

Die Rolle der Regulierung bei der Transformation des Strommarktes



Betrachtung des Photovoltaikmarktes
in Deutschland

Inhaltsverzeichnis

In Kurzform	3
1 Eine erfolgreiche Transformation der Energieversorgung bedarf eines zielgerichteten Regulierungsansatzes	4
2 Windkraft und Photovoltaik sind wesentlich für die Transformation des Strommarktes	5
3 Über die Zeit lassen sich Kursänderungen des ursprünglichen Regulierungsansatzes beobachten	6
4 Die Klimaschutzziele können mit dem bisherigen Ausbaupfad der installierten PV-Leistung nicht erreicht werden	9
5 In der Transformation der Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit spielt der Staat eine zentrale Rolle bei der Förderung von Innovationen	12
Anhang	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Wirkungsmechanismus anreizorientierter Maßnahmen	5
Abbildung 2: Bruttostromerzeugung nach Energieträgern	6
Abbildung 3: Drei Regulierungsphasen des EEGs	7
Abbildung 4: Widersprüchliche Signalwirkung zwischen Zielsetzung und Förderung	8
Abbildung 5: Entwicklung der Einspeisevergütung und Eigenverbrauchsvergütung im Vergleich zum Strom- und PV-Anschaffungspreis	9
Abbildung 6: Entwicklung der installierten PV-Leistung und Anteil an der Bruttostromerzeugung in Deutschland	10
Abbildung 7: Prognose der Entwicklung der PV-Leistung im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“	11
Abbildung 8: Prognose der Entwicklung der PV-Leistung in zwei Szenarien	12
Abbildung 9: Entwicklung der monetären Anreize einer eingespeisten kWh Strom	16
Abbildung 10: Entwicklung der Einspeisevergütung und des Strompreises in den zwei Szenarien	17

In Kurzform

Deutschland verfolgt das Ziel, bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu sein, weshalb eine Transformation des Energiesektors von fossilen und nuklearen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energien unumgänglich ist. Dabei werden Windkraft und Photovoltaik zukünftig den größten Teil der Stromerzeugung ausmachen. Während Windkraft 2020 bereits den größten Anteil an der gesamten Bruttostromerzeugung in Deutschland ausgemacht hat, werden potenzielle Flächen für den Photovoltaik-Ausbau bisher nicht ausreichend genutzt. So wurde im Jahr 2020 nur ein geringer Stromanteil (9 Prozent) aus Photovoltaik-Anlagen erzeugt.

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Papier der Regulierungsansatz des deutschen Photovoltaikmarktes der letzten 20 Jahre im Hinblick auf die Zielerreichung der Klimaneutralität im Jahr 2045 untersucht. Zur Erreichung der festgelegten Klimaziele muss die installierte Stromleistung aus Photovoltaik-Anlagen im Jahr 2030 gemäß mehreren Studien in einem Intervall zwischen 150.000 Megawatt peak (MWp) und 200.000 MWp liegen, wobei MWp die mögliche Spitzenleistung von PV-Anlagen beschreibt. Die Analyse der Entwicklung des Photovoltaikmarktes und dessen Regulierung erfolgt in diesem Papier anhand zweier Szenarien. Im ersten Szenario wird die tatsächliche Entwicklung des Photovoltaikmarktes untersucht und bis 2035 fortgeschrieben. Von 2000 bis 2009 gab es einen starken Ausbau der Photovoltaik-Leistung in Deutschland. Dieser Wachstumspfad des Photovoltaikmarktes nimmt zwischen 2009 und 2012 allerdings ab und ist seit 2012 deutlich niedriger als zuvor. Wird diese Entwicklung bis 2035 fortgeschrieben, ist es nicht möglich, die Ausbauziele für Photovoltaik und demnach auch die Klimaschutzziele zu erreichen. Im zweiten Szenario hingegen wird angenommen, dass keine Kursänderung der Regulierung, die durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2009 eingeleitet wurde, vorgenommen wird. Infolgedessen nimmt der Wachstumspfad des Photovoltaikmarktes im Jahr 2009 nicht ab. In diesem Szenario können die Ausbauziele bis 2030 und demnach auch die Klimaschutzziele im Jahr 2045 erreicht werden.

1 Eine erfolgreiche Transformation der Energieversorgung bedarf eines zielgerichteten Regulierungsansatzes

Die Notwendigkeit tiefgreifender Maßnahmen auf allen Ebenen zur Bekämpfung der Erderwärmung und anderer Umweltrisiken ist unumstritten. Eine wesentliche Rolle spielt dabei eine nachhaltige Klimapolitik, die sozialverträglich umgesetzt wird.¹ Auf diesen nachhaltigen Weg haben sich die Vertragsparteien des Pariser Abkommens 2015 verständigt und ihn in der „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“² manifestiert. Als Folge hat die Europäische Kommission mit dem Europäischen Green Deal weitere Maßnahmen und Ziele definiert, ebenso wie die meisten Mitgliedsstaaten.³ Beispielsweise sollen die Treibhausgasemissionen der EU bis 2030 um mindestens 55 Prozent im Vergleich zu 1990 gesenkt und die EU bis 2050 klimaneutral⁴ werden.

Das Ziel der Klimaneutralität in Deutschland soll gemäß des im Juni 2021 verabschiedeten Klimaschutzgesetzes sogar bereits im Jahr 2045 erreicht werden.⁵ Darüber hinaus ist Deutschland eines der wenigen Länder, das verbindlich sowohl aus der Kernenergie als auch aus der Kohleenergie aussteigt⁶: Der vollständige Ausstieg aus der Kernenergie wird bereits Ende 2022 abgeschlossen sein⁷; der Ausstieg aus der Kohleverstromung wurde Mitte 2020 beschlossen und soll bis spätestens 2038 beendet sein.⁸ Eine Transformation der Energieversorgung weg von fossilen und nuklearen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energien stellt eine wesentliche Herausforderung der kommenden Jahre dar.

Damit eine solche Transformation erfolgreich stattfinden kann, bedarf es einer konsistenten Zielsetzung sowie geeigneten regulatorischen Rahmenbedingungen und attraktivitätssteigernden Maßnahmen, die zur Zielerreichung beitragen. Ein Regulierungsansatz, der diese drei Punkte umfasst, wird im Folgenden als zielgerichteter Regulierungsansatz bezeichnet. Die klare Definition von Zielen und das Schaffen eines regulatorischen Rahmens sorgen für eine langfristige Perspektive und damit auch Sicherheit für alle Marktteilnehmer*innen. Im Gegensatz dazu kann eine inkonsistente Zielsetzung transformationshemmend wirken. Informationsasymmetrien bei den beteiligten Akteur*innen können beispielsweise Unsicherheiten über die Möglichkeit der Kommerzialisierung eines innovativen, nachhaltigen Produktes auslösen.⁹ Dies kann dazu führen, dass finanzielle Ressourcen durch Investor*innen ausbleiben oder die Nachfrage für eine Innovationstätigkeit gering bleibt. Es ist hingegen innovationsfördernd, wenn Rahmenbedingungen für eine Gründungsdynamik geschaffen werden. Es gilt demnach, Markteintrittsbarrieren abzuschaffen und so eine Startup-Kultur zu befördern.¹⁰ Damit eine Marktdurchdringung eines innovativen, nachhaltigen Produkts also gelingen kann, benötigen Unternehmen und Privatpersonen, die in Innovationen investieren, geeignete Rahmenbedingungen.

Die implementierten Maßnahmen müssen sowohl zur Zielerreichung beitragen als auch die Attraktivität des nachhaltigen Marktes („New Economy“) gegenüber dem konventionellen, nicht nachhaltigen Markt („Old Economy“) steigern (starke Anreizorientierung). Dabei dürfen Wechselwirkungen zwischen Angebot und Nachfrage nicht außer Acht gelassen werden, d.h. ändert sich das Angebot, dann hat dies auch Auswirkungen auf die Nachfrage und umgekehrt. Wird beispielsweise die Attraktivität auf der Nachfrageseite gesteigert, dann kann dies in Kombination mit einer Gründungsatmosphäre und niedrigen Markteintrittsbarrieren zu einem

¹ Vgl. Die Bundesregierung (2021): S. 8 f.

² Eine nachhaltige Entwicklung ist definiert als eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können (vgl. Generalversammlung der Vereinten Nationen (1987): S. 43).

³ Vgl. Die Bundesregierung (2021): S. 8.

⁴ Klimaneutral bedeutet, ein Gleichgewicht zwischen CO₂-Emissionen und der Aufnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in Kohlenstoffsinken, also z.B. Böden und Wäldern, herzustellen (vgl. Honegger, M. et al. (2020): S. 10).

⁵ Vgl. Wirth, H. (2021): S. 5.

⁶ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a): o. S.

⁷ Der Beschluss für den Ausstieg aus der Kern- und Kohleenergie wurde bereits 2002 gefasst, bevor 2010 die Laufzeiten der Atomkraftwerke verlängert wurden (vgl. Deutscher Bundestag (2012): o. S.). Nach der Reaktorkatastrophe in Fukushima wurde 2011 der endgültige Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 beschlossen.

