauer nach dem Austritt aus dem EEG. So steigt der Anteil der Anlagen, die nach dem Austritt aus dem EEG weiter für die Stromerzeugung zur Verfügung stehen, in den Berechnungen von 90 auf 95 Prozent für alle Anlagen, die ab dem Jahr 2015 installiert worden sind beziehungsweise noch werden. Gleiches gilt für die Anlagenlebensdauer nach dem Austritt aus dem EEG. Hier wird eine Steigerung von zusätzlichen fünf Jahren für Anlagen aus dem Jahr 2005 auf zusätzliche acht Jahre für Anlagen aus dem Jahr 2015 unterstellt. Für die Zukunft wird angesetzt, dass Anlagen bis zu zehn Jahre über die EEG-Vergütung hinaus betrieben werden können.

Mit den Qualitätsverbesserungen nehmen auch die jährlichen Degradationswerte ab. Anlagen aus dem Jahr 2005 weisen noch eine jährliche Degradation von 0,25 Prozent auf. Für Anlagen, die im Jahr 2020 installiert werden, wird nur noch eine jährliche Degradation von 0,10 Prozent unterstellt. Zur Berechnung der produzierten Gesamtstrommenge wird ein Durchschnitt von 945 Volllaststunden in Deutschland angesetzt.

Mit den dargestellten Werten errechnete das Kohortenmodell die gesamte Stromerzeugung jedes einzelnen Jahrgangs, sowohl für die Zeit im EEG als auch für die danach verbleibende Zeit.

²¹ Fh-ISI (2015)

Für die Eigenversorgungsberechnung ist bei den Bestandsanlagen von einem steigenden Anteil der möglichen Eigenversorgung über die Zeit auszugehen. Ursächlich hierfür ist der Trend hin zu kleineren Photovoltaiksystemen, die heute bereits auf die Maximierung der Eigenversorgung ausgelegt sind. Es ist zu beobachten, dass die durchschnittliche Anlagengröße im Segment unter zehn Kilowatt seit dem Jahr 2005 abnimmt. Es kann also bei gleichem Stromverbrauch ein höherer Anteil des erzeugten Photovoltaikstroms selbst genutzt werden. Daher wird der Anteil für die mögliche Eigenversorgung einer Anlage aus dem Jahr 2005 mit 25 Prozent niedriger angesetzt als der Eigenversorgungsanteil für Anlagen, die 2015 installiert werden (30 Prozent). Wegen der weiter sinkenden Einspeisevergütung und dem wachsenden Druck, die Anlagen über die Eigenversorgung zu refinanzieren, wird für die Zukunft unterstellt, dass der Eigenversorgungsanteil bis auf rund 35 Prozent steigt.

Mit den dargestellten Eigenversorgungsanteilen wird aus der Solarstromerzeugung für jeden Jahrgang die mögliche Eigenversorgung während des Anlagenbetriebs berechnet.

3.1.2 Obere Potenzialschätzung: Maximales wirtschaftliches Potenzial mit und ohne Speicher

Neben der oben beschriebenen Analyse der Weiterentwicklung des Eigenverbrauchs unter dem jetzigen EEG-Rahmen wurde zusätzlich das maximale Potenzial für die Eigenversorgung aus Photovoltaik für die privaten Haushalte betrachtet. Im Gegensatz zu der Abschätzung innerhalb des EEG-Regimes wird hier die Wirtschaftlichkeit von zukünftigen Photovoltaiksystemen mit und ohne Speicher

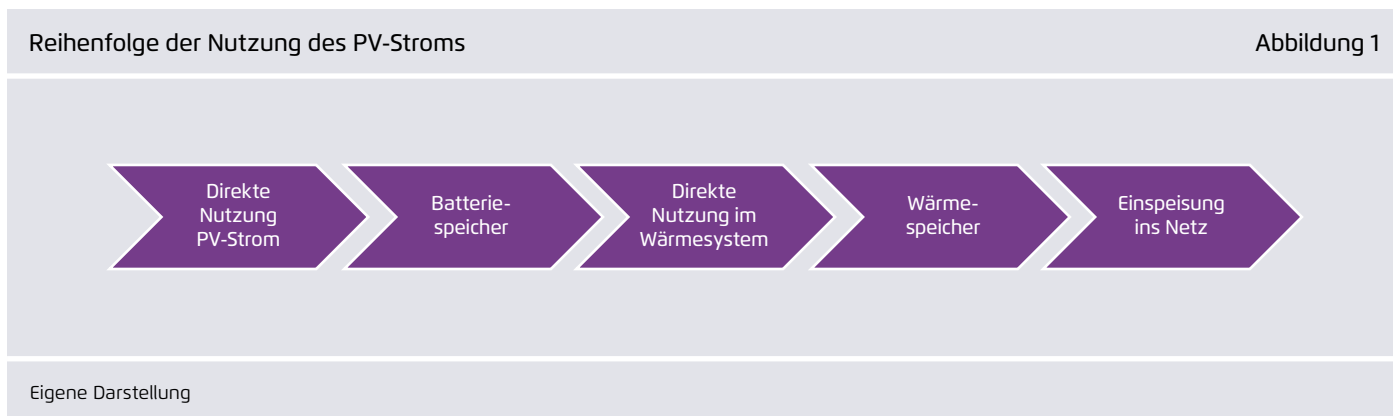
berechnet. Darüber hinaus beinhaltet das Photovoltaik-Speicher-System auch die Einbindung der WärmeverSORgung in Form einer Wärmepumpe oder eines Heizstabs im Wärmespeicher. Für diese Berechnungen werden bei den Investitionskosten sowohl für Photovoltaiksysteme als auch für Speichersysteme Annahmen von Agora Energiewende verwendet.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung muss zunächst die mögliche Stromeigenversorgung der Anlage berechnet werden. Dabei wird die Wertigkeit des Stromeinsatzes berücksichtigt, wie das Schema in Abbildung 1 verdeutlicht.

Diese Reihenfolge der Nutzung des Photovoltaikstroms orientiert sich an den alternativen Kosten der Bereitstellung von Strom und Wärme. Ihre Berechnung erfolgt auf stündlicher Basis und verwendet repräsentative Erzeugungs- und Lastprofile.

Für die Berechnungen wird zunächst dem Strombedarfsprofil²² das Erzeugungsprofil der Photovoltaikanlage gegenübergestellt. Die Betrachtung erfolgt auf stündlicher Ebene für ein gesamtes Jahr.

²² Hierzu wurde für einen typischen Verbraucher das Profil Nr. 17 aus dem Datensatz der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW Berlin) ausgewählt, da es gut mit dem Standardlastprofil übereinstimmt (HTW 2015).



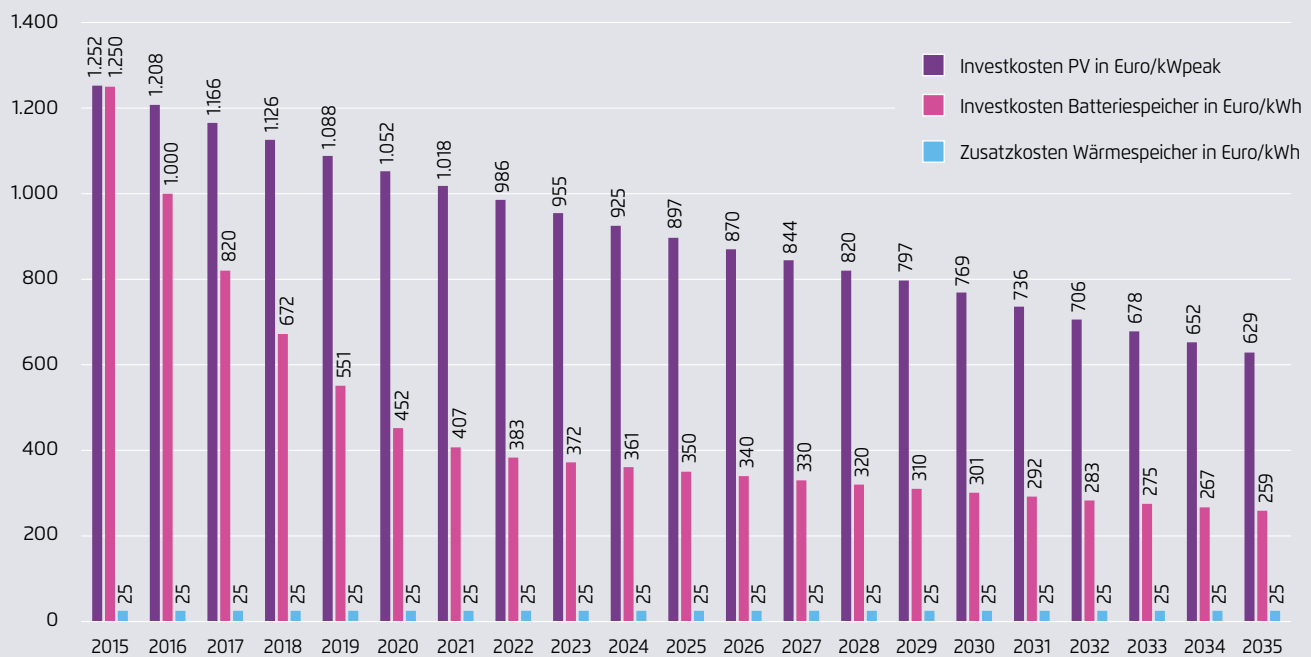
Für jede Stunde gilt folgende Logik: Wenn eine Photovoltaikerzeugung vorliegt, trägt diese als erstes direkt zur Deckung des Strombedarfs bei. Ein möglicher verbleibender Strombedarf wird dann durch den Netzbezug gedeckt, soweit der gegebenenfalls installierte Batteriespeicher leer ist. Übersteigt die Stromerzeugung der Photovoltaikanlage den Strombedarf mengenmäßig, wird zunächst der gegebenenfalls installierte Batteriespeicher beladen, um mit dem gespeicherten Strom später den Netzbezug zu verdrängen. Ist der Batteriespeicher voll beziehungsweise ist kein Batteriespeicher installiert, wird weiterer überschüssiger Photovoltaikstrom – soweit möglich – im Wärmesystem genutzt. Für den Fall, dass das versorgte Objekt über eine Wärmepumpe verfügt, wird der Strom in dieser genutzt und die Wärme gegebenenfalls zwischengespeichert. Wird das Objekt über ein anderes Heizsystem versorgt (zum Beispiel Gasheizung), erfolgt die Nutzung des Photovoltaikstroms für die Beladung eines Wärmespeichers über einen Heizstab. Erst wenn die Wärmespeicher der Heizungsanlagen bereits voll beladen sind, kommt es in dem Nutzungsschema zu einer Einspeisung in das Stromnetz. Mit dieser Nutzungsabfolge wird für

alle 8.760 Stunden eines Jahres der Bedarf mit der Erzeugung verglichen und somit der Anteil der Eigenversorgung sowohl für die direkte Stromnutzung als auch für die Nutzung des Stroms im Wärmesystem berechnet.

Im Anschluss an die Berechnung der Eigenversorgungsanteile wird die Wirtschaftlichkeit des Photovoltaik-Speicher-Systems berechnet. Dies geschieht in Form einer Renditenbetrachtung über eine Projektlaufzeit von 30 Jahren. Wie oben ausgeführt, wird für das Photovoltaiksystem eine technische Lebensdauer von 30 Jahren angesetzt. Bei den Batteriespeichern wird unterstellt, dass rund 15 Jahre nach der Erstinstallation eine Ersatzinvestition für die reinen Speicherkomponenten notwendig wird. Darüber hinaus werden die Investitionskosten für einen Wärmespeicher beziehungsweise die Umrüstung eines Wärmespeichers (Heizstab) mit einbezogen. Die Investitionskosten für das eigentliche Heizsystem werden in der Renditenberechnung jedoch nicht berücksichtigt und als gegeben vorausgesetzt.

Entwicklung der Investitionskosten von Photovoltaik- und Speichersystemen in Euro₂₀₁₅

Abbildung 2



Eigene Darstellung

Aus den von Agora Energiewende bereitgestellten Entwicklungspfaden für die Investitionskosten von Photovoltaik- und Batteriesystemen geht ein weiterer kontinuierlicher Rückgang hervor.²³ Die Investitionskosten für den Batteriespeicher in Abbildung 2 beinhalten allerdings noch nicht die Installationskosten für ein Speichersystem, die als Sockel pro Anlage zusätzlich berücksichtigt werden. Sie erhöhen die gesamten Investitionskosten des Speichers um weitere 1.330 Euro pro System. Für den Austausch der Speicherbauteile nach 15 Jahren werden zusätzlich 500 Euro pro System angesetzt.

Eine weitere wichtige Eingangsgröße für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Systeme sind die jährlich anfallenden Betriebskosten (Abbildung 3). Sie beinhalten die Kosten für die Wartung und Pflege, sowohl für das Photovoltaik-

und Speichersystem als auch für den Wärmespeicher. Die jährlichen Betriebskosten für das Batteriesystem hängen dabei stark vom Jahr der Inbetriebnahme des Systems ab; durch die wachsende Installationszahl ist eine ausgeprägte Lernkurve zu erwarten.