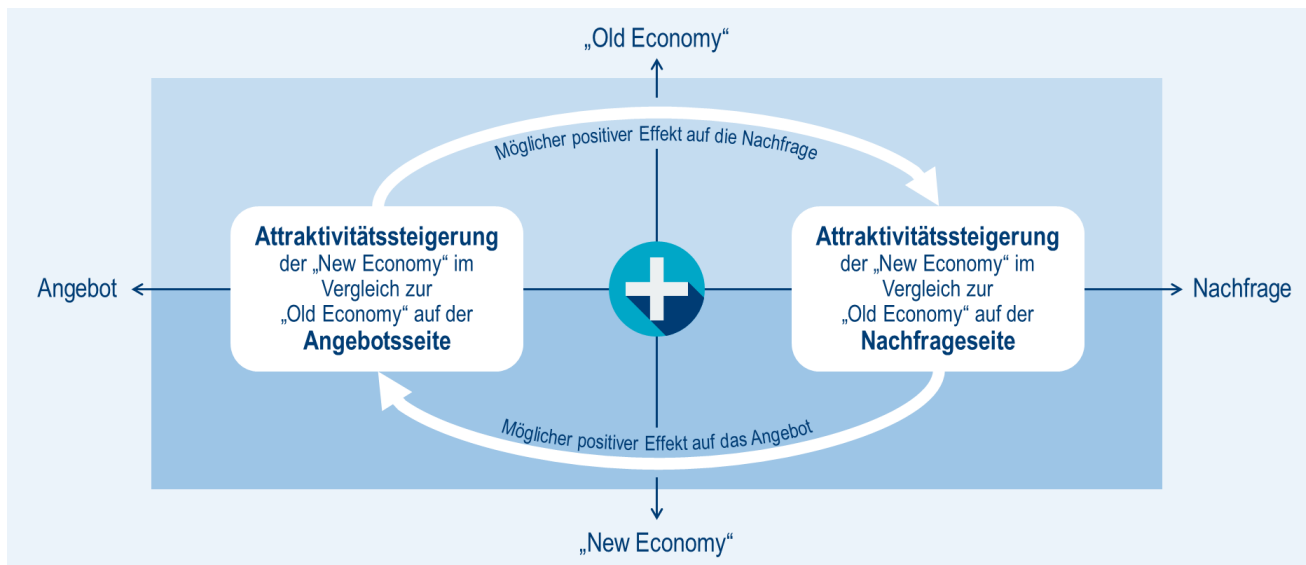
⁸ Vgl. KVBG (Stand 08.08.2020): § 2.

⁹ Vgl. Heimer, T. et al. (2016): S. 56.

¹⁰ Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020): S. 18.

größeren Angebot auf dem heimischen Markt führen. Abbildung 1 stellt den Wirkungsmechanismus anreizorientierter Maßnahmen im Sinne eines zielgerichteten Regulierungsansatzes schematisch dar.

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Wirkungsmechanismus anreizorientierter Maßnahmen



Quelle: IPE auf Basis von Pivot Regulatory GmbH.

Im Rahmen dieses Papiers erfolgt eine Untersuchung eines Regulierungsansatz im Hinblick auf die Transformation eines Marktes hin zu mehr Nachhaltigkeit. Dazu wird exemplarisch der Photovoltaikmarkt (PV-Markt) herangezogen. Zum einen analysieren wir die tatsächliche Entwicklung des PV-Marktes (Status Quo). Zum anderen wird aufgezeigt, wie sich dieser Markt unter unterschiedlichen regulatorischen Rahmenbedingungen hätte entwickeln können. Mögliche Marktentwicklungen werden bis zum Jahr 2035 prognostiziert.

In diesem Papier wird zunächst die tatsächliche Entwicklung des Strommarktes bis 2020 in Deutschland betrachtet (Kapitel 2). Anschließend erfolgt eine Untersuchung der Regulierung des PV-Marktes (Kapitel 3). Basierend auf diesen Ergebnissen wird anschließend die Entwicklung des PV-Marktes in Deutschland anhand zweier Szenarien untersucht. Es wird analysiert, welchen Einfluss unterschiedliche Regulierungsansätze auf die Entwicklung des PV-Marktes haben können (Kapitel 4). Die Erkenntnisse aus diesem Papier werden abschließend zusammengefasst und politische Implikationen werden abgeleitet (Kapitel 5).

2 Windkraft und Photovoltaik sind wesentlich für die Transformation des Strommarktes

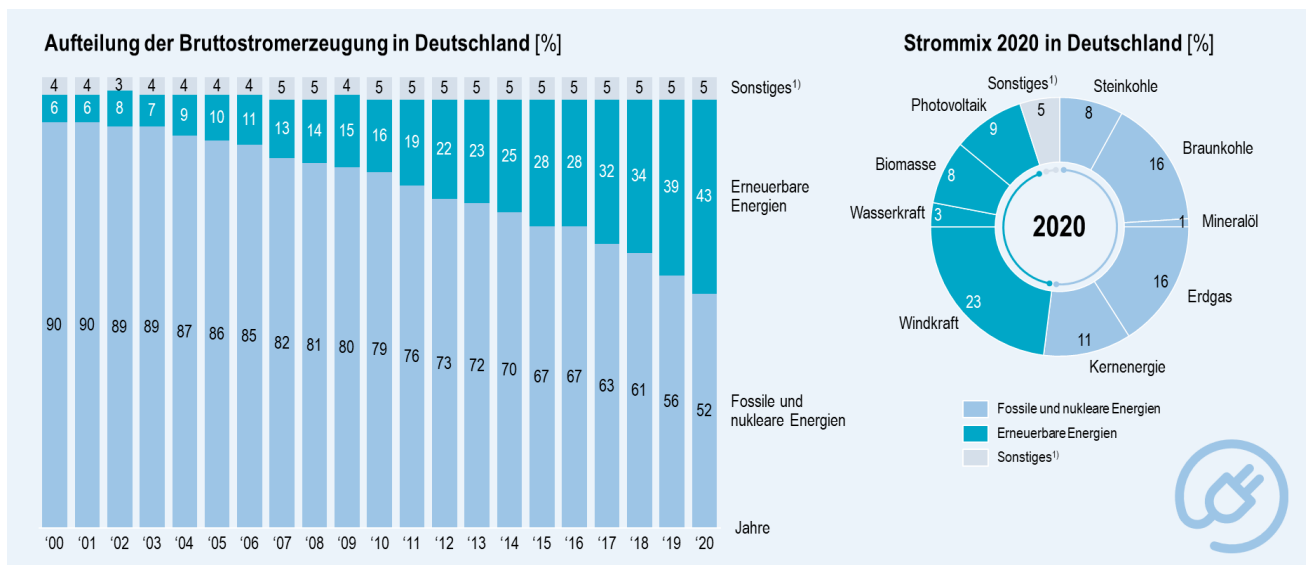
Die Transformation des Strommarktes hin zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (Dekarbonisierung) ist wesentlicher Bestandteil des Klimaschutzvorhabens der deutschen Bundesregierung.¹¹ Im Folgenden werden die Entwicklungen auf dem deutschen Strommarkt seit Einführung des EEG im Jahr 2000 beleuchtet.

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung ist innerhalb der letzten 20 Jahre gestiegen

Seit 2000 ist der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien an der gesamten Bruttostromerzeugung in Deutschland kontinuierlich gestiegen (siehe Abbildung 2). Lag dieser Anteil im Jahr 2000 bei lediglich 6 Prozent, konnte er auf 43 Prozent im Jahr 2020 gesteigert werden. Entsprechend ist die Relevanz fossiler und nuklearer Stromerzeugung von 90 Prozent im Jahr 2000 auf 52 Prozent im Jahr 2020 gesunken; der Anteil der Stromerzeugung aus sonstigen Energieträgern ist zunächst leicht angestiegen und liegt seit 2010 konstant bei 5 Prozent.

¹¹ Vgl. Nicolosi, M. und Burstedde, B. (2020): S. 5.

Abbildung 2: Bruttostromerzeugung nach Energieträgern



1) Die Kategorie „Sonstiges“ beinhaltet die Energiegewinnung aus Pumpspeichern, Hausmüll und Industrieabfall.
 Quelle: IPE auf Basis vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021c): Tabelle 22.

Die aktuelle Entwicklung des Anteils der erneuerbaren Energien an der gesamten Bruttostromerzeugung ist im Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele grundlegend positiv zu bewerten. Allerdings gibt es Anzeichen darauf, dass die bestehende Entwicklung nicht ausreichen wird, um das Ziel der Klimaneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2045 zu erreichen.¹² Zudem wurde erst kürzlich die Annahme über den zukünftigen Stromverbrauch angepasst: im Juli 2021 legte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie eine neue Schätzung für den Stromverbrauch im Jahr 2030 vor.¹³ Demzufolge ist mit einem deutlich höheren Stromverbrauch im Jahr 2030 zu rechnen als bisher angenommen. Vor diesem Hintergrund wird es umso wichtiger, die Potenziale der erneuerbaren Energien besser zu nutzen.

Photovoltaik bietet ungenutzte Potenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien und damit auch für die Erreichung der Klimaschutzziele

Windkraft und Photovoltaik werden zukünftig den größten Teil der Stromerzeugung ausmachen.¹⁴ Windkraft hatte bereits 2020 den größten Anteil an der gesamten Bruttostromerzeugung in Deutschland (siehe Abbildung 2). So wurden im Jahr 2020 bereits 23 Prozent des Stroms durch Windkraft erzeugt, gefolgt von den fossilen Energieträgern Braunkohle und Erdgas (mit jeweils 16 Prozent). Der Anteil des Stroms aus PV-Anlagen war hingegen mit lediglich 9 Prozent an der gesamten Bruttostromerzeugung wesentlich niedriger. Dabei sind in Deutschland aktuell noch genügend Flächen und somit ungenutztes Potenzial für den PV-Ausbau vorhanden.¹⁵ Beispielsweise waren Ende 2020 etwa 89 Prozent aller geeigneten Dachflächen auf Ein- oder Zweifamilienhäusern in Deutschland ungenutzt; das entspricht einer Anzahl von etwa 11,7 Millionen Dachflächen.¹⁶

3 Über die Zeit lassen sich Kursänderungen des ursprünglichen Regulierungsansatzes beobachten

Die Entwicklungen des Strommarktes sind stark durch die regulatorischen Rahmenbedingungen und implementierten Maßnahmen im Zuge des EEG geprägt. Die verschiedenen Reformen des EEGs haben die Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen über die Zeit mehrfach verschärft und Maßnahmen zur Förderung der

¹² Vgl. Wirth, H. (2021): S. 5.

¹³ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021b): o. S.

¹⁴ Vgl. Kobiela, G. et al. (2020): S. 43.

¹⁵ Vgl. Wirth, H. (2021): S. 37 ff.

¹⁶ Vgl. EuPD Research (2021): o. S.

erneuerbaren Energien kontinuierlich angepasst. Das Vorgehen der Bundesregierung kann rückblickend in drei Regulierungsphasen unterteilt werden (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Drei Regulierungsphasen des EEGs



Quelle: IPE.

Erste Phase: Ausbau der Photovoltaik-Leistung

In der ersten Phase wurden mit Einführung des EEGs unter anderem Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien definiert und die regulatorischen Rahmenbedingungen für die Nutzung von PV-Anlagen geschaffen. Unter anderem wurden Netzanbieter verpflichtet, den von Betreiber*innen einer PV-Anlage erzeugten Strom in das Stromnetz einzuspeisen. Durch diese Regelung erhalten PV-Stromerzeuger*innen die Sicherheit, den produzierten Strom im Stromnetz zur Verfügung stellen zu können. Mögliche Eintrittsbarrieren durch ein hohes Maß an Bürokratie oder Unsicherheiten, wann und wie der produzierte Strom eingespeist werden kann, wurden dadurch abgebaut. Darüber hinaus wurden Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung der Installation von PV-Anlagen implementiert, u.a. durch die im EEG 2000 eingeführte Vergütung für die Einspeisung des erzeugten Stroms aus PV-Anlagen in das Stromnetz (Einspeisevergütung) mit jährlicher Degression von 5 Prozent pro Jahr seit 2002.¹⁷ Obwohl diese Vergütung weit oberhalb des damaligen Strompreises lag, wurde die Einspeisevergütung im Rahmen des EEG 2004 nochmals einmalig erhöht.¹⁸ Insgesamt ist die erste Phase der Regulierung durch einen zielgerichteten Regulierungsansatz geprägt: Eine klare Zielsetzung, das Schaffen regulatorischer Rahmenbedingungen und das Implementieren attraktivitätssteigernder Maßnahmen stellten Weichen für eine langfristige und nachhaltige Transformation des Strommarktes, weg von fossilen und nuklearen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien.

Zweite Phase: Entlastung der Stromnetze

In der zweiten Phase von 2009 bis 2012 gab es Änderungen des regulatorischen Rahmens für den PV-Markt. Die Bundesregierung wollte zum einen die Stromnetze entlasten.¹⁹ Aus diesem Grund sollte z.B. der Eigenverbrauch des produzierten Stroms gefördert werden, weshalb Vergütungssätze für den Eigenverbrauch durch das EEG 2009 eingeführt wurden. Zum anderen sind bereits seit 2008 die Anschaffungspreise für PV-Anlagen insbesondere durch die dynamische technologische Entwicklung stark zurückgegangen. Daraufhin wurden die Einspeisevergütungssätze für zu hoch befunden²⁰ und in den folgenden Jahren stark reduziert (z.B. um 13 Prozent im Jahr 2010).²¹ Zusätzlich wurden die attraktivitätssteigernden Maßnahmen durch die Einführung gleitender Degressionssätze verringert. Konkret wurde bei einem Zubau von 2.500 MW bis 3.500 MW pro Jahr die Degression der Vergütungssätze auf eine Höhe von 9 Prozent festgelegt. Bei einem größeren oder geringeren

¹⁷ Vgl. EEG 2000 (Stand 29.03.2000): § 8.

¹⁸ Vgl. EEG 2004 (Stand 21.07.2004): § 11.

¹⁹ Vgl. Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2011): S. 1.

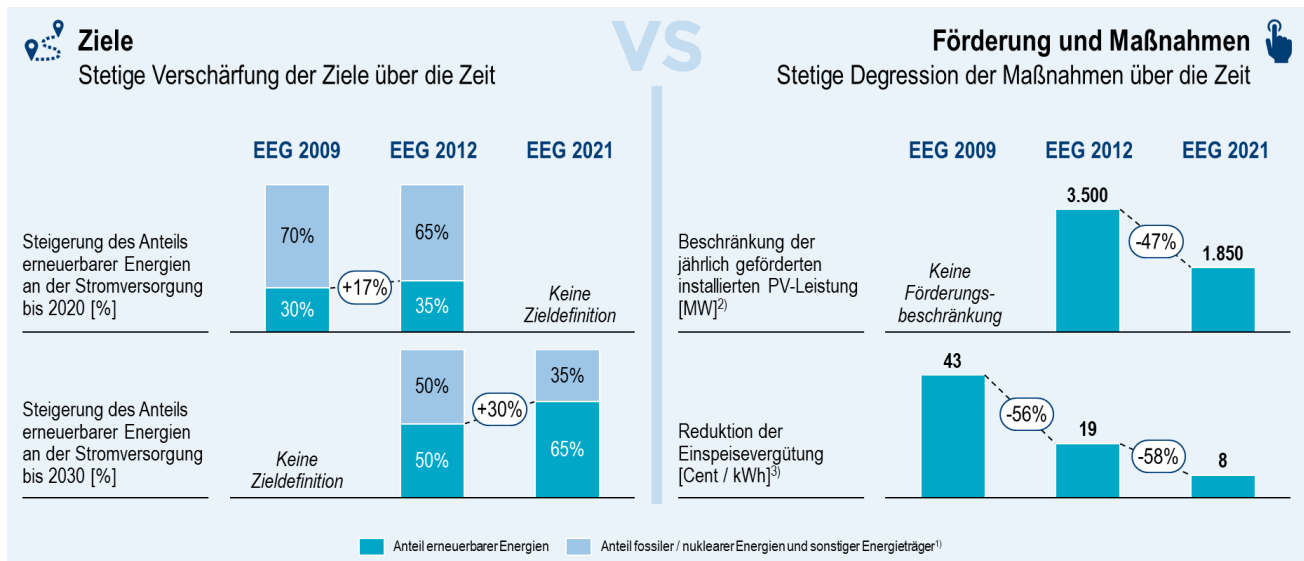
²⁰ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021d): o. S.

²¹ Vgl. EEG-Novelle 2010 (Stand 11.08.2010): Artikel 1.

Ausbau der jährlich installierten PV-Leistung schreitet die Degression stärker oder schwächer voran. Diese Veränderungen führten dazu, dass den Marktteilnehmer*innen im Vergleich zur bisherigen Regelung nicht deutlich war, wie hoch die tatsächliche Vergütung sein wird.

Während in der ersten Phase attraktivitätssteigernde Anreize zur Installation von PV-Anlagen geschaffen wurden, wurde diese Anreizorientierung in der zweiten Phase abgeschwächt. Zeitgleich wurde der Zielanteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung im EEG erhöht. Diese entgegenwirkenden Signale – ambitioniertere Ziele mit jedoch einem geringeren Anreizsystem für PV-Anlagen – führten bei den Marktteilnehmer*innen zu Unsicherheiten, wodurch die Investitionsbereitschaft in PV-Anlagen abnahm und demnach auch die Marktdurchdringung erschwert wurde. Die entgegenlaufenden Entwicklungen sind in Abbildung 4 exemplarisch dargestellt.

Abbildung 4: Widersprüchliche Signalwirkung zwischen Zielsetzung und Förderung



1) „Sonstiges Energieträger“ umfassen die Energiegewinnung aus Pumpspeichern, Hausmüll und Industrieabfall.

2) Jährlich vergütete Leistung neu installierter Anlagen. Leistung, die darüber hinaus geht, wird nicht vergütet.

3) Jahresdurchschnitt der vorgesehenen Höchstsätze für neu installierte PV-Anlagen. Quelle: IPE auf Basis von EEG 2009 (Stand 25.10.2008); § 1; EEG 2012 (Stand 17.08.2012): §§ 1 und 20a und EEG 2021 (Stand 21.12.2020): §§ 1 und 28a.