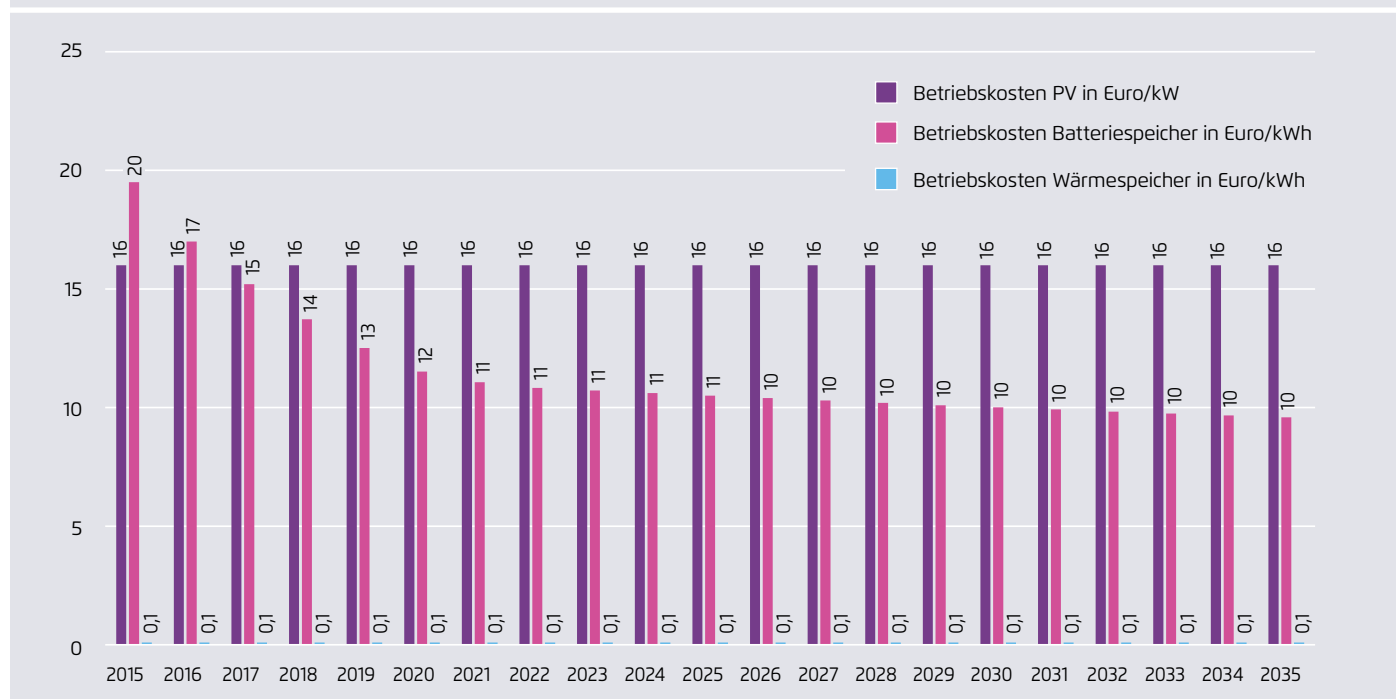
Als letzter Block fließen die Erlöse des Photovoltaik-Speicher-Systems in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein (Abbildung 4). Dabei ist zwischen den einzelnen Erlösarten zu unterscheiden:

Der Strom aus der Photovoltaikanlage, der direkt genutzt oder über den Batteriespeicher zwischengespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt verbraucht wird, verdrängt den klassischen Strombezug. Somit können als Wert für diesen Strom die klassischen Strombezugskosten (Arbeitspreis) je genutzter Kilowattstunde (kWh) angesetzt werden. In den dargestellten Berechnungen wird dieser Wert mit 25 Cent pro Kilowattstunde real konstant berücksichtigt.

23 Die Entwicklung der Installationskosten für Photovoltaiksysteme orientiert sich an Fh-ISE (2015). Die Entwicklung der Batteriespeicherkosten orientiert sich an ISEA (2016), Sauer (2016), Elsner/Sauer (2015).

Jährliche Betriebskosten nach Installationsjahr in Euro₂₀₁₅

Abbildung 3



Eigene Darstellung

Wird der Strom aus der Photovoltaikanlage direkt in einer Wärmepumpe verbraucht, verdrängt er den Strombezug der Wärmepumpe. Er ist deshalb so viel wert, wie der Arbeitspreis für diesen Anteil des Strombezugs, der in der Praxis niedriger liegt als der allgemeine Bezugspreis. Für den Strombezug der Wärmepumpe wird deshalb ein Wert von 20 Cent pro Kilowattstunde real konstant festgelegt.

Wird der überschüssige Photovoltaikstrom dem Wärmespeicher zugeführt, ist zu unterscheiden zwischen einem Objekt mit Wärmepumpe und einem Objekt mit klassischem Heizungssystem. Bei einer Wärmepumpe besitzt der Photovoltaikstrom ebenfalls den Wert des Arbeitspreises für Wärmepumpen – also 20 Cent pro Kilowattstunde. Wird das Objekt hingegen mit einer klassischen Gasheizung beheizt, so verdrängt der überschüssige Photovoltaikstrom den Gasbezug. Dann ist der Arbeitspreis für Gas relevant. Dieser wird in den Berechnungen mit 6 Cent pro Kilowattstunde real konstant über den gesamten Betrachtungszeitraum unterstellt.

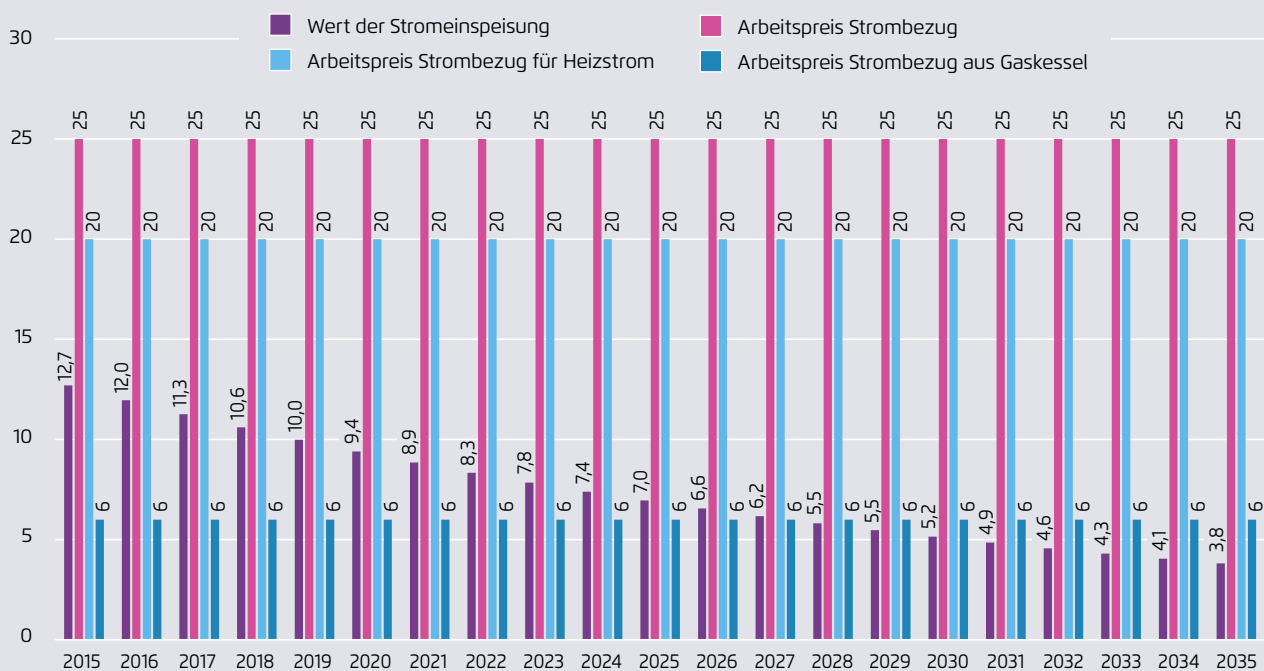
Für die Zeiten, in denen überschüssiger Strom ins Stromnetz eingespeist wird, fällt in den ersten 20 Jahren Betriebszeit die reguläre Einspeisevergütung an. In den Berechnungen wird davon ausgegangen, dass der 52-Gigawatt-Deckel für Photovoltaik mittelfristig wegfällt und eine Vergütung für Kleinanlagen auch in den nächsten Jahren weiterhin stattfinden wird.²⁴ Diese sinkt über die Zeit aufgrund des im EEG festgelegten „atmenden Deckels“. In den Berechnungen wird die reguläre monatliche Degression von 0,5 Prozent berücksichtigt, was einer Einhaltung des Zubaukorridors von jährlich 2.500 Megawatt entspricht.

Die Wirtschaftlichkeit wurde für unterschiedliche Objekte im Sektor der privaten Haushalte berechnet. In die Betrachtung gingen insgesamt 192 unterschiedliche Fälle ein, von

24 Um die Robustheit der in Kapitel 3.2.2 ermittelten Projektrenditen zu prüfen, wurde auch der Fall geprüft, dass der 52-Gigawatt-Deckel für Photovoltaik *nicht* wegfällt und eingespeister Photovoltaikstrom im Großhandel 0,03 Euro pro Kilowattstunde Erlös erzielen kann. Im Ergebnis ändern sich die Projektrenditen um maximal einen Prozentpunkt.

Wert des Stroms in Cent₂₀₁₅ pro Kilowattstunde

Abbildung 4



Eigene Darstellung

denen folgende drei Objekttypen eine hohe Relevanz aufweisen:

- 1. Neubau mit Wärmepumpe
- 2. Neubau ohne Wärmepumpe
- 3. Bestandsgebäude/Altbau ohne Wärmepumpe

Für jeden Objekttyp wird der Stromverbrauch (ohne den Stromverbrauch für die Heizung und die Warmwasserbereitung) variiert und mit 4.000 Kilowattstunden pro Jahr und 7.000 Kilowattstunden pro Jahr angesetzt. Der Stromverbrauch in den Objekten insgesamt hängt dann von der unterschiedlich hohen Eigennutzung des Photovoltaikstroms für die Wärmeerzeugung ab. Für den jährlichen Wärmebedarf der besser gedämmten Neubauten wurden 10.500 Kilowattstunden angenommen, für den Altbau 22.500 Kilowattstunden. Aufbauend auf diese sechs Hauptfälle wurden im Anschluss unterschiedliche Kombinationen aus Photovoltaik- und Speichersystemen betrachtet, die hinsichtlich ihrer Größe beziehungsweise Kapazität variieren. Folgende Variationen wurden für jeden Fall betrachtet:

- 1. 5 kWp-Photovoltaikanlage ohne Speicher
- 2. 5 kWp-Photovoltaikanlage und 5 kWh-Speicher
- 3. 5 kWp-Photovoltaikanlage und 8 kWh-Speicher
- 4. 8 kWp-Photovoltaikanlage und 5 kWh-Speicher

Mit diesen Konfigurationen können für die privaten Haushalte folgende wesentlichen Objekt- und Verbrauchstypen mit gängigen Photovoltaikspeichersystemen betrachtet werden (siehe Tabelle 1).

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Untere Potenzialschätzung: Bestand und EEG-Zubau

Für die Minimalabschätzung innerhalb des EEG-Regimes wurden der Bestand der Anlagen unter zehn Kilowatt der Jahrgänge 2005 bis 2015 und der weitere Zubau entsprechend der aktuellen EEG-Mittelfristprognose betrachtet. Dieser Zubau wurde für die Jahre bis 2035 konstant fortgeführt. Die Berechnungen führen zu folgenden Ergebnissen (Abbildung 5):

Betrachtete Objekt- und Verbrauchstypen Tabelle 1

Neubau mit Wärmepumpe 4.000 kWh* Stromverbrauch	PV 5 kW / kein Speicher
	PV 5 kW / Speicher 5 kWh
	PV 5 kW / Speicher 8 kWh
	PV 8 kW / Speicher 5 kWh
Neubau mit Wärmepumpe 7.000 kWh* Stromverbrauch	PV 5 kW / kein Speicher
	PV 5 kW / Speicher 5 kWh
	PV 5 kW / Speicher 8 kWh
	PV 8 kW / Speicher 5 kWh
Neubau ohne Wärmepumpe 4.000 kWh* Stromverbrauch	PV 5 kW / kein Speicher
	PV 5 kW / Speicher 5 kWh
	PV 5 kW / Speicher 8 kWh
	PV 8 kW / Speicher 5 kWh
Neubau ohne Wärmepumpe 7.000 kWh* Stromverbrauch	PV 5 kW / kein Speicher
	PV 5 kW / Speicher 5 kWh
	PV 5 kW / Speicher 8 kWh
	PV 8 kW / Speicher 5 kWh
Altbau ohne Wärmepumpe 4.000 kWh* Stromverbrauch	PV 5 kW / kein Speicher
	PV 5 kW / Speicher 5 kWh
	PV 5 kW / Speicher 8 kWh
	PV 8 kW / Speicher 5 kWh
Altbau ohne Wärmepumpe 7.000 kWh* Stromverbrauch	PV 5 kW / kein Speicher
	PV 5 kW / Speicher 5 kWh
	PV 5 kW / Speicher 8 kWh
	PV 8 kW / Speicher 5 kWh

Eigene Darstellung

*jeweils ohne den Stromverbrauch für Heizung und Warmwasser

Derzeit sind deutschlandweit rund 4,9 Gigawatt an Photovoltaikleistung im Segment unter zehn Kilowatt installiert. Bis zum Jahr 2035 erreicht die gesamte installierte Leistung in diesem Größensegment 15,1 Gigawatt. Davon kommen 3,5 Gigawatt von Anlagen, die keine EEG-Vergütung mehr erhalten. Diese Anlagen werden jedoch nach heutigen Kenntnissen weiterhin zur Stromproduktion beitragen.

Die Stromproduktion dieser Anlagen steigt von rund 4,6 Terawattstunden im Jahr 2015 auf 14,0 Terawattstunden im Jahr 2035 (Abbildung 6). Davon entfallen rund 3,2 Terawattstunden auf Anlagen, die keine EEG-Vergütung mehr erhalten.

Diese Anlagen sind auch ohne den Einsatz von Speichern in der Lage, Eigenversorgung in den Haushalten zu realisieren. Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, steigt die Eigenversorgungsquote der Anlagen mit dem Installationszeitpunkt. Deshalb steigt die Eigenversorgung aus Photovoltaik in diesem Anlagensegment von heute 1,4 Terawattstunden auf rund 4,6 Terawattstunden im Jahr 2035 (Abbildung 7). Davon entfällt knapp eine Terawattstunde auf Anlagen, die aus dem EEG-Regime ausgetreten sind.