Dritte Phase: Marktintegration der PV-Leistung

Die dritte Phase ist durch einen regulatorischen Rahmen gekennzeichnet, der einen Fokus auf die Marktintegration des PV-Stroms setzt.²² Die Marktintegration von erneuerbaren Energien beinhaltet die Heranführung dieser an die Strombörse. Beispielsweise wurde mit dem EEG 2012 eine Vergütung für die direkte Vermarktung von erzeugtem Strom durch das sogenannte Marktprämienmodell eingeführt. Das bedeutet, dass Anlagenbetreiber*innen den erzeugten Strom aus erneuerbaren Energien direkt an der Börse oder an Dritte vermarkten, anstatt diesen an den jeweiligen Netzbetreiber zu verkaufen. Zusätzlich zum Börsenerlös wird die Direktvermarktung über die Marktprämie gefördert. In dieser Phase hat z.B. die Beschränkung der Förderung der installierten PV-Leistung für sinkende Anreize zur Installation von PV-Anlagen geführt. Im Jahr 2012 wurden jährlich insgesamt 3.500 MW neu installierter PV-Leistung gefördert, wohingegen 2021 nur noch insgesamt 1.850 MW pro Jahr gefördert werden (siehe Abbildung 4). Außerdem wurden die Anreize für den Kauf bzw. die Installation einer PV-Anlage durch eine Einspeisebegrenzung gesenkt. Nur noch maximal 70 Prozent des erzeugten Stroms dürfen in das Stromnetz eingespeist werden.²³ Für den Eigenverbrauch des restlichen Stroms gibt es auch seit 2012 keine Vergütung mehr. Durch die zuvor beschriebenen Begrenzungen sinken die durch die Regulierung erzeugten Anreize in der dritten Regulierungsphase. Demnach ist auch die dritte Phase durch eine Verschärfung der Ziele bei zeitgleich niedrigerer Anreizorientierung geprägt. Durch diese widersprüchliche Signalwirkung werden die

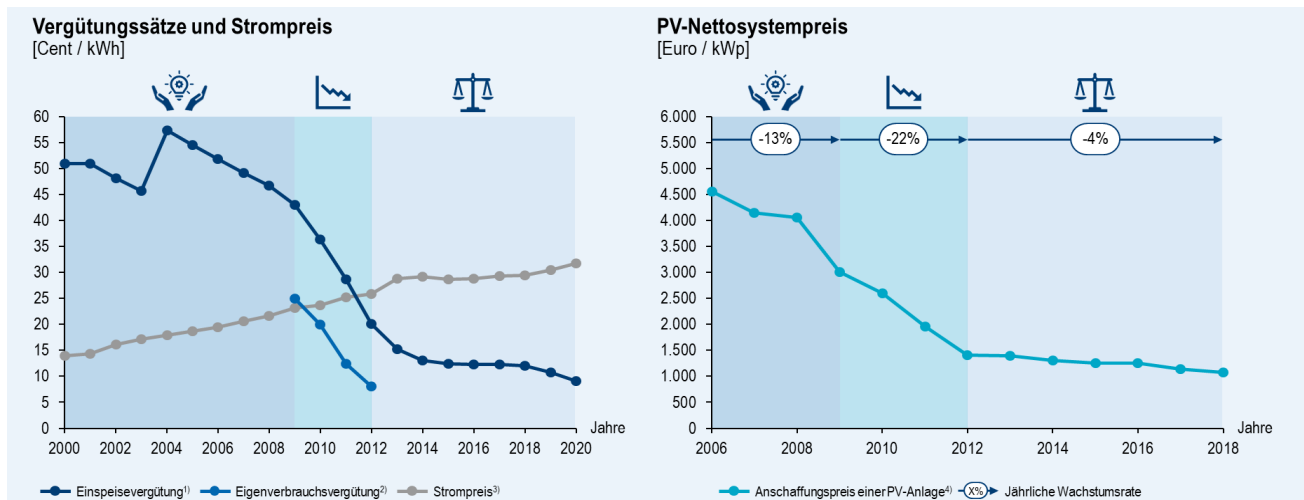
²² Vgl. EEG 2012 (Stand 17.08.2012): § 33a.

²³ Dies betrifft jedoch nur Anlagen mit einer Leistung von höchstens 30 kWp (vgl. EEG 2012 (Stand 17.08.2012): § 6) bzw. seit 2021 Anlagen mit einer Leistung von höchstens 25 kWp (vgl. EEG 2021 (Stand 21.12.2020): § 9).

möglicherweise bestehenden Unsicherheiten der Marktakteur*innen durch Markteintrittsbarrieren und Informationsasymmetrien sowie bezüglich der finanziellen Rentabilität einer PV-Anlage nicht abgebaut (siehe Abbildung 4).

Die zuvor beschriebenen monetären Veränderungen im Hinblick auf die Vergütungssätze innerhalb der drei Phasen sind in Abbildung 5 veranschaulicht. Zusätzlich werden sie im Zusammenhang mit den Investitionskosten für PV-Anlagen sowie der Strompreisentwicklung dargestellt.

Abbildung 5: Entwicklung der Einspeisevergütung und Eigenverbrauchsvergütung im Vergleich zum Strom- und PV-Anschaffungspreis



- 1) Jahresdurchschnitt der vorgesehenen Höchstsätze für neu installierte PV-Anlagen.
 - 2) Jahresdurchschnitt der vorgesehenen Höchstsätze für neu installierte PV-Anlagen bei einem Eigenverbrauchsanteil von bis zu 30%
 - 3) Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt mit einem Jahresverbrauch von bis zu 3.500 kWh.
 - 4) Nettosystempreis für eine Aufdachanlage von 10 bis 100 Kilowatt peak (kWp)²⁴, jeweils bezogen auf das vierte Quartal des Jahres.
- Quelle: IPE auf Basis von BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021a): S. 9; Bundesnetzagentur (2021a): o. S.; Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2010): S. 4 und Statista (2021): o. S.

4 Die Klimaschutzziele können mit dem bisherigen Ausbaupfad der installierten PV-Leistung nicht erreicht werden

Um zu analysieren, wie sich die bisherige Regulierung des PV-Marktes auf dessen Entwicklung ausgewirkt hat, erfolgt zunächst eine Betrachtung der in Deutschland installierten PV-Leistung im Status Quo. Anschließend wird eine Prognose der Entwicklung der installierten PV-Leistung bis 2030 erstellt. Dabei werden zwei Szenarien betrachtet, welche auf unterschiedlichen regulatorischen Rahmenbedingungen aufsetzen, um mögliche Entwicklungspfade der installierten PV-Leistung aufzuzeigen.

Seit 2009 ist der Wachstumspfad der installierten Stromleistung zurückgegangen und seit 2012 stagniert der Anteil von Solarenergie an der gesamten installierten Stromleistung durch erneuerbare Energien in Deutschland

Als Indikator für die Auswirkung der Regulierung auf den PV-Markt wird die Entwicklung der gesamten installierten Erzeugungsleistung²⁵ durch PV-Anlagen in MWp²⁶ betrachtet (siehe Abbildung 6). In der ersten Regulierungsphase zwischen 2000 und 2009 verzeichnete die installierte Stromleistung durch PV-Anlagen ein Wachstum von 65 Prozent pro Jahr. In der zweiten Regulierungsphase (2009 - 2012) wird die PV-Förderung reduziert und das jährliche Wachstum verringert sich. Mit einer jährlichen Wachstumsrate von 48 Prozent ist sie nach wie vor auf einem relativ hohen Niveau. Das weiterhin hohe Niveau ist wahrscheinlich auf den zeitgleich

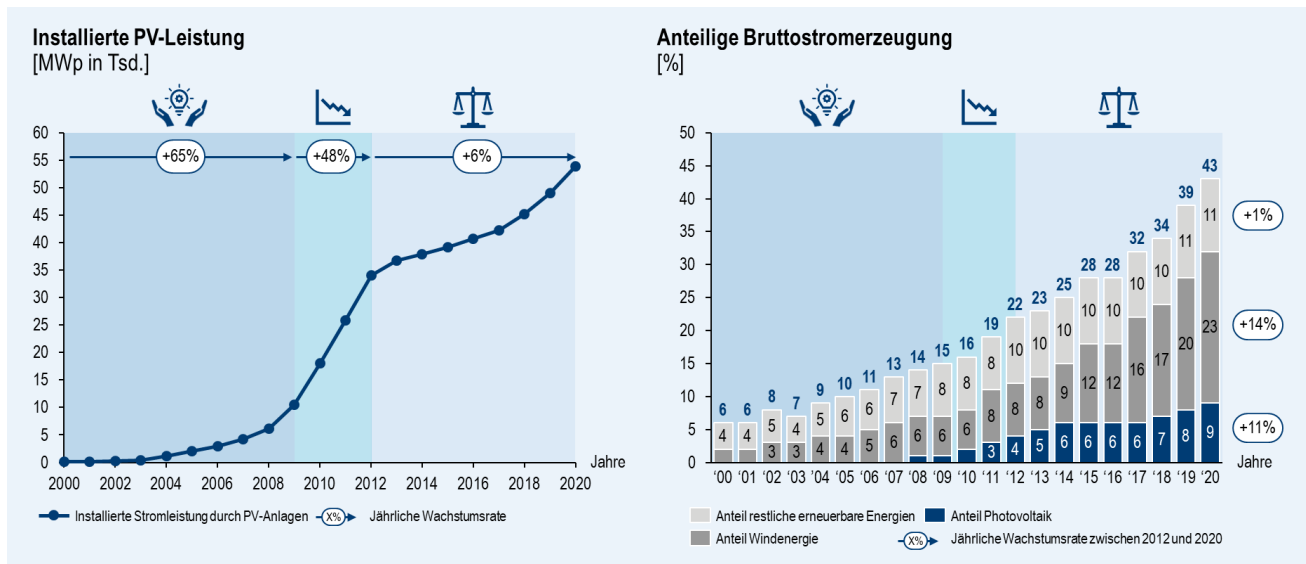
²⁴ Kilowatt peak (kWp) beschreibt die mögliche Spitzenleistung einer PV-Anlage, die diese unter voller Sonneneinstrahlung an einem Sommertag in den Mittagsstunden in Deutschland erzielen kann (vgl. Wittlinger J. K. (2020); S. 5 f.).