Die für die Anlagen im EEG dargestellte Eigenversorgung von 4,6 Terawattstunden entspricht der hier ermittelten Untergrenze in dem Segment private Haushalte.

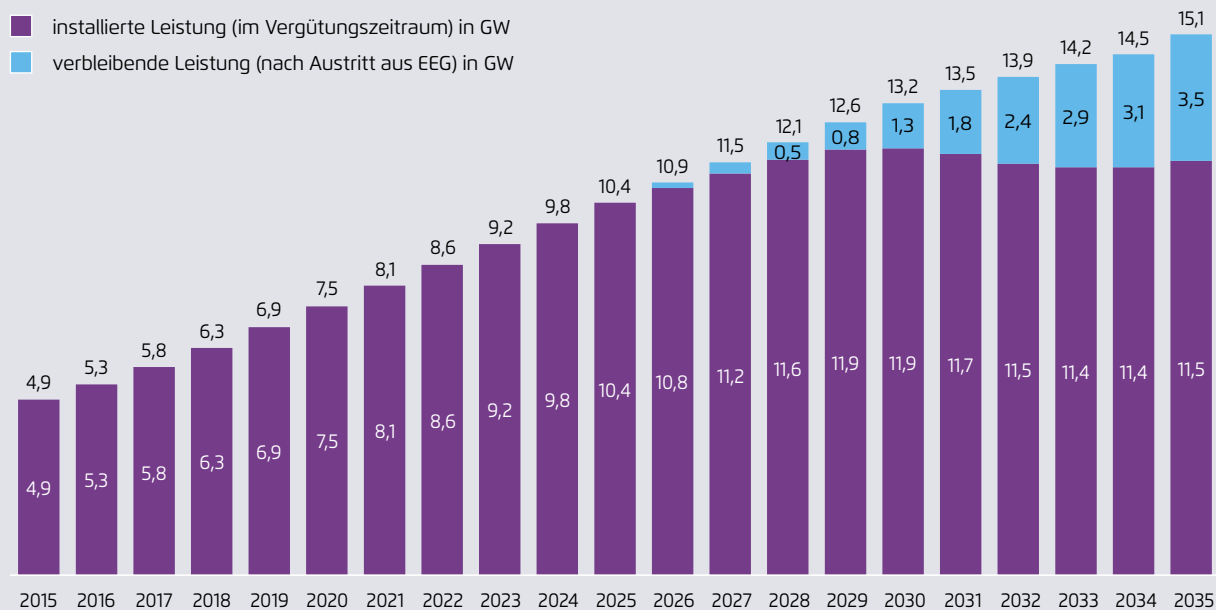
3.2.2 Obere Potenzialschätzung: maximales wirtschaftliches Potenzial mit und ohne Speicher

Für die Ermittlung des maximalen wirtschaftlichen Potenzials der Photovoltaikanlagen wurden unterschiedliche Objekte mit variierendem Stromverbrauch und differenzierten Anlagenkonfigurationen im Bereich private Haushalte betrachtet. Diese Berechnung wurde für 24 Konfigurationen vorgenommen, die als realistisch und repräsentativ angesehen werden (siehe Kapitel 3.1.2).

Für diese Fälle ergeben sich unabhängig vom Installationsjahr die in Abbildung 8 dargestellten Eigenversorgungsquoten. Am Beispiel eines Haushalts mit 4.000 Kilowattstunden pro Jahr Stromverbrauch, einer 5 kW-Photovoltaik-Anlage und einem 5 kWh-Speicher, zeigt sich, dass der eigenerzeugte Strom zu 54 Prozent den Strombezug aus dem Netz ersetzt. Der restliche Selbstverbrauch wird für Wärmeanwendungen genutzt. Hier lässt sich die Frage der Substitution nicht eindeutig beantworten. Wenn der selbst erzeugte Strom den Heizkessel anteilig ersetzt, reduziert das nicht den Strombezug. Wenn der Photovoltaikstrom allerdings

Entwicklung der installierten Photovoltaikleistung (unter zehn Kilowatt) innerhalb des EEG-Regimes

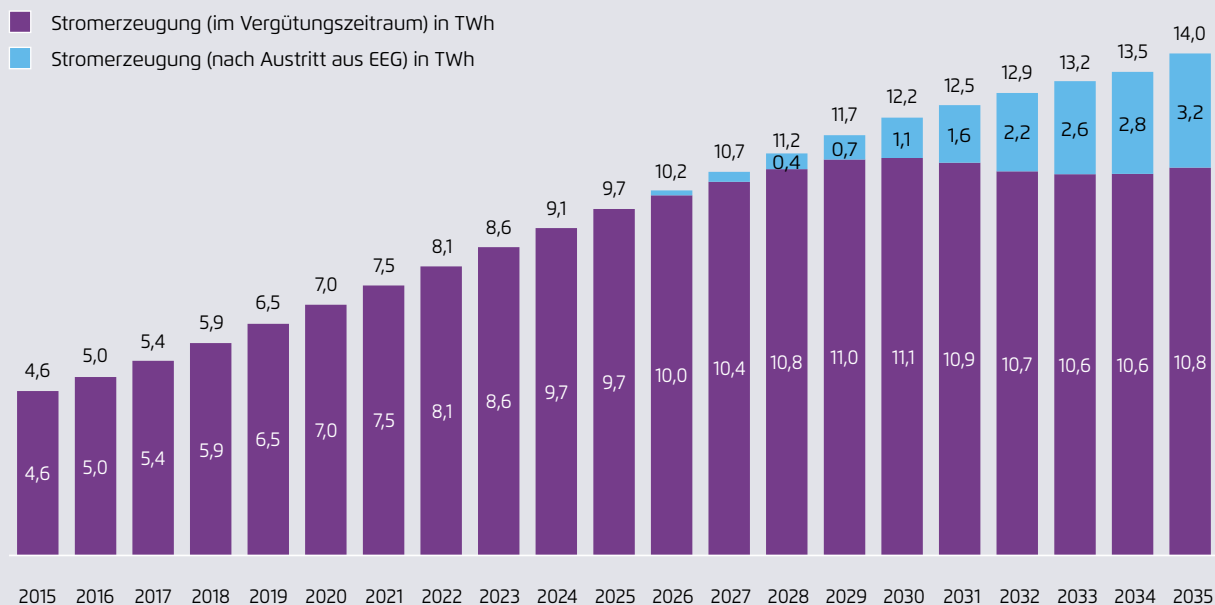
Abbildung 5



Eigene Darstellung

Entwicklung der Stromerzeugung aus Photovoltaik (unter zehn Kilowatt) innerhalb des EEG-Regimes

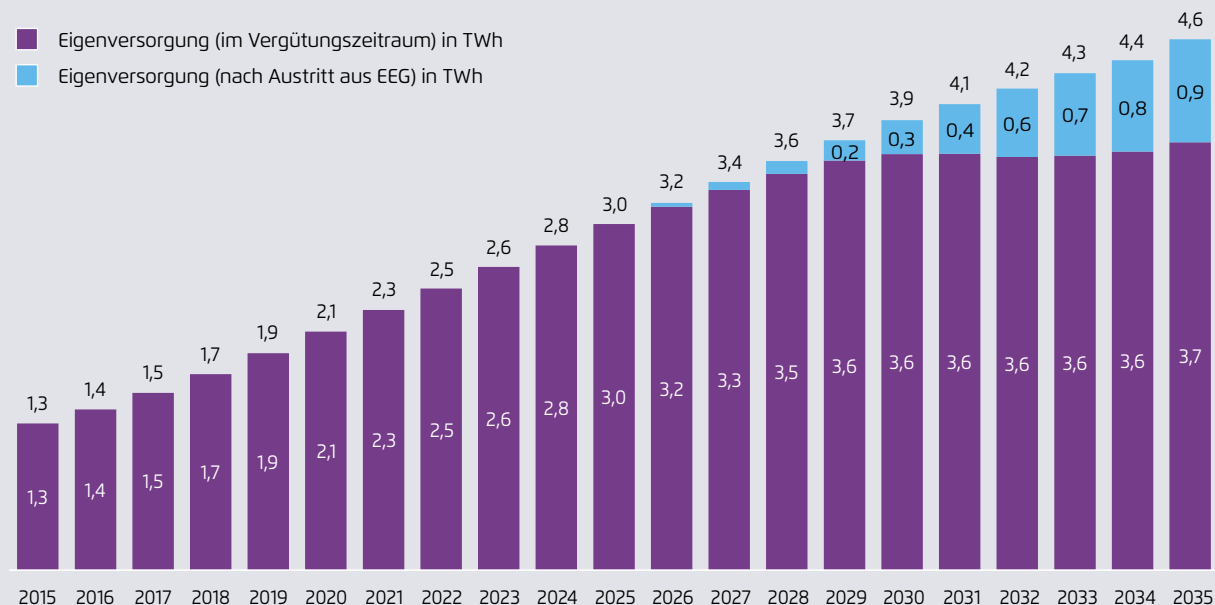
Abbildung 6



Eigene Darstellung

Entwicklung der Eigenversorgung aus Photovoltaik (unter zehn Kilowatt) innerhalb des EEG-Regimes

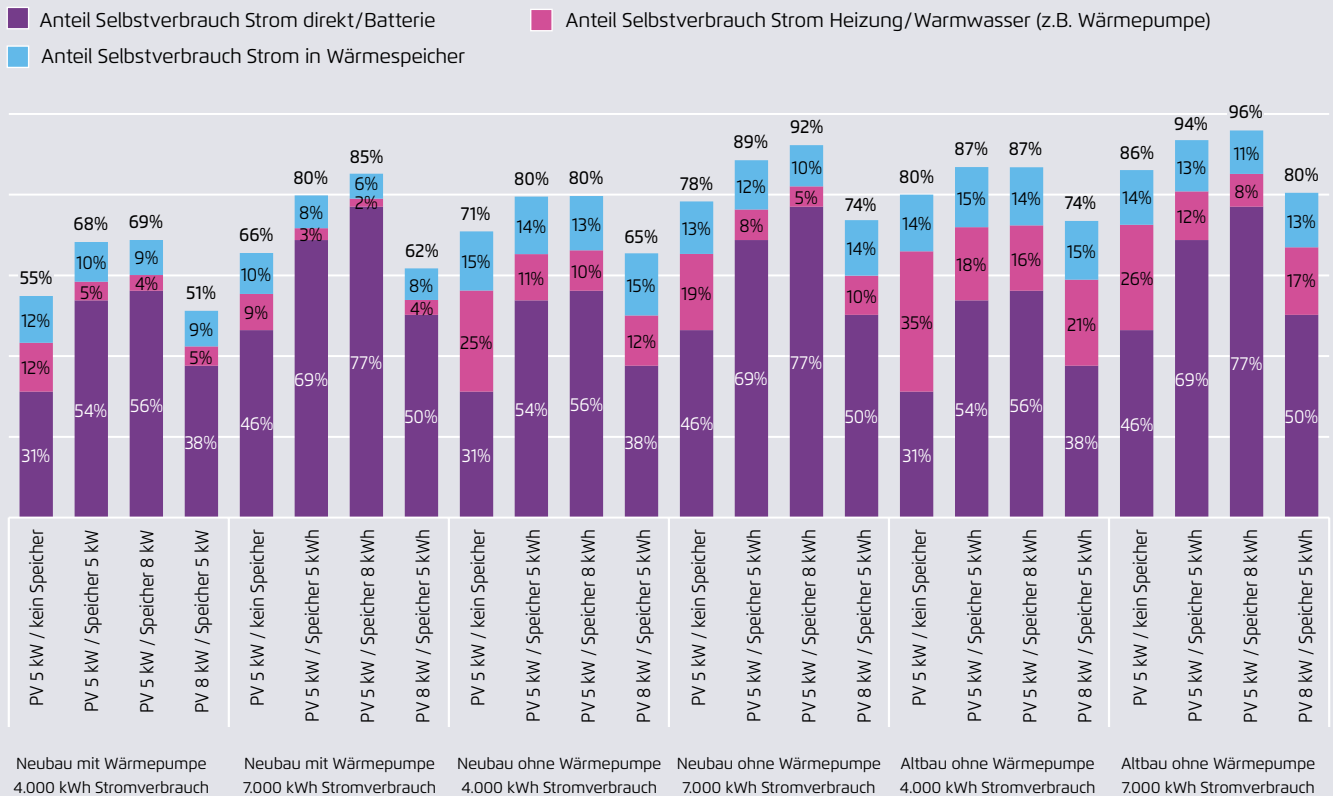
Abbildung 7



Eigene Darstellung

Realisierbare Eigenversorgungsanteile in Prozent

Abbildung 8



Eigene Darstellung

* Für den Zeitraum, in dem die Einspeisevergütung über den Kosten für die Wärmebereitstellung aus Erdgas liegt, entfällt der Selbstverbrauch von Strom in Wärme für alle Objekte ohne Wärmepumpe, da es wirtschaftlicher ist, den Strom einzuspeisen.

in eine Wärmepumpe geht, ersetzt er in dem Moment den Strombezug aus dem Netz.²⁵

Eine Umstellung der stundenscharfen Berechnung auf eine minutenscharfe Gegenüberstellung des Stromverbrauchs und der Photovoltaikerzeugung hat nur eine sehr kleine Auswirkung auf die Eigenversorgungsquote. Bei den Fällen ohne Speicher kann es im Einzelfall zu einer leichten Reduzierung der Eigenversorgungsquote um knapp zwei

Prozentpunkte kommen. Größere Abweichungen sind jedoch nicht zu erwarten. Insofern bleibt die stundenscharfe Betrachtungsebene die Grundlage für die Renditenberechnung. Diese wurde im Anschluss daran für die Installationszeitpunkte 2020, 2030 und 2035 berechnet.