²⁵ Die installierte Erzeugungsleistung gibt an, wie viel Strom eine Anlage maximal produzieren kann (vgl. Bundesnetzagentur (2021b): o. S.).

²⁶ Megawatt peak (MWp) beschreibt die mögliche Spitzenleistung einer PV-Anlage, die diese unter voller Sonneneinstrahlung an einem Sommertag in den Mittagsstunden in Deutschland erzielen kann (vgl. Wittlinger J. K. (2020); S. 5 f.).

starken Rückgang der Anschaffungskosten von PV-Anlagen zurückzuführen. Dieser verhindert trotz der Reduktion der anreizorientierten Maßnahmen einen stärkeren Einbruch des Wachstums der jährlich installierten PV-Leistung (siehe Abbildung 6). Auch gab es zwischen 2009 und 2012 kurzzeitig eine Vergütung des PV-Stroms, der für den Eigenverbrauch verwendet wurde (siehe Abbildung 5), was ebenfalls zusätzliche Anreize zum Kauf einer PV-Anlage setzte. In der dritten Phase zwischen 2012 und 2020 ist der Wachstumspfad der installierten Stromleistung durch PV-Anlagen stark eingebrochen und liegt bei 6 Prozent pro Jahr. In diesem Zeitraum wurden im Vergleich zu den vorherigen Phasen weniger Anreize zur Attraktivitätssteigerung von Investitionen in PV-Anlagen geschaffen.

Abbildung 6: Entwicklung der installierten PV-Leistung und Anteil an der Bruttostromerzeugung in Deutschland



Quelle: IPE auf Basis von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021c): Tabellen 20 und 22.

Die Entwicklung der installierten PV-Leistung spiegelt sich im Anteil der Bruttostromerzeugung durch PV-Anlagen an allen erneuerbaren Energiequellen wider (siehe Abbildung 6). Seit 2000 steigt der Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Bruttostromerzeugung kontinuierlich an, wobei dieses Wachstum hauptsächlich durch die Windenergie getrieben ist. Der Anteil der PV-Energie steigt hingegen nur geringfügig, obwohl das Potenzial der Stromerzeugung aus PV-Anlagen noch nicht ausgeschöpft ist.²⁷

Für die Prognose der Entwicklung der installierten PV-Leistung werden zwei Szenarien betrachtet, welche sich durch die regulatorischen Rahmenbedingungen und Maßnahmen zwischen 2009 und 2012 unterscheiden

Für die Prognose der Entwicklung der installierten PV-Leistung werden zwei Szenarien definiert:

- > Szenario 1: „Fortschreibung des Status Quo“
- > Szenario 2: „Kontrafaktische Entwicklung“

Diese unterscheiden sich maßgeblich hinsichtlich der regulatorischen Rahmenbedingungen und Maßnahmen zwischen 2009 und 2012. Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ basiert auf den tatsächlich gegebenen regulatorischen Rahmenbedingungen bis 2020. Grundlegende Annahme dieses Szenarios ist, dass die aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen und Maßnahmen der Bundesregierung bis 2035 unverändert fortgeführt werden. Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ unterscheidet sich in den regulatorischen Rahmenbedingungen und Maßnahmen ab 2009 vom Szenario „Fortschreibung des Status Quo“. In diesem Szenario wird die kontrafaktische Annahme getroffen, dass es 2009 zu keiner Anpassung der Regulierung gekommen ist und diese wie zuvor weiterlief. Beispielsweise beinhaltet dies, dass sich die Einspeisevergütung zwischen 2009 und 2012 zwar weiter verringerte, jedoch nur in dem Maße, wie es auch vor 2009 der Fall war. Ab 2013 wird auch für das kontrafaktische Szenario ein Rückgang der jährlichen Wachstumsrate angenommen. Somit besteht der wesentliche Unterschied der beiden Szenarien bezüglich der regulatorischen Rahmenbedingungen in der Periode zwischen 2009 und 2012. Für beide Szenarien erfolgt eine Prognose der Entwicklung des PV-Marktes bis 2035. Eine ausführliche Erläuterung zu den Annahmen für diese Prognosen sind im Anhang aufgeführt. Die

²⁷ Vgl. Wirth, H. (2021): S. 37 ff.

Prognose der installierten PV-Leistung in beiden Szenarien wird mit den Zielempfehlungen verglichen, die erreicht werden müssen, um das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 zu erreichen.

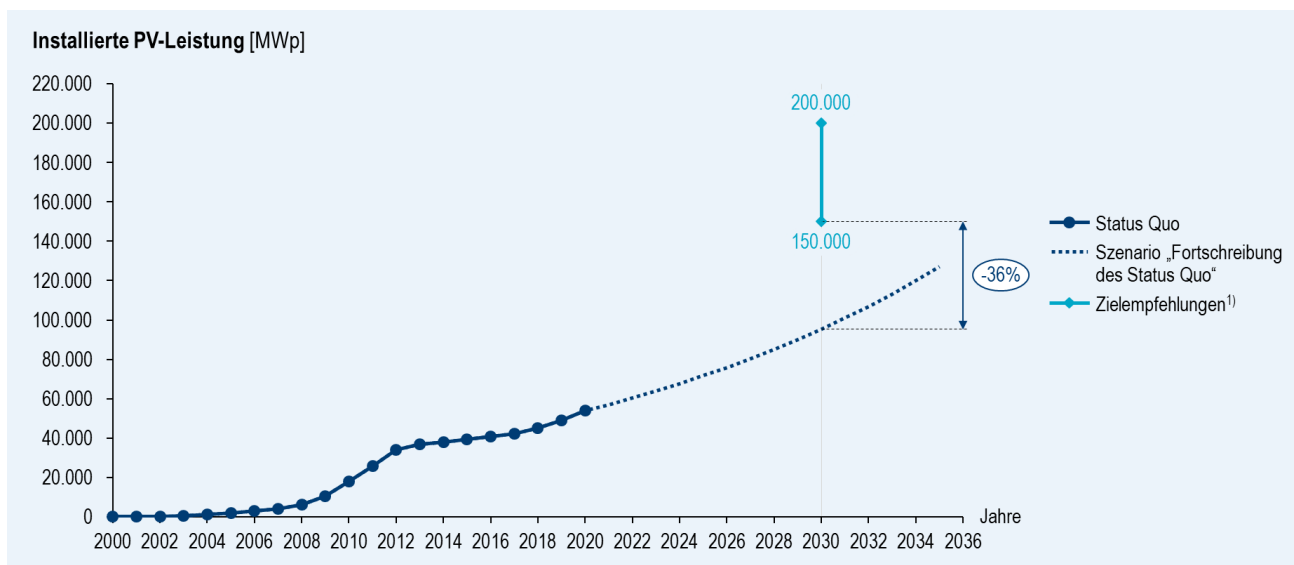
Um Klimaneutralität im Jahr 2045 zu erreichen, muss die installierte Stromleistung im Jahr 2030 zwischen 150.000 MWp und 200.000 MWp betragen

Damit die deutschen Klimaschutzziele erreicht werden können, müsste laut den Berechnungen mehrerer Studien die installierte Stromleistung aus PV-Anlagen im Jahr 2030 in einem Intervall zwischen 150.000 MWp und 200.000 MWp liegen.²⁸ Diese Werte übersteigen deutlich das im EEG 2021 definierte Ziel einer installierten PV-Leistung von 100.000 MWp bis 2030.²⁹ Zum Vergleich, im Jahr 2020 betrug die installierte PV-Leistung ca. 55.000 MWp (siehe Abbildung 6), d.h. in den nächsten 10 Jahren muss die installierte Leistung in etwa verdreifacht werden.

Im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ reicht der Ausbau der PV-Leistung ohne weitere staatliche Eingriffe nicht aus, um die Klimaschutzziele zu erreichen

Die installierte PV-Leistung im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ zwischen 2000 und 2020 entspricht der tatsächlich beobachteten Entwicklung (Status Quo). Diese wird unter der Annahme, dass sich der regulatorische Rahmen und die Maßnahmen nach 2020 nicht ändern, bis 2035 fortgeschrieben (siehe Abbildung 7). Unter dieser Annahme wird im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ die installierte Stromleistung durch PV-Anlagen im Jahr 2030 bis knapp 100.000 MWp ansteigen. Die Untergrenze von 150.000 MWp des für die Erreichung der deutschen Klimaschutzziele notwendigen Zielintervalls würde somit um etwa 36 Prozent verfehlt werden.

Abbildung 7: Prognose der Entwicklung der PV-Leistung im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“



1) Zielempfehlungen basierend auf Berechnungen von Ammon, M. et al. (2020): S. 33 (Ziel: 170.000 MWp), des BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021b): S. 7 (Ziel: 150.000 MWp) und von Bett, A. et al. (2020): S. 4 (Ziel: 155.000 - 200.000 MWp).