Die Abbildungen 9 und 10 stellen die Entwicklung der Projektrenditen für jeweils zwölf Fälle dar. Der angenommene Grundverbrauch an Strom beträgt in der ersten Abbildung 4.000 Kilowattstunden, in der zweiten 7.000 Kilowattstunden. Innerhalb einer Konfiguration beziehen sich die Balken ganz links jeweils auf den Fall ohne Speicher. Weiter rechts folgen dann unterschiedliche Fälle mit Speicher. Alle untersuchten Fälle weisen zu allen Zeitpunkten positive Projektrenditen auf. Die Höhe der jährlichen Projektrenditen vari-

25 Sollten die Photovoltaikanlage und die Selbstnutzungs-möglichkeit dazu führen, dass mehr Wärmepumpen wirtschaftlich und gebaut werden, reduziert sich durch den Photovoltaikeigenverbrauch der Strombezug aus dem Netz gar nicht, sondern steigert ihn sogar, da Wärmepumpen im Winter auf Netzstrom angewiesen sind. Bei Elektroautos könnte sich eine analoge Argumentation ergeben.

iert jedoch mit Werten zwischen 4 und 24 Prozent zum Teil beträchtlich.

Es zeigt sich, dass Abnehmer mit einem höheren Strombedarf grundsätzlich höhere Projektrenditen erzielen können als solche mit einem geringeren Strombedarf. Bei einem höheren Stromverbrauch können die Erzeugungsspitzen der Photovoltaiksysteme besser direkt beziehungsweise über den Batteriespeicher genutzt werden; dies führt zu einer höherwertigen Nutzung und geringeren Netzeinspeisung.

Deutlich erkennbar ist auch, dass die Renditen in der Regel desto höher ausfallen, je später die Photovoltaiksysteme gebaut werden. Dies begründet sich durch die sinkenden Investitionskosten für die Photovoltaik- und Speichersysteme.

Ein weiteres Ergebnis ist, dass der Einsatz von Speichersystemen aufgrund der zusätzlichen Investitionskosten sowohl zu Beginn und erneut nach 15 Jahren (Austausch der Speicherzellen) zu einer Reduzierung der Projektrendite führt.

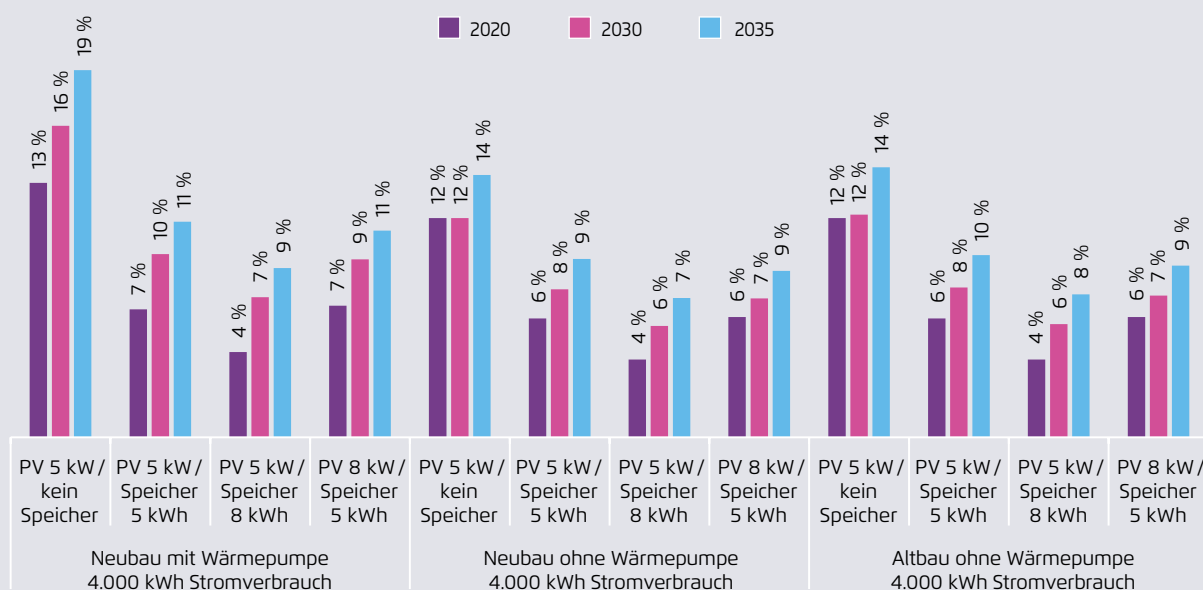
Die Struktur des Renditeverlaufs über die betrachteten Fälle bleibt im Zeitverlauf sehr ähnlich. Lediglich die Höhe der Rendite steigt mit der Zeit aufgrund der sinkenden Investitionskosten. Im Jahr 2035 betragen die Renditen für Photovoltaiksysteme zwischen 7 und 24 Prozent. Bei Systemen ohne Speicher sind es zwischen 14 und 24 Prozent Rendite. Rein ökonomisch betrachtet ist demnach die Installation eines Photovoltaiksystems ohne Batteriespeicher mit einer Integration in das Wärmesystem am sinnvollsten.

Die Berechnungen zeigen außerdem, dass die Wirtschaftlichkeit sehr stark vom Nutzerverhalten und der installierten Photovoltaikleistung abhängt. So lassen sich besonders bei einem hohen Strombedarf und einem kleineren Photovoltaik-Speicher-System (5 kWp und 5 kWh) schneller höhere Renditen erzielen als bei Verbrauchern mit niedrigem Strombedarf und größeren Photovoltaik-Speicher-Systemen (5 kWp und 8 kWh bzw. 8 kWp und 5 kWh).

Darüber hinaus hat die Einbindung der Photovoltaikanlage in das Wärmesystem – sei es über die Wärmepumpe oder

Projektrenditen in Abhängigkeit des Installationsjahrs, in Prozent bei einem Grundverbrauch von 4.000 Kilowattstunden

Abbildung 9



Eigene Darstellung

Projekttrenditen in Abhängigkeit des Installationsjahrs, in Prozent bei einem Grundverbrauch von 7.000 Kilowattstunden

Abbildung 10



über den Heizstab im Wärmespeicher – einen positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Davon profitieren insbesondere Nutzer mit einem hohen Wärmebedarf (Altbauten).

Neben der erzielbaren Rendite kann der absolute Projektüberschuss eines Photovoltaikspeichersystems zu einer Kaufentscheidung beziehungsweise Investition bei privaten Haushalten beitragen. Die folgenden Abbildungen 11 und 12 zeigen die Projektüberschüsse der betrachteten 24 Fälle. Der angenommene Grundverbrauch an Strom beträgt in der ersten Abbildung 4.000 Kilowattstunden, in der zweiten 7.000 Kilowattstunden.

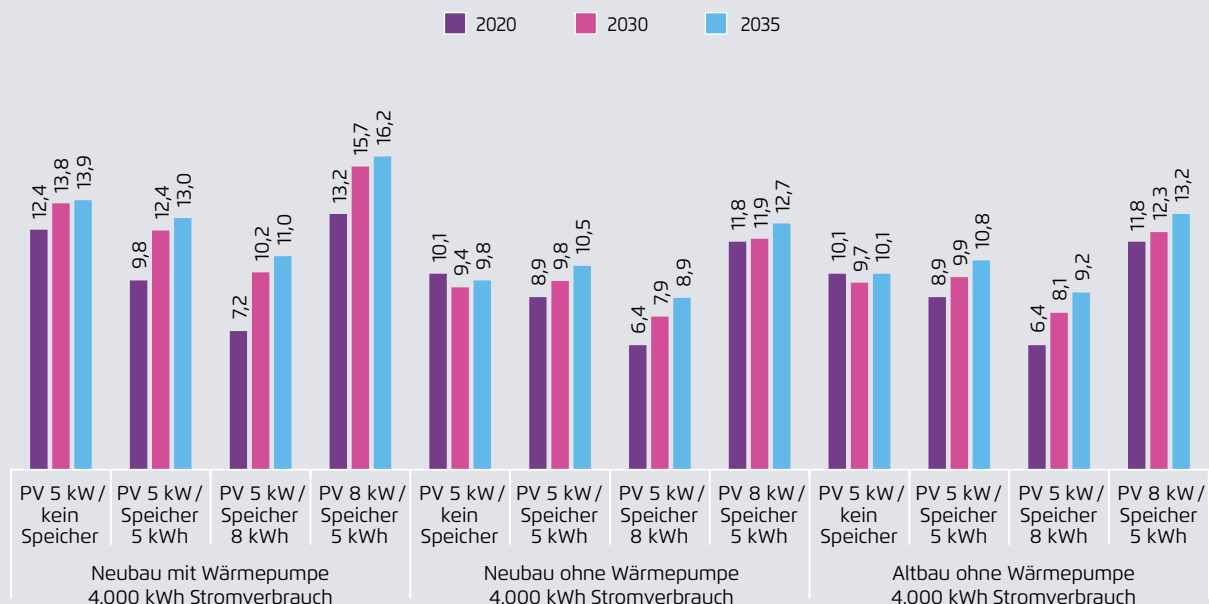
Die absoluten Projektüberschüsse weisen über die Fälle und Jahre eine Bandbreite zwischen rund 6.400 Euro und 21.600 Euro über die gesamte Laufzeit auf. Bei der Berechnung der Projektüberschüsse zeigen sich gegensätzliche Effekte zwischen den Kosten der Anfangsinvestition und den jährlichen Erlösen und Betriebskosten. Aus diesem Grund liegen die Überschüsse bei den Fällen ohne Wärmepumpe und Speicher mit einer Inbetriebnahme im Jahr 2020 zum

Teil über denen der folgenden Jahre. Die Erlöse übersteigen für diese Fälle aufgrund der höheren Einspeisevergütung die der späteren Zeitpunkte. Trotz einer höheren Anfangsinvestition fallen die Überschüsse insgesamt leicht höher aus.

Die Fälle mit der Kombination einer 8 kW-Photovoltaik-Anlage mit einem 5 kWh-Speicher schneiden im Vergleich der realisierbaren Projektüberschüsse am besten ab. Durch die größere Photovoltaikanlage kann absolut mehr Strom selbst verbraucht werden. Dadurch fallen wiederum die Erlöse höher aus, da weniger Strom aus dem Netz bezogen werden muss. Bei den Fällen mit niedrigem Strombedarf von 4.000 Kilowattstunden pro Jahr liegen die Projektüberschüsse für die Konfiguration mit einer 5 kW-Photovoltaik-Anlage und einem 8 kWh-Speicher aufgrund der höheren Anfangsinvestition für den größeren Speicher jeweils unter denen der anderen Konfigurationen. Dieser Nachteil reduziert sich bei einem hohen jährlichen Strombedarf von 7.000 Kilowattstunden. In diesen Fällen gleicht der höhere Selbstverbrauch den Nachteil der höheren Anfangsinvestitionen aus.

Realisierbare Projektüberschüsse in Abhängigkeit des Installationsjahres, in 1.000 Euro
bei einem Grundverbrauch von 4.000 Kilowattstunden

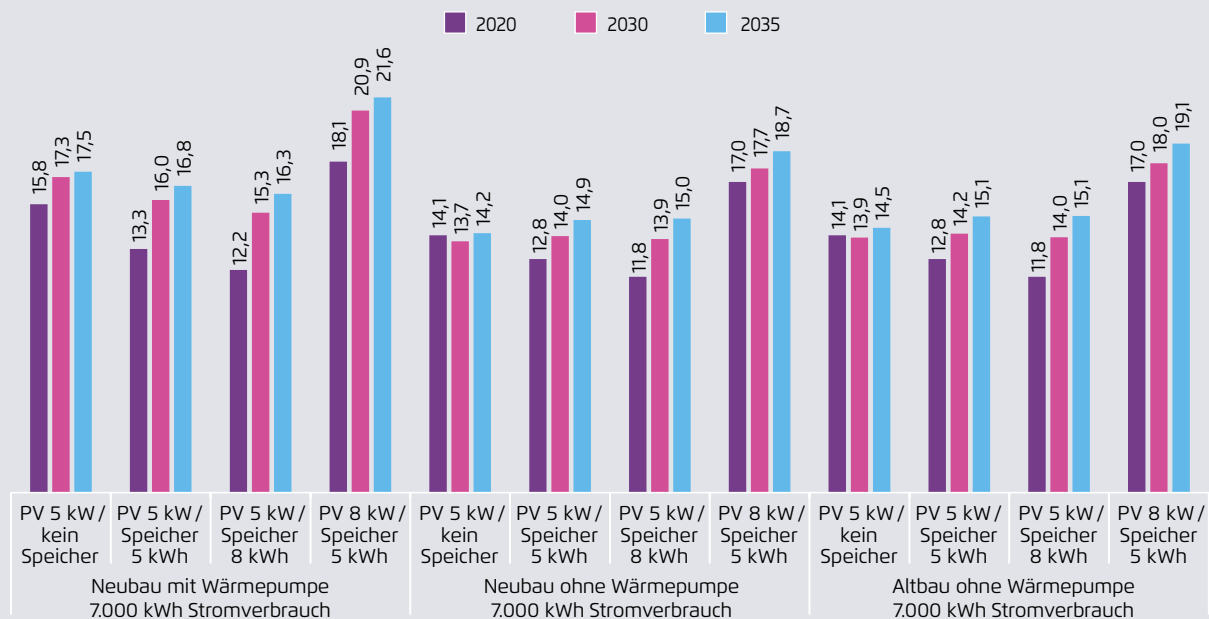
Abbildung 11



Eigene Darstellung

Realisierbare Projektüberschüsse in Abhängigkeit des Installationsjahres, in 1.000 Euro
bei einem Grundverbrauch von 7.000 Kilowattstunden

Abbildung 12



Eigene Darstellung

3.2.3 Bandbreite des Eigenversorgungspotenzials

Die berechneten Renditen und Überschüsse zeigen, dass sich die Nutzung von Eigenversorgung aus Photovoltaik für die dargestellten Haushalte lohnt. Fraglich ist, ob und wie viele Haushalte sich in Zukunft für die Investition in eine Photovoltaikanlage und möglicherweise auch in ein Speichersystem entscheiden werden. Aus diesem Grund bietet sich für eine Abschätzung des gesamten potenziellen Eigenversorgungsvolumens die Nutzung einer Bandbreite an.

In Deutschland stehen heute rund 18,6 Millionen Wohngebäude, von denen knapp 12,4 Millionen Ein- und 3,08 Millionen Zweifamilienhäuser sind.²⁶ Insgesamt kommen demnach zunächst fast 15,5 Millionen Wohngebäude für die Eigenversorgung infrage. Voraussetzung ist, dass diese ohne große rechtliche beziehungsweise administrative Schwierigkeiten umgesetzt werden kann. Geht man davon aus, dass von den insgesamt knapp 1,6 Millionen Photovoltaikanlagen heute bereits rund eine Millionen Anlagen auf den Dächern von Ein- und Zweifamilienhäusern installiert sind, stehen theoretisch noch 14,5 Millionen Hausdächer von privaten Haushalten zur Verfügung. Nach dem aktuell geltenden EEG 2014 muss der als Eigenversorgung anrechenbare Strom in unmittelbarer Nähe vom Anlagenbetreiber und von der juristisch gleichen Person verbraucht werden. Dies ist wegen der hohen Eigentumsrate bei Ein- und Zweifamilienhäusern in rund 80 Prozent der Fälle möglich.²⁷ Unterstellt man, dass 70 Prozent der Dächer aufgrund von Eigentumsverhältnissen, Ausrichtung, Verschattung und anderen Einflussfaktoren infrage kommen, könnten weitere 10,15 Millionen private Hausdächer für die Photovoltaik-Eigenversorgung genutzt werden.

Die Spannbreite der potenziellen Eigenversorgung ergibt sich dann aus der realisierten Anlagenkonfiguration. Sie ist nach unten durch den alleinigen Einsatz eines Photovoltaiksystems ohne Speicher und somit geringerer Eigenversorgungsmöglichkeit begrenzt. Nach oben wird die Spanne durch die Photovoltaik-Speicher-Kombination definiert werden. In dieser Bandbreite könnte die zukünftige Photo-

voltaik-Eigenversorgung der privaten Haushalte im Segment unter zehn Kilowatt (mit einer 5 kW-Anlage) zwischen 14,5 Terawattstunden (ohne Speicher) und 38,6 Terawattstunden (mit Speicher) liegen.²⁸

Bei einer reinen Rentabilitätsbetrachtung sind Photovoltaik-Speicher-Systeme nicht wirtschaftlicher als Photovoltaiksysteme ohne Speicher. Aus rein ökonomischer Sicht wäre deshalb nur die untere, von Systemen ohne Speicher gesetzte Potenzialgrenze erschließbar. Allerdings orientieren sich Haushalte oft nicht ausschließlich an ökonomischen Betrachtungen. Eine Entscheidung für Photovoltaik-Speicher-Systeme kann befördert werden, wenn zusätzlich die absoluten Projektüberschüsse betrachtet werden. Diese sind bei Photovoltaik-Speicher-Systemen höher. Darüber hinaus kann das hier nicht monetarisierte Streben nach Unabhängigkeit vom Stromversorger eine Rolle spielen.²⁹ Vor diesem Hintergrund spricht viel dafür, für das erschließbare Gesamtpotenzial bei den Ein- und Zweifamilienhäusern der privaten Haushalte den oberen Wert von 38,6 Terawattstunden anzusetzen. Diese Angabe bezieht sich auf die Eigenversorgung insgesamt. Wie allerdings zuvor gezeigt wurde (Abbildung 7), setzt er sich zusammen aus konventionellen Stromanwendungen sowie Wärmeanwendungen. Hierbei gilt nur für erstere, dass sie eindeutig den Strombezug aus dem Netz durch Eigenversorgung ersetzen, während letztere den Gasbezug der Haushalte reduzieren. Für Haushalte mit einem Strombedarf von 4.000 Kilowattstunden pro Jahr beträgt die Eigenversorgung, welche den Strombezug aus dem Netz ersetzt („Unabhängigkeitsgrad vom Netz“), rund 50 Prozent, das heißt 2.000 Kilowattstunden pro Jahr. Ausgehend hiervon beträgt die obere Potenzialschätzung des verdrängten Strombezugs aus dem Netz für die 10,15 Millionen private Hausdächer rund 20,3 Terawattstunden pro Jahr.

28 Eine 5 kWp-Anlage erzeugt 4.750 Kilowattstunden Strom, davon können ohne Batteriespeicher 30 Prozent und mit Batteriespeicher 80 Prozent selbst genutzt werden. In Verbindung mit den angesetzten 10,15 Millionen privaten Hausdächern auf Ein- und Zweifamilienhäusern ergibt sich die genannte Bandbreite.

29 ISEA et al. (2015)

26 Statistisches Bundesamt (2016)

27 Statistisches Bundesamt (2013)

Bezogen auf den Stromverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland von insgesamt rund 130 Terawattstunden³⁰ bedeutet dies, dass die Photovoltaik-Eigenversorgung rund 16 Prozent dieses ansonsten aus dem Netz bezogenen Stroms decken kann, wenn die ermittelten Potenziale tatsächlich erschlossen werden. Bezogen auf den Stromverbrauch nur der Ein- und Zweifamilienhäuser, kann die Photovoltaik-Eigenversorgung rund 30 Prozent des ansonsten aus dem Netz bezogenen Stroms decken.³¹

In der Realität dürfte dieses Potenzial aus verschiedenen Gründen allerdings nur eingeschränkt erreicht werden. So wird die Investitionsbereitschaft zum Beispiel von der jeweiligen Altersstruktur der Eigentümer und ihrer Kapitalverfügbarkeit abhängen.

30 AG Energiebilanzen (2016)

31 Statistisches Bundesamt (2016), BDEW (2016)

4 GHD-Sektor: Landwirtschaft und Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel

4.1 Methodik

Im Gegensatz zum Sektor der privaten Haushalte bildet die Eigentümerstruktur der Immobilien im Sektor GHD die größte Herausforderung für die Eigenversorgung.³² Eigenversorgung aus Photovoltaik ist im Regelfall nur möglich, wenn der Stromverbraucher Zugriff auf das Gebäudedach bekommt, um dort eine Photovoltaikanlage installieren und betreiben zu können. Dies geht aus den rechtlichen Voraussetzungen des EEG hervor. Der Strom muss demnach in unmittelbarer Nähe vom Anlagenbetreiber und von der juristisch gleichen Person verbraucht werden. Betrachtet man die Eigentümerstruktur im Sektor GHD, fällt auf, dass ein großer Teil der Unternehmen nicht selbst Eigentümer der genutzten Immobilie ist. Dies gilt vor allem für Dienstleistungsunternehmen beziehungsweise büroähnliche Betriebe, den Einzelhandel (Non-Food) oder das Nahrungsmittelgewerbe. Solche Unternehmen sind in den meisten Fällen Mieter der Räumlichkeiten, Büroflächen beziehungsweise Ladengeschäfte. Anders sieht die Eigentums- und Nutzungsstruktur bei Herstellungsbetrieben, im Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel, bei Krankenhäusern, Schulen und Bädern, in der Landwirtschaft oder im Beherbergungsgewerbe aus. Dort sind oftmals die Nutzer gleichzeitig die Eigentümer einer Immobilie, beziehungsweise man könnte mit geringem vertraglichem Aufwand die Dachflächen nutzen.

Aufgrund der Vielfältigkeit der Branchen im Sektor GHD kommt im Rahmen dieser Kurzstudie eine umfassende Betrachtung des gesamten Sektors nicht infrage. Stattdessen werden anhand ausgewählter Beispiele die Möglichkeiten für Eigenversorgung im Bereich GHD erläutert. Die exem-

plarische Analyse konzentriert sich auf den Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel sowie die Landwirtschaft, da diese Branchen einerseits aufgrund der Eigentümer-Nutzer-Struktur über Potenziale für die Photovoltaik-Eigenversorgung verfügen und andererseits eine vergleichsweise homogene Struktur aufweisen, die eine tiefergehende Untersuchung zulässt.

Trotz größerer Eigenversorgungspotenziale wird die Branche Herstellungsbetriebe (Kfz-, Holz-, Metall-, Papier- und Druckgewerbe) nicht betrachtet, da sie sich aufgrund ihrer Heterogenität hinsichtlich der Stromverbrauchsprofile einer übergreifenden Untersuchung entzieht. Im Beherbergungsgewerbe fallen zum einen Nutzer und Eigentümer einer Immobilie häufig auseinander und zusätzlich sind die Dachflächen oftmals durch Dachaufbauten (Belüftung, Klima, und Fahrstuhltechnik) eingeschränkt. Des Weiteren gibt es eine Nutzungskonkurrenz zwischen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, solarthermischen Systemen und Photovoltaikanlagen. Gleiches gilt für Krankenhäuser.

Methodisch unterscheidet sich die Analyse im Sektor GHD von der bei den privaten Haushalten angewandten. Für die ausgewählten Branchen Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel und die Landwirtschaft wird nicht die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaiksystemen betrachtet, sondern vielmehr das maximale Eigenversorgungspotenzial der einzelnen Branchen berechnet. Dabei wird unterstellt, dass die Eigenversorgung mit Photovoltaiksystemen per se wirtschaftlich ist. Die Analyse stützt sich auf aktuelle Literaturangaben hinsichtlich der Verbrauchsprofile beziehungsweise den realisierbaren Eigenversorgungsquoten. In den betrachteten Branchen passt das jeweilige Verbrauchsprofil ideal zum Erzeugungsprofil von Photovoltaik, sodass dort zunächst keine Speicher zum Einsatz kommen müssen.

32 Die Bundesnetzagentur fasst die Anforderungen an Letztverbraucher im Sinne der Eigenversorgung so zusammen: „[...] tatsächliche Herrschaft über die Verbrauchsgeräte, eigenverantwortliche Bestimmung der Arbeitsweise und Tragung des wirtschaftlichen Risikos“ (BNetzA 2016).

4.1.1 Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel

Der Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel wird in Deutschland dominiert von großen Handelsketten. Da für diese Handelsketten Informationen zur Anzahl und Größe der Filialen vorliegen und viele dieser Unternehmen darüber hinaus Eigentümer der von ihnen genutzten Immobilien sind, ist eine plausible Schätzung der Eigenversorgungspotenziale für diese Branche möglich.

Zur Berechnung der maximalen Eigenversorgung dieser Branche wurden die in Tabelle 2 aufgelisteten Marktteilnehmer mit ihren Filialen und Logistikzentren in die Berechnung miteinbezogen.

In die Untersuchung einbezogene Marktteilnehmer		Tabelle 2
Aldi Nord	Kaufland	
Aldi Süd	Real	
Lidl	Sky	
Netto (Edeka)	Marktkauf (Edeka C&C)	
Netto (Nord)	Globus	
Penny	Norma	
Edeka	Metro	
Rewe	Fegro/Selgros	
Kaisers/Tengelmann	Edeka C&C	

Eigene Darstellung

Mit dieser Auswahl wird das Gros des Lebensmittel-Einzel- und -Großhandels erfasst. Aus den Geschäftsberichten beziehungsweise den branchenspezifischen Fachmagazinen konnte für diese Marktteilnehmer sowohl die Anzahl der Filialen als auch der Logistikzentren bestimmt werden. Um Photovoltaik-Eigenversorgung nutzen zu können, sollten die Filialen freistehend sein. Dabei unterscheiden sich vor allem die Discounter von den Vollsortimentssupermärkten. Discounter findet man häufiger in freistehenden Filialen, wohingegen die Vollsortiments-supermärkte mit ihrer besseren Innenstadtlage weniger häufig in freistehenden Gebäuden untergebracht sind. Aus diesem Grund variiert in der Berechnung der Anteil der freistehenden Filialen je nach Filialtyp. Gleiches gilt für die durchschnittliche Größe der Photovoltaikanlagen auf den Filialdächern. Discounter haben im Durchschnitt eine größere verfügbare Dachfläche als Vollsortiments-supermärkte in Innenstadtlagen.³³ Verbrauchermärkte beziehungsweise SB-Warenhäuser haben wiederum eine deutlich größere Dachfläche als Discounter. Diese Größenstaffelung bildet die Grundlage für eine Differenzierung der installierten Photovoltaikleistung pro Filiale. Für die Betrachtung der produzierten Gesamtstrommenge werden wie bei den privaten Haushalten für alle Anlagen 945 Volllaststunden angesetzt. In der Branche Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel zeigen Analysen für bereits installierte Photovoltaikanlagen, dass eine Eigenversorgungsquote für einen Supermarkt von 80 Prozent realisiert werden kann.³⁴ Das Verbrauchsprofil eines Supermarktes wird im Besonderen durch die Kühlung beeinflusst, die kontinuierlich die ganze Woche rund um die Uhr durchläuft, mit einem Anstieg tagsüber an Wochentagen. Hierdurch ergibt sich eine ideale Abdeckung zwischen dem Verbrauchsprofil und dem Erzeugungsprofil von Photovoltaik.

In die Berechnungen für die Branche Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel gingen die in Tabelle 3 aufgelisteten Parameter ein.