Quelle: IPE auf Basis von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021c): Tabellen 20 und 22; Ammon, M. et al. (2020): S. 33; BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021b): S. 7 und Bett, A. et al. (2020): S. 4.

Im Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ würde der Ausbau der PV-Leistung ausreichen, um die Klimaschutzziele zu erreichen

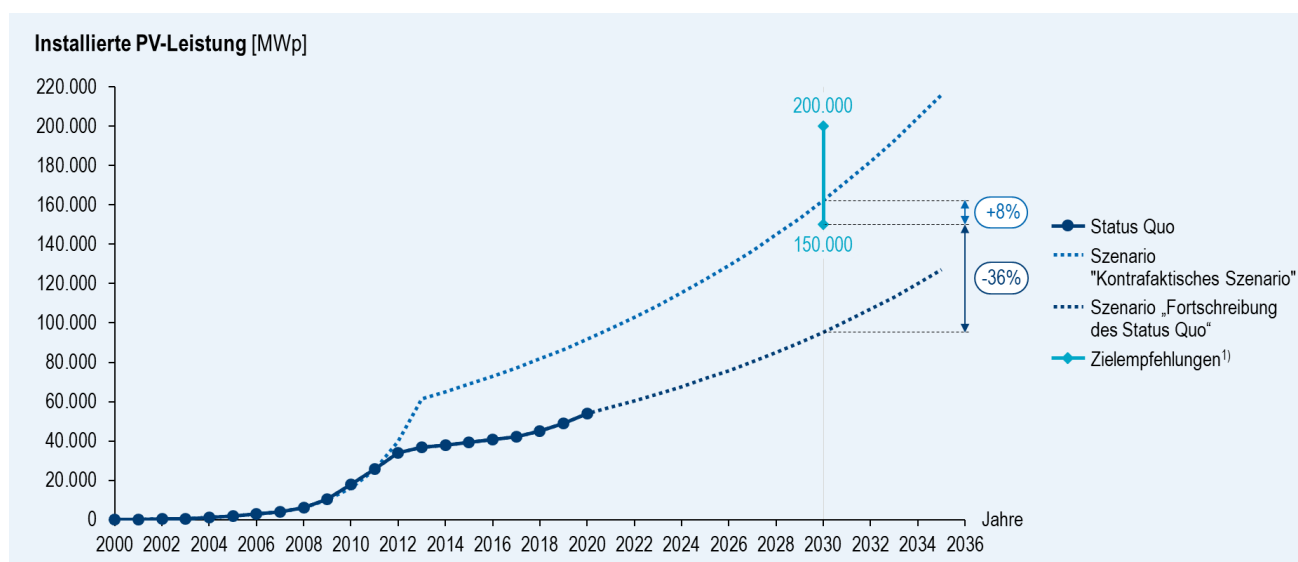
²⁸ Vgl. Ammon, M. et al. (2020): S. 33; BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021b): S. 7; Bett, A. et al. (2020): S. 4.

²⁹ Zielsetzung für den Ausbau der installierten PV-Leistung im EEG 2021: 63.000 MWp bis 2022, 73.000 MWp bis 2024, 83.000 MWp bis 2026, 95.000 MWp bis 2028, 100.000 MWp bis 2030 (vgl. EEG 2021 (Stand 21.12.2020): § 4).

Anders ist es im Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ (siehe Abbildung 8). In diesem Szenario entspricht die Entwicklung der installierten Stromleistung durch PV-Anlagen bis 2009 der tatsächlich beobachteten Entwicklung der PV-Leistung (Status Quo). Zwischen 2009 und 2012 wird jedoch angenommen, dass sich die regulatorischen Rahmenbedingungen und Maßnahmen nicht wie im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ verändert haben, sondern gleichgeblieben wären. Basierend auf dieser Modellannahme verändert sich der Wachstumspfad der installierten PV-Leistung zwischen 2009 und 2012 im Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“: der positive Trend zwischen 2000 und 2009 wird nicht unterbrochen, sondern fortgeführt. Ab 2013 wäre die jährliche Wachstumsrate im Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ ebenfalls stark zurückgegangen und liegt wie im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ bei 6 Prozent. Der Grund dafür ist, dass die Anschaffung einer PV-Anlage ab diesem Zeitpunkt nicht mehr rentabel ist, was im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ bereits ab 2010 der Fall ist (siehe Anhang). In dieser Phase wird derselbe regulatorische Rahmen mit einem Fokus auf Marktintegration, wie in Szenario „Fortschreibung des Status Quo“, angenommen.

Unter diesen Annahmen würde die installierte Stromleistung durch PV-Anlagen im Jahr 2030 bis auf etwa 162.000 MWp ansteigen; bis 2035 sogar auf 216.000 MWp. Im Jahr 2030 läge die installierte PV-Leistung somit schätzungsweise 8 Prozent über der Untergrenze des Zielintervalls von 150.000 MWp. Bis 2009 entspricht die Entwicklung der installierten PV-Leistungen ebenfalls der tatsächlich beobachteten Entwicklung (wie im Szenario „Fortschreibung des Status Quo“).

Abbildung 8: Prognose der Entwicklung der PV-Leistung in zwei Szenarien



1) Zielempfehlungen basierend auf Berechnungen von Ammon, M. et al. (2020): S. 33 (Ziel: 170.000 MWp), des BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021b): S. 7 (Ziel: 150.000 MWp) und von Bett, A. et al. (2020): S. 4 (Ziel: 155.000 - 200.000 MWp).

Quelle: IPE auf Basis von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021c): Tabellen 20 und 22; Ammon, M. et al. (2020): S. 33; BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021b): S. 7 und Bett, A. et al. (2020): S. 4.

5 In der Transformation der Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit spielt der Staat eine zentrale Rolle bei der Förderung von Innovationen

Die prognostizierten Entwicklungsszenarien der installierten Stromleistung durch PV-Anlagen deuten darauf hin, dass ein zielgerichteter Regulierungsansatz wesentlich dazu beiträgt, eine Markttransformation zu schaffen und die deutschen Klimaschutzziele zu erreichen. Der notwendige Ausbau der Stromerzeugung über PV-Anlagen kann unterstützt werden, indem ein zielgerichteter Regulierungsansatz angestrebt und entsprechend über einen ausreichend langen Zeitraum beibehalten wird. So deuten die Ergebnisse dieses Papiers drauf hin, dass die Erreichung der Zielempfehlungen für den Ausbau der installierten PV-Leistung bis 2030 möglich gewesen wäre, wenn es nicht zu einer Anpassung der Regulierung mit dem EEG 2009 gekommen wäre.

Der Staat spielt eine zentrale Rolle bei der Förderung von Innovationen

Die Entwicklung des PV-Marktes in Deutschland bietet Erkenntnisse für die politische Aufgabe, eine Transformation zu begleiten. Der Staat kann dabei entweder zurückhaltend auftreten und die Rahmenbedingungen für eine Transformation schaffen. Er kann aber auch eine aktive und unternehmerische Rolle einnehmen, und zusätzlich zur Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen durch attraktivitätssteigernde Maßnahmen die Transformation vorantreiben. Markteintrittsbarrieren für Markteinsteiger*innen und Startups müssen reduziert und Informationsasymmetrien zwischen allen Marktteilnehmer*innen abgebaut werden. Das „Forum for a new Economy“, dem namhafte deutsche und internationale Ökonom*innen angehören, vertritt in diesem Sinne eine neue politisch-ökonomische Denkschule des „Entrepreneurial State“.³⁰ Dabei übernimmt der Staat auch eine zentrale Rolle bei der Förderung von Innovationen.

Deutschland verfügt generell über ein beachtliches Spektrum an wissenschaftlichen und technologischen Organisationen und Institutionen, die sich auf die Verbreitung von wissenschaftlichen Erkenntnissen, technologischem Wissen und Innovationen konzentrieren.³¹ Allerdings werden insbesondere im Hinblick auf die großen Herausforderungen wie den Klimawandel oder die Digitalisierung derzeit nicht alle Potenziale ausgeschöpft.

Die Definition von messbaren Zielgrößen und die Evaluation der Maßnahmen, die zur Zielerreichung beitragen sollen, sind wichtige Faktoren für eine erfolgreiche Transformation

Wenn ein Staat die Transformation eines Wirtschaftssektors anstrebt, sollten von Beginn an messbare Zielgrößen definiert sein. Die Zielerreichung sollte dann über den gesamten Transformationszeitraum regelmäßig evaluiert werden. Ohne die Definition von messbaren Zielgrößen und der ständigen Evaluation der Zielerreichung (Monitoring) kann es zu willkürlichen und unvorteilhaften Entscheidungen kommen: Die Maßnahmen könnten zu früh aufgehoben oder aber zu lange fortgeführt werden. Werden Maßnahmen zu früh aufgehoben, dann kann die Transformation der Wirtschaftssektoren verlangsamt werden. Wird die Maßnahme zu lange fortgeführt, entstehen Kosten für den Staat, die nicht notwendig wären, um die Transformation der Wirtschaftssektoren zu erreichen. In beiden Fällen sind die Kosten dieser Fehlentscheidungen enorm und könnten durch klar definierte und messbare Ziele sowie ein durchgehendes Monitoring vermieden werden.

Im Falle der Regulierung des deutschen PV-Marktes wurde mit den Änderungen des EEG 2009 eine abrupte Kurswende eingeleitet und attraktivitätssteigernde Maßnahmen wurden zu früh abgeschwächt. Nicht nur die Zielerreichung der installierten PV-Leistung im Jahr 2030, sondern auch die im Pariser Abkommen definierten Klimaziele stehen durch die vergangenen Entwicklungen, sowie durch die aktuellen Maßnahmen auf der Kippe. Neue Maßnahmen, ein klarer Handlungsplan und realistische Ziele sind gefordert, um den Weg hin zur Klimaneutralität zu erreichen.

Welche zusätzliche finanzielle Belastung zukünftig durch die Opportunitätskosten nicht erfolgter Investitionen verursacht wird, ist derzeit noch unklar

Die Kosten für die Transformation der deutschen Wirtschaft, die für die Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 notwendig wären, werden derzeit gemäß einer Studie im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie auf 1,5 bis 2,3 Billionen Euro beziffert.³² McKinsey rechnet sogar mit deutlich höheren Kosten von rund 6 Billionen Euro.³³ Inwiefern sich diese Kosten erhöhen könnten, wenn die notwendigen Investitionen in die Zukunft verlagert werden, ist noch nicht abschließend analysiert. Diese Fragestellung gilt es in zukünftigen Untersuchungen zu beantworten. Die Notwendigkeit einer sozialverträglichen Transformation der Wirtschaftssektoren hin zu mehr Nachhaltigkeit ist jedoch unbestritten. Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien sollte zeitnah erfolgen, um die Klimaneutralität erreichen zu können.

³⁰ Vgl. Mazzucato (2011): S. 19 f.

³¹ Vgl. Kattel et al. (2020): S. 40 f.

³² Vgl. Gerbert, P. et al. (2018): S. 7.

³³ Vgl. McKinsey (2021): o. S.

Literaturverzeichnis

- Ammon, M.; Bruns, T. und Semerow, N. (2020):** Energiewende im Kontext von Atom- und Kohleausstieg – Perspektiven im Strommarkt bis 2040. Hrsg. EuPD Research Sustainable Management GmbH (EuPD Research) (2020).
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021a):** BDEW-Strompreisanalyse Juni 2021 - Haushalte und Industrie.
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021b):** Die Energiewende braucht einen PV-Boom – Die Photovoltaik-Strategie des BDEW.
- Bett, A.; Brandes, J.; Haun, M.; Henning, H.-M.; Kost, C und Senkpiel, C. (2020):** Wege zu einem Klimaneutralen Energiesystem 2050: Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen - Up-date für ein CO₂-Reduktionsziel von 65% in 2030 und 100% in 2050. Hrsg. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE) (2020).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020):** Bundesbericht Forschung und Innovation 2020 – Forschungs- und innovationspolitische Ziele und Maßnahmen.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a):** Kohleausstieg und Strukturwandel. Artikel. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/kohleausstieg-und-strukturwandel.html>, abgerufen am 14.09.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021b):** Altmaier legt erste Abschätzung des Stromverbrauchs 2030 vor. Pressemitteilung. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/07/20210713-erste-abschaetzungen-stromverbrauch-2030.html>, abgerufen am 14.09.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021c):** Zahlen und Fakten: Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt.xls.html>, abgerufen am 30.08.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021d):** Das Erneuerbare-Energien-Gesetz. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms_docId=71120, abgerufen am 14.09.2021.
- Bundesnetzagentur (2021a):** Archivierte EEG-Vergütungssätze und Datenmeldungen – Fördersätze Solaranlagen. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/ArchivDatenMeldgn/start.html, abgerufen am 15.09.2021.
- Bundesnetzagentur (2021b):** Installierte Erzeugungsleistung, <https://www.smard.de/page/home/wiki-article/446/2362>, abgerufen am 14.09.2021.
- Bundesrat (2010):** Entschließung des Bundesrates zur geplanten Kürzung bei der Solarförderung. Beschluss des Bundesrates. Beschlussdrucksache. [https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2010/0101-0200/110-10\(B\).pdf?__blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2010/0101-0200/110-10(B).pdf?__blob=publicationFile&v=1), abgerufen am 15.09.2021.
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2010):** Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik).
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2011):** Eigenverbrauch von Solarstrom. Merkblatt des BSW Solar, aktualisierte Auflage.
- Deutscher Bundestag (2012):** Der Einstieg zum Ausstieg aus der Atomenergie. https://www.bundestag.de/webarchiv/textarchiv/2012/38640342_kw16_kalender_atomausstieg-208324, abgerufen am 15.09.2021.
- Die Bundesregierung (2021):** Bericht über die Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung – Freiwilliger Staatenbericht Deutschlands zum HLPF 2021.
- EEG 2000 (Stand 29.03.2000):** Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes.

EEG 2004 (Stand 21.07.2004): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich.

EEG 2009 (Stand 25.10.2008): Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG).

EEG 2012 (Stand 17.08.2012): Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG).

EEG 2021 (Stand 21.12.2020): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2021).

EEG-Novelle 2010 (Stand 11.08.2010): Erstes Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes.

EuPD Research (2021): 89 Prozent des Solarpotenzials auf deutschen Ein- und Zweifamilienhäusern sind noch ungenutzt. <https://www.eupd-research.com/89-prozent-des-solarpotenzials-noch-ungenutzt/>, abgerufen am 09.09.2021.

Generalversammlung der Vereinten Nationen (1987): Report of the world commission on environment and development: Our common future. Oslo, Norway.

Gerbert, P.; Herhold, P.; Burchardt, J.; Schönberger, S.; Rechenmacher, F.; Kirchner, A.; Kemmler, A.; Wünsch, M. (2018): Klimapfade für Deutschland. Hrsg. The Boston Consulting Group im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) (2018).

Heimer, T.; Berger, F.; Enenkel, K.; Radauer, A.; Talmon-Gros, L.; John, R.; Jöstingmeier, M.; Köhler, T.; Pflanz, K.; Ritter, C. (2016): Ökonomische und verwaltungstechnische Grundlagen einer möglichen öffentlichen Förderung von nichttechnischen Innovationen – Schlussbericht. Hrsg. Technopolis Group gemeinsam mit ISIconult Institut für Sozialinnovation Consulting & VDI/VDE-IT.

Honegger, M.; Schäfer, S.; Poralla, M. und Michaelowa, A. (2020): Klimaneutralität: ein Konzept mit weitreichenden Implikationen. dena-Analyse.

Kattel, R.; Mazzucato, M.; Haverkamp, K. und Ryan-Collins, J. (2020): Challenge-driven economic policy: A new framework for Germany. Forum New Economy Working Papers (No. 5).

Kobiela, G.; Samadi, S.; Kurwan, J.; Tönjes, A.; Fishedick, M.; Koska, T.; Lechtenböhmer, S.; März, S.; Schüwer, D. (2020): CO2-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze. Hrsg. Wuppertal Institut (2020).

KVBG (Stand 08.08.2020): Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze (Kohleausstiegsgesetz).

Mazzucato, M. (2011): The entrepreneurial state. Soundings, 49(49), 131-142.

McKinsey (2021): Deutschland kann bis 2045 Nullemissionsziel kostenneutral erreichen. <https://www.mckinsey.de/news/presse/studie-net-zero-deutschland-klimaneutralitaet-chancen-herausforderungen>, abgerufen am 29.09.2021.

Nicolosi, M. und Burstedde, B. (2020): Transformation des Strommarktes bis 2050 – Optionen für ein Marktdesign mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien. Hrsg. Umweltbundesamt (2021).

Statista (2021): Preisentwicklung für eine fertig installierte Solaranlage* in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2018. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156490/umfrage/preis-fuer-eine-fertig-installierte-solaranlage-in-deutschland/>, abgerufen am 15.09.2021.

Wirth, H. (2021): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Hrsg. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE) (2021).

Wittlinger J. K. (2020): Photovoltaikanlagen im Steuerrecht - Steuerliche Grundlagen zur Nutzung der Sonnenenergie. Springer Gabler, 3. Auflage.

Anhang

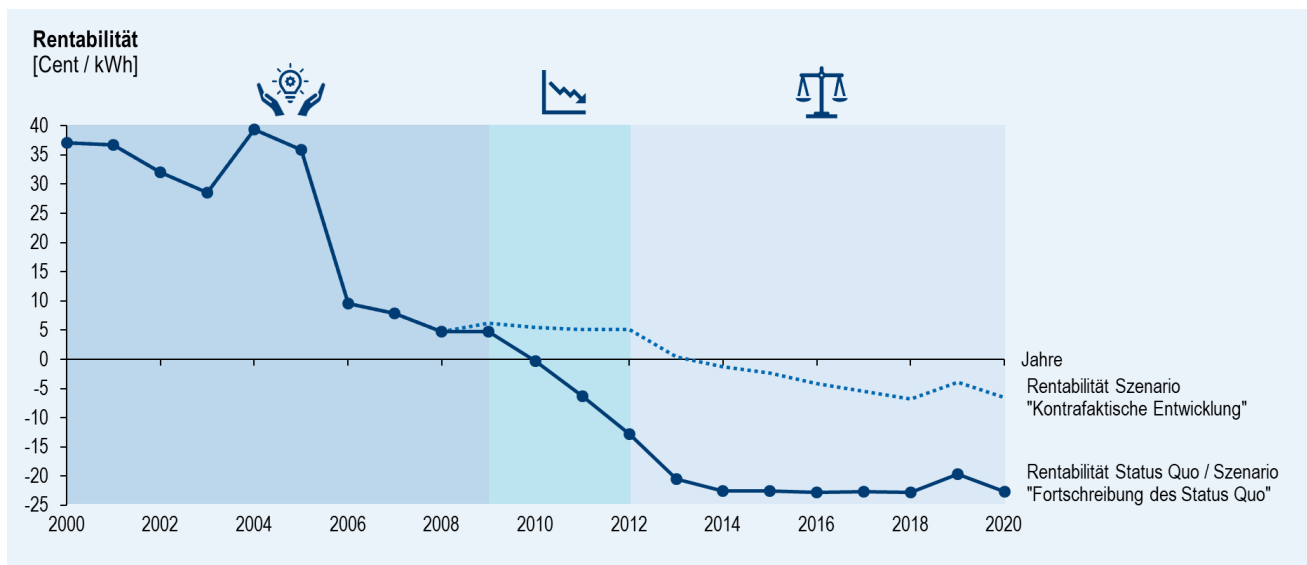
Zentrale Annahme des ökonomischen Modells zur Prognose der Entwicklung der installierten PV-Leistung