³³ vgl. E&M Daily (2016)

³⁴ REC Solar (2014)

Parameter für die Berechnung der Eigenversorgung im Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel

Tabelle 3

	Filialen*			Durchschnittliche PV-Kapazität in kW
	Insgesamt (Anzahl)	Freistehend	Freistehend (Anzahl)	
Aldi Nord	2.400	90 %	2.160	110
Aldi Süd	1.850	90 %	1.665	110
Lidl	3.300	90 %	2.970	100
Netto (Edeka)	4.000	90 %	3.600	100
Netto (Nord)	340	50 %	170	100
Penny	2.200	80 %	1.760	100
Edeka	7.400	50 %	3.700	75
Rewe	8.000	50 %	4.000	75
Kaisers/Tengelmann	450	50 %	225	100
Kaufland	640	90 %	576	300
Real	300	80 %	240	300
Sky	200	80 %	160	100
Marktkauf (Edeka C&C)	160	90 %	144	300
Globus	40	100 %	40	300
Norma	1.250	80 %	1.000	100
Metro	100	100 %	100	300
Fegro/Selgros	40	100 %	40	300
Edeka C&C	160	100 %	160	300

Eigene Darstellung

* Die Anzahl der Filialen insgesamt ist gerundet und wurde aus Geschäftsberichten beziehungsweise branchenspezifischen Fachmagazinen ermittelt. Der Anteil der freistehenden Filialen sowie die durchschnittliche Photovoltaikkapazität beruht auf eigenen Schätzungen.

4.1.2 Landwirtschaft

Für die Berechnung des maximalen Eigenversorgungspotenzials in der Landwirtschaft musste die Methodik an die Gegebenheiten dieser Branche angepasst werden. Die Eingangsgrößen für die Berechnungen beruhen im Wesentlichen auf Literaturangaben.

In Deutschland gibt es derzeit rund 280.000 landwirtschaftliche Betriebe.³⁵ Diese weisen eine sehr große Heterogenität hinsichtlich Betriebsgröße, Struktur und Produktion auf. Für die Nutzung von Photovoltaik-Eigenversorgung in wesentlichem Umfang kommen nur Betriebe infrage, die Viehzucht betreiben. Ein reiner Ackerbaubetrieb weist in der Regel einen zu geringen oder einen zu stark saisonal strukturierten Stromverbrauch auf, sodass die poten-

zielle Photovoltaik-Eigenversorgung keinen großen Anteil zur Deckung des Gesamtstromverbrauchs beitragen kann. Sobald Viehzucht betrieben wird, erhöht sich der durchschnittliche tägliche Strombedarf eines Betriebes deutlich. In Betrieben mit Milchvieh haben die Melkmaschinen und besonders die Milchkühlung die größten Anteile am Strombedarf. Gerade die Milchkühlung wird häufig tagsüber genutzt. In der Schweinezucht macht die Wärmeversorgung für die Jungtiere einen großen Anteil am Gesamtbedarf aus. In der Geflügel- und Eiproduktion hingegen sind es die Anlagen für das Stallklima. 70 Prozent der landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland betreiben Viehzucht³⁶ und kommen grundsätzlich für die Nutzung von Photovoltaik-Eigenversorgung infrage. Für die Landwirtschaft wird das maximale Potenzial der Photovoltaik-Eigenversorgung aus dem

35 Statistisches Bundesamt (2016b)

36 Information.medien.agrar (2013)

durchschnittlichen Strombedarf eines landwirtschaftlichen Betriebes und typischen Eigenversorgungsquoten abgeleitet. Diese auf Literaturwerten basierende Schätzung wurde mittels viehzuchtspezifischen Verbrauchsprofilen und eigenen Hochrechnungen plausibilisiert.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel

Von den 32.670 Filialen der betrachteten Handelsketten sind geschätzt mehr als 22.500 freistehend (Tabelle 4). Je nach Filialtyp können unterschiedlich große Photovoltaiksysteme mit einer Gesamtleistung von mehr als 2.300 Mega-

watt installiert werden. Dies führt zu einer Stromerzeugung in Höhe von 2,20 Terawattstunden. Bei einer in Praxisfällen erzielten Eigenversorgungsquote von 80 Prozent können somit bis zu 1,76 Terawattstunden Eigenversorgung realisiert werden.

Hinzu kommen die Potenziale auf den Dachflächen der Logistikzentren (Tabelle 5).

Nicht alle Konzerne besitzen für jede Einzelhandelskette eigene Logistikzentren. Teilweise werden unterschiedliche Ketten von denselben Zentren beliefert. Zu einigen kleineren Ketten fehlen detaillierte Informationen hinsichtlich der

Eigenversorgungspotenzial in den Filialen des Lebensmittel-Einzel- und -Großhandels

Tabelle 4

	Filialen*			Ø PV-Kapazität in kW	Inst. Leistung in MW (möglich)	Stromerz. in GWh	EV-Quote	EV in GWh
	Total	Freistehend	Anzahl freistehend					
Aldi Nord	2.400	90 %	2.160	110	238	225	0,8	180
Aldi Süd	1.850	90 %	1.665	110	183	173	0,8	138
Lidl	3.300	90 %	2.970	100	297	281	0,8	225
Netto (Edeka)	4.000	90 %	3.600	100	360	340	0,8	272
Netto (Nord)	340	50 %	170	100	17	16	0,8	13
Penny	2.200	80 %	1.760	100	176	166	0,8	133
Edeka	7.400	50 %	3.700	75	278	262	0,8	210
Rewe	8.000	50 %	4.000	75	300	284	0,8	227
Kaisers/Tengelmann	450	50 %	225	100	23	21	0,8	17
Kaufland	640	90 %	576	300	173	163	0,8	131
Real	300	80 %	240	300	72	68	0,8	54
Sky	200	80 %	160	100	16	15	0,8	12
Marktkauf (Edeka C&C)	160	90 %	144	300	43	41	0,8	33
Globus	40	100 %	40	300	12	11	0,8	9
Norma	1.250	80 %	1.000	100	100	95	0,8	76
Metro	100	100 %	100	300	30	28	0,8	23
Fegro/Selgros	40	100 %	40	300	12	11	0,8	9
Edeka C&C	160	100 %	160	300	48	45	0,8	36
Total	32.670		22.550		2.329	2.201		1.761

Eigene Darstellung

* Die Anzahl der Filialen insgesamt ist gerundet und wurde aus Geschäftsberichten beziehungsweise branchenspezifischen Fachmagazinen ermittelt. Der Anteil der freistehenden Filialen sowie die durchschnittliche Photovoltaikkapazität beruht auf eigenen Schätzungen. EV = Eigenversorgung

Eigenversorgungspotenzial in den Logistikzentren des Lebensmittel-Einzel- und -Großhandels

Tabelle 5

	Logistikzentren (alle freistehend)	Ø PV-Kapazität in kW	Inst. Leistung in MW (möglich)	Stromerzeugung in GWh	EV-Quote	EV in GWh
Aldi Nord	48	1.000	48	45	0,8	36
Aldi Süd	40	1.000	40	38	0,8	30
Lidl	42	1.000	42	40	0,8	32
Netto (Edeka)	19	1.000	19	18	0,8	14
Netto (Nord)		1.000	0	0	0,8	0
Penny		1.000	0	0	0,8	0
Edeka	60	1.000	60	57	0,8	45
Rewe	28	1.000	28	26	0,8	21
Kaisers/Tengelmann		1.000	0	0	0,8	0
Kaufland	7	1.000	7	7	0,8	5
Real		1.000	0	0	0,8	0
Sky		1.000	0	0	0,8	0
Marktkauf (Edeka C&C)	2	1.000	2	2	0,8	2
Globus	1	1.000	1	1	0,8	1
Norma	10	1.000	10	9	0,8	8
Metro		1.000	0	0	0,8	0
Fegro/Selgros		1.000	0	0	0,8	0
Edeka C&C	21	1.000	21	20	0,8	16
Total			257	243		194

Eigene Darstellung

* Die Anzahl der Filialen insgesamt ist gerundet und wurde aus Geschäftsberichten beziehungsweise branchenspezifischen Fachmagazinen ermittelt. Der Anteil der freistehenden Filialen sowie die durchschnittliche Photovoltaikkapazität beruht auf eigenen Schätzungen. EV = Eigenversorgung

Anzahl der Logistikzentren. Für die wichtigsten Marktteilnehmer konnte die Anzahl jedoch ermittelt werden.

Ausgehend von dieser Anzahl entspricht das weitere Vorgehen dem der Potenzialberechnung der Filialen. Man kann davon ausgehen, dass alle Logistikzentren freistehend sind und aufgrund ihrer Größe die Installation einer 1.000-Kilowatt-Dachanlage ermöglichen. Auch für die Logistikzentren wird eine mögliche Eigenversorgungsquote von 80 Prozent angesetzt. Diese wird im Wesentlichen von dem enormen Kühlbedarf und den Logistikanlagen beeinflusst. Auf allen knapp 260 bekannten Logistikzentren können demnach fast 260 Megawatt Photovoltaik installiert werden, die rund 240 Gigawattstunden Strom erzeugen. Die Eigenversorgung

könnte auf der Grundlage dieser Annahmen 194 Gigawattstunden, also fast 0,2 Terawattstunden erreichen.

Insgesamt beträgt das geschätzte Eigenversorgungspotenzial der Filialen und Logistikzentren in der Branche Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel 1,96 Terawattstunden.

4.2.2 Landwirtschaft

Für die Branche Landwirtschaft wurde anhand geeigneter Quellen die potenzielle Eigenversorgung mittels eines Top-Down-Verfahrens geschätzt. Von den rund 280.000 landwirtschaftlichen Betrieben betreiben rund 196.000 (70 Prozent) Viehzucht und kommen somit für die Photovoltaik-Eigenversorgung infrage. Die Betriebe mit Viehzucht haben in Deutschland einen durchschnittlichen

Stromverbrauch von 18,6 Megawattstunden pro Jahr.³⁷ Allerdings sind die Betriebsgrößen weit gestreut, sodass die einzelnen Betriebe einen deutlich höheren oder niedrigeren Strombedarf aufweisen können. Insgesamt weisen die landwirtschaftlichen Betriebe mit Viehzucht einen jährlichen Strombedarf von rund 3,6 Terawattstunden auf. Praxisberichten zufolge ist es in landwirtschaftlichen Betrieben möglich, Eigenversorgungsquoten von 50 Prozent zu erzielen.³⁸ Diese variieren je nach Betriebsart, Größe, Viehkategorie und eingesetzter Produktionstechnik. Als Mittelwert erscheint diese Quote jedoch repräsentativ. Auf dieser Grundlage wäre in der Landwirtschaft eine Photovoltaik-Eigenversorgung von rund 1,8 Terawattstunden möglich.

37 Neiber (2014)

38 Neiber (2013)

5 Einordnung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Kurzstudie ordnen sich ein in eine Reihe anderer Veröffentlichungen. Auffällig sind im Vergleich mit den Erkenntnissen einer aktuellen IW/EWI-Studie die deutlich niedrigeren Ergebnisse der Potenzialberechnung. Auf die wesentlichen Unterschiede in den Grundannahmen, die zu den abweichenden Ergebnissen führen, wird an dieser Stelle kurz eingegangen.

Die Studie *Eigenerzeugung und Selbstverbrauch von Strom – Stand, Potentiale und Trends*³⁹ von IW/EWI aus dem Jahr 2014 verfolgte mit der Ermittlung des möglichen Eigenversorgungspotenzials aus Photovoltaik und anderen Quellen ein ähnliches Ziel wie die vorliegende Kurzstudie. Allerdings wurde von IW/EWI das Potenzial sämtlicher Sektoren untersucht, und es wurden sowohl Photovoltaik- als auch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen als Eigenerzeugungsquellen betrachtet. Es liegt auf der Hand, dass die zusätzliche Betrachtung von Kraft-Wärme-Kopplung und vor allem der weiter gesteckte Untersuchungsraum zu höheren Potenzialen führt.

Des Weiteren basiert der Modellansatz von IW/EWI auf „*der wirtschaftlichen Optimierung der Energiekosten eines repräsentativen Akteurs unter bestimmten technischen und ökonomischen Restriktionen*“. Das bedeutet, dass „*das Modell aus den unterschiedlichen Versorgungsoptionen die für den Akteur günstigste Variante wählt, indem Anlagenkapazitäten und deren Betrieb optimiert werden*“. Aus diesem Grund werden in der Studie die Anlagenparameter modellendogen generiert. Somit kann keine direkte Vergleichbarkeit zwischen unserem Ansatz (feste Anlagengröße und Erzeugung) und den Ergebnissen von IW/EWI hergestellt werden. So kommt es in der Studie von IW/EWI zu Anlagenkonfigurationen, die aus heutiger Sicht weder technisch noch ökonomisch sinnvoll erscheinen. Beispielsweise sind die Anlagengrößen für private Haushalte für heutige praktische Anwendungen sehr klein dimensioniert (0,2 kW PV; 0,5 kW KWK und 0,3 kWh Batteriespeicher).

Es bleibt auch für die Zukunft fraglich, ob solche Konfigurationen wirtschaftlich umsetzbar sind, da auch bei Kleinanlagen die Installation von Fachkräften durchgeführt werden muss. Die damit anfallenden fixen Kosten (für die Planung, Anfahrt, Installation) verschlechtern die Wirtschaftlichkeit der sehr kleinen Anlagen drastisch. Es ist aber damit zu rechnen, dass es bei weiter fallenden Kosten für Photovoltaiksysteme zukünftig vermehrt nicht an Stromnetz angeschlossene Geräte mit integrierten Solarzellen geben wird (wie zum Beispiel der bewährte Solartaschenrechner, Solarladestationen für Telefone, Tablets, Laptops oder auch Miniklimaanlagen mit externen Solarmodulen). Die Entwicklung solcher nicht netzgebundenen Anwendungen und Geräte wurden im Rahmen dieser Kurzstudie nicht betrachtet, ihr Potenzial ist deshalb nicht enthalten.

Generell ist die Nutzung von Klein-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wegen deutlich höherer Investitionskosten ökonomisch deutlich weniger attraktiv als die Nutzung von Photovoltaik. Die Gesamtkosten für ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit einer elektrischen Leistung von einem Kilowatt liegen heute bei etwa 15.000 Euro⁴⁰. Trotz der hohen Förderung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und Mini-Kraft-Wärme-Kopplung-Impulsprogramm) sind diese Kleinst-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen heute nur in wenigen Anwendungsfällen (wenn die Anlagen Grundlast laufen können) wirtschaftlich. Eine zukünftige stärkere Marktdurchdringung von Kleinst-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Bereich der privaten Haushalte scheint aus heutiger Sicht ausgeschlossen.