Das Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ basiert auf den tatsächlich gegebenen regulatorischen Rahmenbedingungen. Bis 2021 erfolgt in Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ demnach keine Modellierung der installierten PV-Leistung, sondern der historische Verlauf wird abgebildet. Das heißt, dass bis 2009 der Wachstumspfad 65 Prozent p.a. entspricht, zwischen 2009 und 2012 auf 48 Prozent p.a. absinkt und ab 2013 bei 6 Prozent pro Jahr liegt. Grundlegende Annahme dieses Szenarios ist, dass die aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen und Maßnahmen der Bundesregierung bis 2035 unverändert fortgeführt werden. Ab 2021 wird daher weiterhin eine jährliche Wachstumsrate von 6 Prozent angenommen.

Das Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ entwickelt sich bis 2009 analog zu Szenario „Fortschreibung des Status Quo“, d.h. mit einer jährlichen Wachstumsrate von 65 Prozent. Durch die geänderten regulatorischen Rahmenbedingungen wird nun ab 2009 angenommen, dass der Wachstumspfad nicht unterbrochen wird. Ab 2013 wird wieder das Wachstum aus Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ angenommen (6 Prozent Wachstumspfad pro Jahr).

Das Fortführen des Wachstumspfads in Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ zwischen 2009 und 2013 ist darin begründet, dass durch die geänderten Einspeisevergütungssätze die monetären Anreize verändert wurden. Dadurch hat sich auch verändert, ob sich die Anschaffung einer PV-Anlage lohnt oder nicht (Rentabilität). Dies ist in Szenario „Fortschreibung des Status Quo“ bis 2010 der Fall, in Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ bis 2013 (siehe Abbildung 9). Demnach wird der Wachstumspfad bis 2013 fortgeschrieben. Das bedeutet, in Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ steigt die installierte Leistung um 65 Prozent pro Jahr bis 2013, abzüglich einer Degression des jährlichen Wachstums von 4 Prozent. Diese Degressionsrate des jährlichen Wachstums wird angenommen, da die jährlichen Änderungsraten im Status quo zwischen 2000 und 2008 durchschnittlich um 4 Prozent p.a. sinken.

Abbildung 9: Entwicklung der monetären Anreize einer eingespeisten kWh Strom



Die Berechnung der Rentabilität hängt von den folgenden Faktoren ab:

1. Die Höhe der Einspeisevergütung:

Je höher die Einspeisevergütung je kWh Strom, desto höher ist der monetäre Anreiz, eine PV-Anlage zu installieren und den erzeugten Strom in das Netz einzuspeisen. Durch die Unterschiede der regulatorischen Rahmenbedingungen in den zwei Szenarien ergibt sich eine unterschiedliche Entwicklung der monetären Anreize. In Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ sinkt die Einspeisevergütung langsamer als in Szenario „Fort schreibung des Status Quo“ (siehe Abbildung 10).

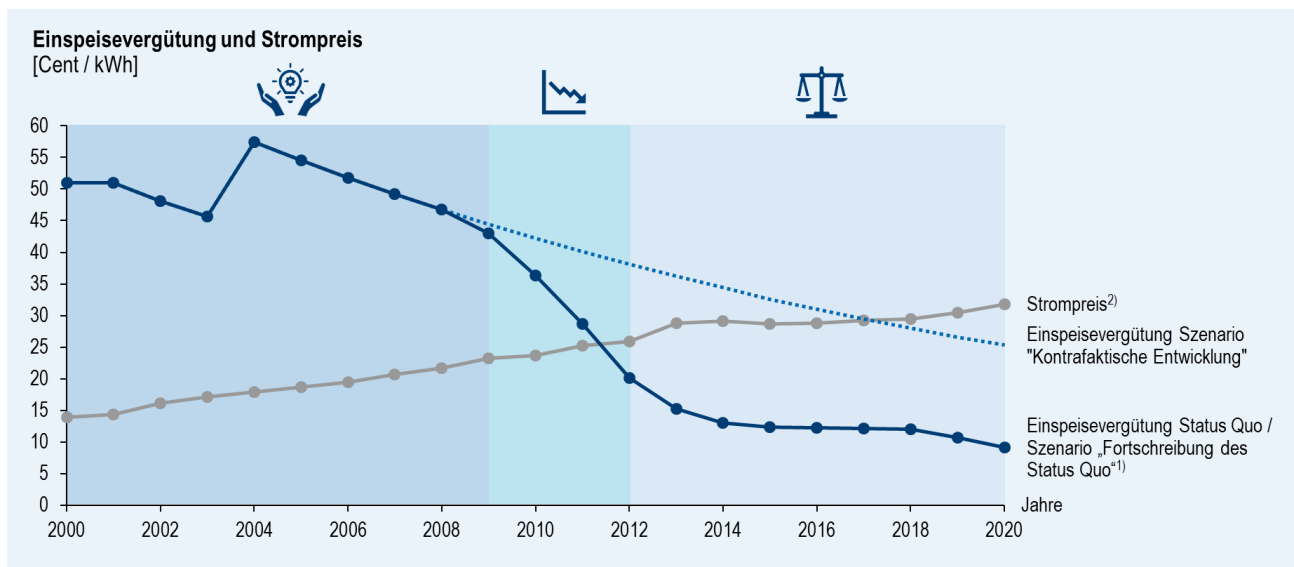
2. Der Strompreis:

Die Entscheidung, ob der Strom eingespeist wird oder selbst verbraucht wird, hängt vom aktuellen Strompreis ab. Die Entwicklung des Strompreises wird in beiden Szenarien als gleich angenommen. Liegt der Strompreis unter der Einspeisevergütung, dann ist der monetäre Anreiz groß, den Strom einzuspeisen und über den günstigeren Strompreis den Strom für den Eigenverbrauch extern zu beziehen. Liegt der Strompreis jedoch über der Einspeisevergütung, dann ist es günstiger, den Strom selbst zu verbrauchen und auf die Einspeisung des Stroms zu verzichten. Durch die unterschiedliche Entwicklung der Einspeisevergütung in den zwei Szenarien lohnt sich die Einspeisung im Szenario „Kontrafaktische Entwicklung“ länger als im Szenario „Fort schreibung des Status Quo“ (siehe Abbildung 10).

3. Kosten für die Anschaffung und Installation einer PV-Anlage:

Je höher die Anschaffungskosten einer PV-Anlage, desto unattraktiver ist die Installation. Die Entwicklung der Kosten für die Anschaffung und Installation einer PV-Anlage wird in beiden Szenarien als gleich angenommen. Die Einmalkosten der Anschaffung und Installation werden auf die Maßeinheit einer kWh produzierten Strom umgerechnet. Dieser Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass die durchschnittliche Nutzungsdauer einer PV-Anlage 20 Jahre beträgt.³⁴ Zusätzlich wird angenommen, dass mit jedem kWp installierter Leistung 1.000 kWh Strom pro Jahr erzeugt werden können.

Abbildung 10: Entwicklung der Einspeisevergütung und des Strompreises in den zwei Szenarien



2) Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt mit einem Jahresverbrauch von bis zu 3.500 kWh.

Quelle: IPE auf Basis von BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (2021a): S. 9 und Bundesnetzagentur (2021a): o. S.

³⁴ Vgl. Wittlinger J. K. (2020): S. 6 f.

Mit der Durchführung der Studie wurde die IPE Institut für Politikevaluation GmbH von der Philip Morris GmbH beauftragt.

Herausgeber:

IPE Institut für Politikevaluation GmbH
Walther-von-Cronberg-Platz 6
60594 Frankfurt
+49 69 67808053
www.ipe-evaluation.de

Redaktionsschluss: 17. November 2021

Haftung:

Die Angaben in diesem Dokument sind unverbindlich und dienen lediglich zu Informationszwecken. Ohne spezifische professionelle Beratungsleistung sollten keine Handlungen aufgrund der bereitgestellten Informationen getätigt werden. Die Weitergabe des Dokumentes an Dritte sowie dessen Verwendung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung durch das IPE Institut für Politikevaluation GmbH.

Haftungsansprüche gegen IPE Institut für Politikevaluation GmbH, die durch die Nutzung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen.

© 2021 IPE Institut für Politikevaluation GmbH. Alle Rechte vorbehalten.