Deutliche Unterschiede zwischen den beiden Studien weisen die Annahmen zu einzelnen Investitionskosten auf. So betragen bei IW/EWI die Kosten für Photovoltaik 1.640 Euro pro Kilowatt und liegen somit rund 30 Prozent über den aktuellen Investitionskosten, die in die vorliegende Kurzstudie eingingen. Die Investitionskosten für Batteriespeicher hingegen wurden mit 1.000 Euro pro Kilowattstunde rund

39 IW/EWI (2014)

40 Prognos et al. (2014)

30 Prozent unterhalb der aktuellen Investitionskosten angesetzt.⁴¹

Den direkten Vergleich der Ergebnisse beider Studien erschwert auch die von IW/EWI vorgenommene Kombination von Photovoltaik und Kraft-Wärme-Kopplung als Eigenzeugungsquellen. Die Ergebnisse dieser Kombination sind für einen direkten Vergleich mit den Ergebnissen dieser Studie (reine Photovoltaikerzeugung) nicht geeignet. Für den Sektor private Haushalte werden bei IW/EWI darüber hinaus neben den Ein- und Zweifamilienhäusern auch Mehrfamilienhäuser betrachtet.

Das im Rahmen der vorliegenden Kurzstudie ermittelte Potenzial bildet deshalb lediglich einen Teil des Gesamtpotenzials von IW/EWI ab. Vor diesem Hintergrund ist es folgerichtig, dass die in dieser Kurzstudie ermittelte Bandbreite von 14,5 bis 38,6 Terawattstunden⁴² deutlich unter den 115,6 Terawattstunden (Szenario 1) von IW/EWI anzusiedeln ist. Nach Ansicht der Verfasser bieten die rechtlichen Rahmenbedingungen derzeit allerdings keine realistische Möglichkeit, nennenswerte Potenziale für die Photovoltaik-Eigenversorgung in Mehrfamilienhäusern zu erschließen.⁴³

Abschließend ist festzustellen, dass aufgrund der unterschiedlichen Methodik und des Umfangs der beiden Untersuchungen eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht gegeben ist.

41 Hier ist von Lithium-Ionen-Speichern auszugehen, da der Wirkungsgrad mit 95 Prozent angegeben wird. Der Wirkungsgrad von Blei-Säure-Batterien wäre mit unter 90 Prozent anzusetzen (Elsner/Sauer 2015).

42 Beziehungsweise bis 20 Terawattstunden für Eigenversorgung, welche den Strombezug aus dem Netz ersetzt.

43 Mit den kürzlich beschlossenen Regelungen zu sogenannten „Mieterstrommodellen“ (§95 EEG 2017) kann sich allerdings auch in Mehrfamilienhäusern ein Photovoltaik-Eigenverbrauch entwickeln. Ob dies tatsächlich geschieht und welche Rückkopplungen sich hieraus ergeben, sollte zeitnah verfolgt werden.

6 Wertigkeit der Resteinspeisung

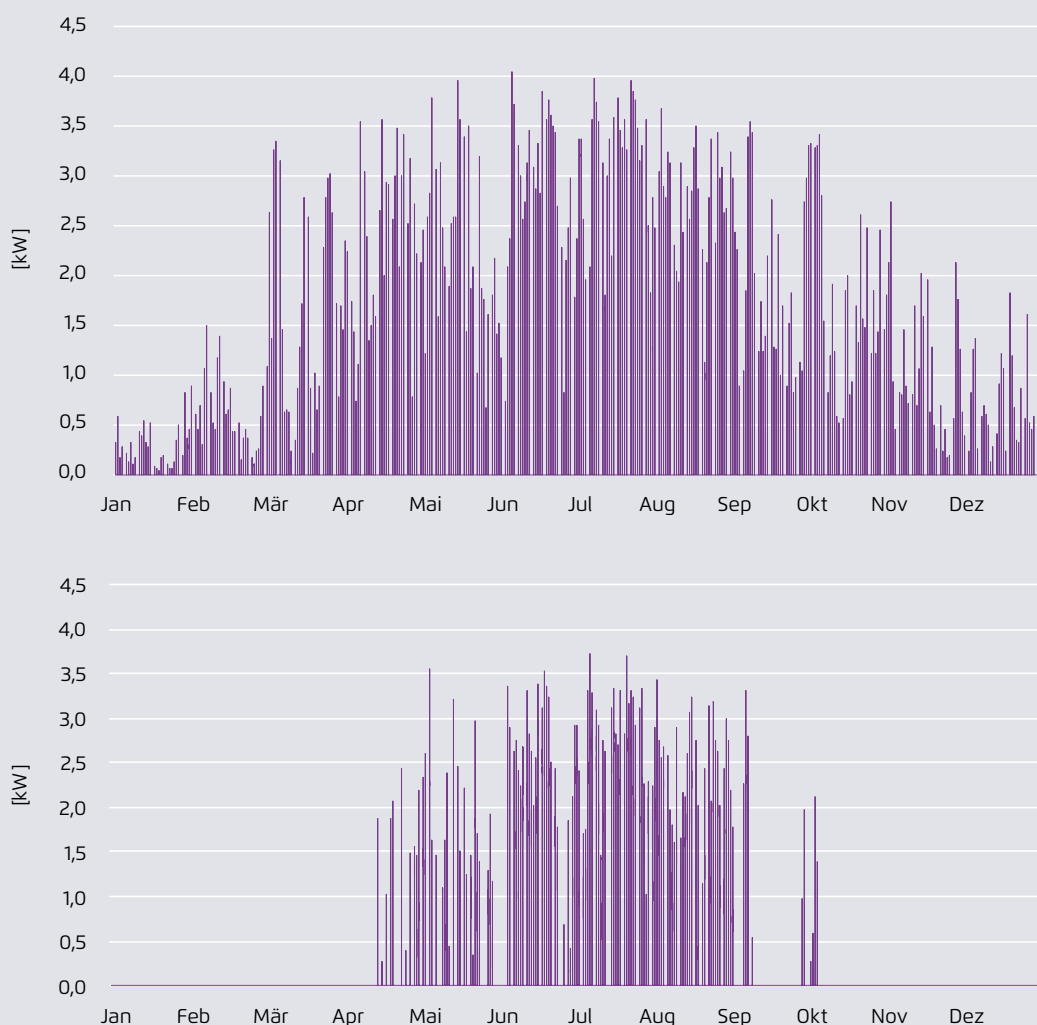
Photovoltaikstrom, der nicht im Objekt selbst genutzt werden kann, kann nach bestehender Gesetzeslage auch zukünftig uneingeschränkt ins Stromnetz eingespeist werden und wird dafür standardmäßig nach EEG vergütet. Die Menge hängt von mehreren Faktoren ab: In Zeiten, in denen nur wenig Photovoltaikstrom erzeugt wird oder der Stromverbrauch im Objekt hoch ist, kann ein höherer Anteil des

erzeugten Stroms selbst genutzt werden. Im Frühling und Sommer sinkt mit der steigenden Photovoltaikerzeugung und dem geringer werdenden Stromverbrauch die Möglichkeit, den Strom selbst nutzen zu können.

Abbildung 13 zeigt im Vergleich die mögliche Netzeinspeisung einer Photovoltaikanlage ohne Eigenversorgung

Netzeinspeisung einer Photovoltaikanlage ohne Eigenverbrauch in Kilowatt (oben) und Netzeinspeisung nach Eigenverbrauch für ein Einfamilienhaus mit Wärmepumpe und Batteriespeicher in Kilowatt (unten)

Abbildung 13



Eigene Darstellung

und die verbleibende Netzeinspeisung einer gleich großen Photovoltaikanlage, die in einem Einfamilienhaus (Neubau, Grundverbrauch 4.000 Kilowattstunden, mit Wärmepumpe und Batteriespeicher) betrieben wird. Zwischen Oktober und Ende April speist die Photovoltaikanlage dieses Gebäudes keinen Strom ins Netz ein. Nur in den Sommermonaten ergäbe sich eine Stromeinspeisung.

Die Strompreise sind heute in den Wintermonaten wegen des höheren saisonalen Strombedarfs höher als im Sommer und es ist zu erwarten, dass dies auch zukünftig so bleiben wird. Aufgrund seiner saisonalen Struktur ist der mittlere Wert des nicht in Eigenversorgung genutzten, sondern eingespeisten Stroms geringer als der Wert einer ganzjährigen Photovoltaikerzeugung. Um wie viel niedriger der sich ergebende Profilkfaktor ist, hängt von vielen Rahmenbedingungen ab, insbesondere von der zukünftigen Struktur der Großhandelspreise und der jeweiligen Anlagenkonstellation. Basierend auf exemplarischen Modellrechnungen liegt der Profilkfaktor der Resteinspeisung heute und auch zukünftig im Mittel etwa zehn Prozentpunkte unter dem Wert einer reinen Photovoltaikstromerzeugung. Dies gilt unter der Annahme eines Ausbaus der Photovoltaik in Deutschland auf ein Niveau von 60 bis 80 Gigawatt bis zum Jahr 2035. Eine wesentlich höhere installierte Photovoltaikleistung (zum Beispiel als Folge einer schneller vorangetriebenen Dekarbonisierung) hätte einen Einfluss auf die sich ergebenden Profilkfaktoren der verbleibenden Netzeinspeisung von Photovoltaiksystemen. Bei der in diesem Kapitel beschriebenen Veränderung der Wertigkeit handelt es sich um eine grundsätzliche Herausforderung für die Förderung fluktuierender Erneuerbarer Energien wie Windkraft und Photovoltaik, da die zeitliche Komponente in der Förderung momentan nicht abgebildet ist.⁴⁴

44 vgl. dazu auch Öko-Institut (2014)

7 Resümee und Schlussfolgerungen

Photovoltaik in der Eigenversorgung ist bereits heute für viele, insbesondere für Kleinverbraucher, eine wirtschaftliche Option. Für den kombinierten Einsatz mit Batteriespeichern ist dies in den meisten Fällen erst in den kommenden Jahren zu erwarten, wenn die Batteriekosten weiter sinken.

In Summe bleibt die Eigenversorgung im Verhältnis zum Gesamtverbrauch eines Objektes jedoch überschaubar. Dies liegt insbesondere daran, dass Photovoltaik-Speicher-Systeme aus heutiger Sicht nur im Sommerhalbjahr signifikante Anteile des Strombedarfs der Objekte decken können. Die Eigenversorgungsanteile könnten nur durch eine größere Auslegung der Photovoltaikanlage und eine saisonale Stromspeicherung erhöht werden.

Diese Studie hat für private Haushalte in Ein- und Zweifamilienhäusern ein erschließbares Eigenversorgungspotenzial von 38,6 Terawattstunden ermittelt. Die damit zusammenhängende Verdrängung von Strombezug aus dem Netz beträgt 20,3 Terawattstunden. Ausgehend von einem Stromverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland von rund 130 Terawattstunden⁴⁵ bedeutet dies, dass die Photovoltaik-Eigenversorgung knapp 16 Prozent dieses ansonsten aus dem Netz bezogenen Stroms decken kann. Bezogen auf den Stromverbrauch nur der Ein- und Zweifamilienhäuser, kann die Photovoltaik-Eigenversorgung rund 30 Prozent des ansonsten aus dem Netz bezogenen Stroms decken.⁴⁶

Für den hier untersuchten Branchenausschnitt des Sektors GHD – Landwirtschaft sowie Lebensmittel- Einzel- und -Großhandel – konnte ein Eigenversorgungspotenzial in Höhe von 3,8 Terawattstunden ermittelt werden. Dieses stellt knapp drei Prozent des gesamten GHD-Stromverbrauchs (140 Terawattstunden) dar. Bezogen auf den geschätzten Stromverbrauch der Branchen Landwirtschaft und Handel in Höhe von rund 30 TWh beträgt das wirtschaftlich reali-

sierbare Eigenversorgungspotenzial rund 13 Prozent.⁴⁷ Ein Hemmnis für die Erschließung größerer Potenziale im GHD ist die ungünstige Eigentümer-Nutzer-Struktur der Gebäude in diesem Sektor: Oft sind die Nutzer der Gebäude lediglich Mieter, sodass gewerbliche Mieterstrommodelle nötig wären, um dieses Potenzial zu erschließen.

Insgesamt beträgt das hier ermittelte maximale wirtschaftliche Eigenversorgungspotenzial der Haushalte und der ausgewählten GHD-Branchen, welches Strombezug aus dem Netz ersetzt, rund 24 Terawattstunden pro Jahr. Würde dies kurzfristig realisiert, würde dies die EEG-Umlage um etwa 0,5 Cent pro Kilowattstunde erhöhen.⁴⁸ Analog würden sich andere Strompreisbestandteile wie beispielsweise Netzentgelte oder Kraft-Wärme-Kopplungsumlage leicht erhöhen.

Vor dem Hintergrund dieser ermittelten Potenziale besteht aus heutiger Sicht kein Risiko einer schnellen Erosion der Finanzierungsbasis der EEG-Umlage oder der Netzentgelte, da die Eigenversorgungsmengen heute noch relativ klein sind und selbst bei einer weiteren schnellen Kostensenkung von Photovoltaik-Speicher-Systemen es nur eine kontinuierliche Marktentwicklung geben wird.

Welche weiteren Potenziale der Eigenversorgung in anderen Segmenten der privaten Haushalte, des GHD und darüber hinaus auch der Industrie erschlossen werden könnten, hängt vom regulatorischen Rahmen ab. Bei der Schaffung eines stabilen regulatorischen Rahmens für die Eigenversorgung sind die verschiedenen Aspekte der Eigenversorgung zu berücksichtigen. So kann Eigenversorgung für das

47 Fh-ISI (2015), AG Energiebilanzen (2016)

48 Bei einem angenommenen umlagepflichtigen Letztverbrauch von rund 360 Terawattstunden und einem EEG-Umlagebetrag von 22,88 Milliarden Euro pro Jahr (ÜNB 2015) würde sich die EEG-Umlage bei kompletter Ausschöpfung der hier ermittelten Eigenversorgungspotenziale um knapp 0,5 Cent pro Kilowattstunde erhöhen. $[(22,88 \text{ Mrd. €} / (360 - 24) \text{ TWh}) - (22,88 \text{ Mrd. €} / 360 \text{ TWh}) = 0,0045 \text{ €/kWh}]$.

45 AG Energiebilanzen (2016)

46 Statistisches Bundesamt (2016), BDEW (2016)

Gesamtenergiesystem tendenziell folgende positive Wirkungen entfalten:

- positiver Einfluss der Eigenversorgung auf die Akteursvielfalt und die Begrenzung von Marktmacht einzelner Stromanbieter
- Eigenversorgung kann Auslöser für eine Erhöhung der Energieeffizienz und Lastmanagement sein
- positiver Einfluss der Eigenversorgung auf die Akzeptanz der Energiewende
- höhere Versorgungssicherheit, durch die Möglichkeit sich zumindest zeitweise unabhängig im Stromsystem zu versorgen⁴⁹

Demgegenüber stehen Aspekte, die die Eigenversorgung aus Gesamtsystemsicht eher kritisch erscheinen lassen:

- negative Umverteilungswirkungen im Bereich der Umlagen (EEG-Umlage, Kraft-Wärme-Kopplungsumlage) und der Netzentgelte auf die Nicht-Eigenverbrauchs-Stromnutzer
- höhere Gesamtenergiesystemkosten, da der eigenversorgende Betreiber sich eher an der Maximierung der Eigenversorgung als an zentralen Systemknappheitssignalen über den Börsenstrompreis orientiert
- Trend zur Unterdimensionierung der Photovoltaikanlagen relativ zur verfügbaren Dachfläche, da die Eigenversorgungsoptimierung tendenziell zu kleineren Dachanlagen führt

Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der Politik, zeitnah für einen stabilen Ordnungsrahmen im Bereich der Eigenversorgung und der Mieterstrommodelle zu sorgen, um so entsprechenden Geschäftsmodellen eine sichere Basis zu gewähren. Entscheidend ist hierfür die Gestaltung der Abgaben- und Umlagensysteme, insbesondere im Bereich der EEG-Umlage und Netzentgelte als derzeit größte Posten des Haushaltsstrompreises. So sollte eine zukunftsgerichtete

Neuordnung der Abgaben und Umlagen die Eigenversorger und Mieterstromnutzer an den Kosten des Gesamtsystems angemessen beteiligen – und ihnen dann für die Zukunft aber auch garantieren, dass es durch spätere Änderungen keine rückwirkende Entwertung der Geschäftsmodelle gegeben wird.

⁴⁹ Dies gilt nur für PV-(Speicher-)Systeme, die auch netzunabhängig im Inselbetrieb laufen können. Die meisten existierenden PV-Anlagen sind dagegen bei einem Stromausfall nicht verfügbar.

Literaturverzeichnis

AG Energiebilanzen (2016): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2015. Stand: März 2016.

BDEW (2016): Stromverbrauch im Haushalt. 4. Juli 2016, Berlin

BNetzA (2016): Leitfaden zur Eigenversorgung. Juli 2016. Bundesnetzagentur

Elsner, P. ; Sauer, D. U. (2015): Energiespeicher. Technologiesteckbrief zur Analyse „Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050“. Schriftenreihe „Energiesysteme der Zukunft“.
http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Materialien/ESYS_Technologiesteckbrief_Energiespeicher.pdf

E&M Daily (2016): Discounter Aldi setzt auf Solarstrom. 14. Januar 2016

Fh-ISE (2015): Current and future cost of photovoltaics. Studie im Auftrag von Agora Energiewende.
https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2014/Kosten-Photovoltaik-2050/AgoraEnergiewende_Current_and_Future_Cost_of_PV_Feb2015_web.pdf

Fh-ISI et al (2015): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013. Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Februar 2015.
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/erhebung-des-energieverbrauchs-des-ghd-sektors-2011-2013,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

Fh-ISI (2015): Mittelfristprognose zur Deutschland-weiten Stromabgabe an Letztverbraucher für die Kalenderjahre 2016 bis 2020. Im Auftrag der deutschen Übertragungsnetzbetreiber.

Information.medien.agrar 2013: Informationen zur deutschen Landwirtschaft.

http://information-medien-agrar.de/webshop/mediafiles/PDF/104-117_info-landwirtschaft.pdf

Statistisches Bundesamt 2016b: Landwirtschaftliche Betriebe.

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/LandwirtschaftlicheBetriebe/LandwirtschaftlicheBetriebe.html>

HTW (2015): Repräsentative elektrische Lastprofile für Einfamilienhäuser in Deutschland auf 1-sekündiger Datenbasis, Datensatz, Berlin, Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin.

<http://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/2016/01/HTW-Berlin-2015-Repr%C3%A4sentative-elektrische-Lastprofile-f%C3%BCr-Wohngeb%C3%A4ude-in-Deutschland-auf-1-sek%C3%BCndiger-Datenbasis.pdf>

ISEA (2016): Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher. Jahresbericht 2016

ISEA et al. (2015): PV Nutzen. Analyse des wirtschaftlichen, technischen und ökologischen Nutzens von PV-Speichern. Gemeinsamer Ergebnisbericht für das Projekt PV-Nutzen, FKZ 0325534A/B, ISEA/RWTH Aachen, IÖW, IFHT

IW/EWI (2014): Eigenerzeugung und Selbstverbrauch von Strom – Stand, Potenziale und Trends.
[https://www.bdew.de/internet.nsf/id/3D07D0E3866043D0C1257CB30034DC29/\\$file/EWI_IW_Gutachten_Eigenerzeugung_Selbstverbrauch_04042014.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/3D07D0E3866043D0C1257CB30034DC29/$file/EWI_IW_Gutachten_Eigenerzeugung_Selbstverbrauch_04042014.pdf)

Neiber 2013: Energieeffizienz in der Landwirtschaft. Energieverbrauchsmessung und Analyse des Energiebedarfs.
<http://www.alb-hessen.de/downloads/Neiber-BLS%20Hessen%20Vortrag%20Energie-29102013.pdf>

Literaturverzeichnis

Neiber 2014: Energieeffizienz in der Landwirtschaft. Von der Theorie zur Praxis – Energieverbrauchsmessungen an landwirtschaftlichen Betrieben.

<https://www.landwirtschaftskammer.de/duesse/znr/pdfs/2014/2014-01-30-energie-04.pdf>

Öko-Institut (2014): Erneuerbare-Energien-Gesetz 3.0 (Langfassung). Studie im Auftrag von Agora Energiewende.
https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Impulse/EEG_30/Agora_Energiewende_EEG_3_0_LF_web.pdf

Prognos/IREES/IFAM/BHKW Consult (2014): Potenzial- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung (Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie) sowie Evaluierung des KWKG im Jahr 2014.

<http://www.prognos.com/publikationen/alle-publikationen/460/show/1bd3e90963bbefefc374e9bc1f71eb5b/>

REC Solar (2014): Studie zur Wirtschaftlichkeit von gewerblichen Eigenverbrauchssolaranlagen in Deutschland, Italien und der Türkei.

http://www.recgroup.com/sites/default/files/documents/study_self_consumption_report_de_it_tk_web_20140317.pdf

Sauer, D. U. (2016): Lithium-ion batteries become the benchmark for stationary applications – Markets, players, prices, technology. Presentation held at the 10th International Renewable Energy Storage Conference (IRES) & Energy Storage Europe & Expo in Düsseldorf, 15 March 2016

Statistisches Bundesamt (2013): Wirtschaftsrechnungen. Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Wohnverhältnisse privater Haushalte. Fachserie 15 Sonderheft 1

Statistisches Bundesamt (2016): Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche: Deutschland, Stichtag: 31.12.2014.
<https://www-genesis.destatis.de/>

ÜNB (2015): EEG-Umlage 2016 beträgt 6,354 Cent pro Kilowattstunde. Pressemitteilung vom 15.10.2015,
https://www.netztransparenz.de/de/File/20151015-Pressemitteilung-EEG-Umlage-2016_und_EEG-Vorschau_2016-2020_FINAL.pdf

Publikationen von Agora Energiewende

AUF DEUTSCH

12 Thesen zur Energiewende

Ein Diskussionsbeitrag zu den wichtigsten Herausforderungen im Strommarkt (Lang- und Kurzfassung)

Aktionsplan Lastmanagement

Endbericht einer Studie von Connect Energy Economics

Ausschreibungen für Erneuerbare Energien

Welche Fragen sind zu prüfen?

Das deutsche Energiewende-Paradox. Ursachen und Herausforderungen

Eine Analyse des Stromsystems von 2010 bis 2030 in Bezug auf Erneuerbare Energien, Kohle, Gas, Kernkraft und CO₂-Emissionen

Die Entwicklung der EEG-Kosten bis 2035

Wie der Erneuerbaren-Ausbau entlang der langfristigen Ziele der Energiewende wirkt

Die Rolle des Emissionshandels in der Energiewende

Perspektiven und Grenzen der aktuellen Reformvorschläge

Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende

Status quo, Perspektiven und Weichenstellungen für einen sich wandelnden Strom- und Wärmemarkt

Der Spotmarktpreis als Index für eine dynamische EEG-Umlage

Vorschlag für eine verbesserte Integration Erneuerbarer Energien durch Flexibilisierung der Nachfrage

Die Sonnenfinsternis 2015: Vorschau auf das Stromsystem 2030

Herausforderung für die Stromversorgung in System mit hohen Anteilen an Wind- und Solarenergie

Ein Kraftwerkspark im Einklang mit den Klimazielen

Handlungslücke, Maßnahmen und Verteilungseffekte bis 2020

Ein robustes Stromnetz für die Zukunft

Methodenvorschlag zur Planung – Kurzfassung einer Studie von BET Aachen

Elf Eckpunkte für einen Kohlekonsens

Konzept zur schrittweisen Dekarbonisierung des deutschen Stromsektors

Erneuerbare-Energien-Gesetz 3.0

Konzept einer strukturellen EEG-Reform auf dem Weg zu einem neuen Strommarktdesign

Energieeffizienz als Geschäftsmodell

Ein marktorientiertes Integrationsmodell für Artikel 7 der europäischen Energieeffizienzrichtlinie

Kapazitätsmarkt oder Strategische Reserve: Was ist der nächste Schritt?

Eine Übersicht über die in der Diskussion befindlichen Modelle zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit in Deutschland

Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland

Ein Vergleich möglicher Strategien für den Ausbau von Wind- und Solarenergie in Deutschland bis 2033

Negative Strompreise: Ursache und Wirkungen

Eine Analyse der aktuellen Entwicklungen – und ein Vorschlag für ein Flexibilitätsgesetz

Positive Effekte von Energieeffizienz auf den deutschen Stromsektor

Endbericht einer Studie von der Prognos AG und dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW)

Publikationen von Agora Energiewende

Power-to-Heat zur Integration von ansonsten abgeregeltem Strom aus Erneuerbaren Energien

Handlungsvorschläge basierend auf einer Analyse von Potenzialen und energiewirtschaftlichen Effekten

Stromspeicher für die Energiewende

Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz

AUF ENGLISCH

12 Insights on Germany's Energiewende

An Discussion Paper Exploring Key Challenges for the Power Sector

A radically simplified EEG 2.0 in 2014

Concept for a two-step process 2014 - 2017

Auctions for Renewable Energy in the European Union

Questions Requiring further Clarification

Benefits of Energy Efficiency on the German Power Sector

Final report of a study conducted by Prognos AG and IAEW

Comparing Electricity Prices for Industry

An elusive task – illustrated by the German case

Comparing the Cost of Low-Carbon Technologies: What is the Cheapest Option?

An analysis of new wind, solar, nuclear and CCS based on current support schemes in the UK and Germany

Cost Optimal Expansion of Renewables in Germany

A comparison of strategies for expanding wind and solar power in Germany

Increased Integration of the Nordic and German Electricity Systems

Modelling and Assessment of Economic and Climate Effects of Enhanced Electrical Interconnection and the Additional Deployment of Renewable Energies

Potential Interactions between Capacity Mechanisms in France and Germany

Descriptive Overview, Cross-border Impacts and Challenges

Power Market Operations and System Reliability

A contribution to the market design debate in the Pentilateral Energy Forum

The Danish Experience with Integrating Variable Renewable Energy

Lessons learned and options for improvement

The European Power System in 2030: Flexibility Challenges and Integration Benefits

An Analysis with a Focus on the Pentilateral Energy Forum Region

The Integration Cost of Wind and Solar Power

An Overview of the Debate of the Effects of Adding Wind and Solar Photovoltaics into Power Systems

The Power Market Pentagon

A Pragmatic Power Market Design for Europe's Energy Transition

Understanding the Energiewende

FAQ on the ongoing transition of the German power system

Wie gelingt uns die Energiewende?

Welche konkreten Gesetze, Vorgaben und Maßnahmen sind notwendig, um die Energiewende zum Erfolg zu führen? Agora Energiewende will helfen, den Boden zu bereiten, damit Deutschland in den kommenden Jahren die Weichen richtig stellt. Wir verstehen uns als Denk- und Politiklabor, in dessen Mittelpunkt der Dialog mit den relevanten energiepolitischen Akteuren steht.



Agora Energiewende

Rosenstraße 2 | 10178 Berlin

T +49 (0)30 284 49 01-00

F +49 (0)30 284 49 01-29

www.agora-energiewende.de

info@agora-energiewende.de

