



FACTSHEET (09/2021) IM AUFTRAG VON GREEN PLANET ENERGY EG – AKTUALISIERTE FASSUNG VOM 22.10.2021

## Gesellschaftliche Kosten von Kohlestrom heute bis zu dreimal so teuer wie Kosten von Strom aus erneuerbaren Energien

Von Isabel Schrems unter Mitarbeit von Peter Wieland

Die Kosten der Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken und Atomkraftwerken werden in der öffentlichen Wahrnehmung eher unterschätzt, während die Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien tendenziell überschätzt werden. Dabei ist die Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle und Atomenergie im Jahr 2021 mit **deutlich mehr gesamtgesellschaftlichen Kosten** verbunden als die Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie.

### „Versteckte“ Kosten der Stromerzeugung machen den Unterschied

Zum Vergleich der Kosten der Stromerzeugung aus verschiedenen Energieträgern ist es entscheidend, neben den im Strompreis unmittelbar erkennbaren Kosten auch „versteckte“ Kosten zu betrachten. Diese bestehen insbesondere aus zwei weiteren Kostenbestandteilen, welche von der Gesellschaft bezahlt werden:

1. **Staatliche Förderungen mit Budgetwirkung** (direkte und indirekte Förderungen, wie z.B.

Steuervergünstigungen bei der Energiesteuer oder Forschungsausgaben zur Technologieentwicklung)

2. **Nicht internalisierte externe Kosten** (Kosten, die von der Gesellschaft gezahlt werden müssen, da der Verursacher dafür nicht aufkommt, wie z.B. nicht-eingepreiste Folgekosten durch Umwelt-, Klima- und Gesundheitsschäden)

Die Methodik der Berechnung der „versteckten“ Kosten und damit der „wahren“ Kosten der Stromerzeugung wird ausführlich in der Studienreihe „**Was Strom wirklich kostet**“ dargestellt (FÖS 2015; FÖS 2017; FÖS 2018; FÖS 2019).

### Was Strom aus Wind- und Solarenergie wirklich kostet

Die gesellschaftlichen Kosten der Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie setzen sich aus dem Verkaufspreis des Stroms, den staatlichen Förderungen mit Budgetwirkung und nicht internalisierten externen Kosten zusammen.

Für Wind- und Solarenergie wird nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) für den Großteil der Anlagen eine  **feste Vergütung je Kilowatt Strom**  gezahlt, welche als Verkaufspreis des Anlagebestands erneuerbarer Energien interpretiert werden kann. Für das Jahr 2021 betragen die EEG-Vergütungen zwischen 8,8 und 22,8 ct/kWh (siehe Tabelle 1). Da hierbei auch Altanlagen berücksichtigt werden, fallen die Vergütungssätze relativ hoch aus.

**Tabelle 1: Durchschnittliche EEG-Vergütung im Jahr 2021**

	Solarenergie	Onshore-Windenergie	Offshore-Windenergie
<b>EEG-Vergütung in ct/kWh</b>	22,8	8,8	18,5

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (BMWi u. a. 2020a; BMWi u. a. 2020b; BMWi u. a. 2020c)

Werden stattdessen die spezifischen Vollkosten neuer Anlagen erneuerbarer Energien betrachtet, liegt der „Grundpreis“ von erneuerbarem Strom heute bereits deutlich niedriger. Die spezifischen Vollkosten neuer Anlagen setzen sich aus den Stromgestehungskosten der verschiedenen Technologien (siehe Tabelle 2) sowie den staatlichen Förderungen mit Budgetwirkung und nicht internalisierten Kosten zusammen.

Für Photovoltaikanlagen belaufen sich die Stromgestehungskosten<sup>1</sup> im Jahr 2021 im Mittel auf **7,07 ct/kWh**. Bis zum Jahr 2040 dürften die Gestehungskosten voraussichtlich auf 1,92 bis 6,77 ct/kWh sinken (Fraunhofer ISE 2021).

Für Windenergieanlagen liegt der mittlere Wert der Stromgestehungskosten im Jahr 2021 bei **6,12 ct/kWh (Onshore)** und **9,68 ct/kWh (Offshore)**. Auch hier ist bis zum Jahr 2040 eine weitere Reduktion der Stromgestehungskosten zu erwarten – auf 3,40 bis 6,97 ct/kWh (Onshore) bzw. 5,87 bis 9,66 ct/kWh (Offshore) (Fraunhofer ISE 2021).

**Tabelle 2: Spannweite Stromgestehungskosten (je nach Anlagentyp und Witterungsbedingungen) erneuerbarer Energien im Jahr 2021**

	Solarenergie	Onshore-Windenergie	Offshore-Windenergie
<b>Stromgestehungskosten in ct/kWh</b>	3,12 – 11,01 (mittlerer Wert: 7,07 ct/kWh)	3,94 – 8,29 (mittlerer Wert: 6,12 ct/kWh)	7,23 – 12,13 (mittlerer Wert: 9,68 ct/kWh)

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (Fraunhofer ISE 2021)

<sup>1</sup> Die Stromgestehungskosten stellen die jährlichen Durchschnittskosten für Errichtung und Betrieb einer Anlage

Bei den Anlagen erneuerbarer Energien fallen **keine zusätzlichen gesellschaftlichen Kosten** durch staatliche Förderungen mit Budgetwirkung an. Durch die EEG-Umlage ist der Großteil der Förderungen transparent in der Stromrechnung ausgewiesen.

Erneuerbare Energien verursachen auch externe Kosten. In der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes (UBA) werden diese für Windenergie auf **0,30 ct/kWh** und für Photovoltaik auf **1,78 ct/kWh** quantifiziert (UBA 2020). Ein Teil dieser Kosten ist über den europäischen Emissionshandel in den Strompreisen enthalten. Ein weiterer Teil wird durch die Energiesteuern eingepreist. Die Ergebnisse in FÖS (2019) zeigen, dass die Strompreiserhöhung durch diese beiden Preisinstrumente sogar höher ausfällt als die externen Kosten, die durch die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien entstehen. In der folgenden Kostenbilanz werden die nicht internalisierten externen Kosten daher **auf null** gesetzt.

## Was Strom aus Stein- und Braunkohle wirklich kostet

Zur Bestimmung des Verkaufspreises von Strom aus Stein- und Braunkohle wird auf den **durchschnittlichen Börsenstrompreis** zurückgegriffen. Aufgrund von steigenden Preisen für Emissionszertifikate und Brennstoffkosten für Steinkohle und Gas ist der Börsenstrompreis im Sommer 2021 (8,57 ct/kWh in der ersten Julihälfte) **so hoch wie seit 2008 nicht mehr** (EWI 2021). Durchschnittlich befindet sich der Börsenstrompreis in der ersten Jahreshälfte 2021 auf einem Niveau von etwa **5,50 ct/kWh** (Bundesnetzagentur 2021).

Würde man auch hier die Stromgestehungskosten neuer Kohlekraftwerke betrachten, läge der „Grundpreis“ von Strom aus Braun- und Steinkohle **deutlich höher** (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3: Spannweite Stromgestehungskosten (je nach Höhe des CO<sub>2</sub>-Preises) von Braun- und Steinkohle im Jahr 2021**

	Braunkohle	Steinkohle
<b>Stromgestehungskosten in ct/kWh</b>	10,83 – 15,43 (mittlerer Wert: 13,13 ct/kWh)	11,03 – 20,04 (mittlerer Wert: 15,54 ct/kWh)

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (Fraunhofer ISE 2021)

Die Stromgestehungskosten von im Jahr 2021 (theoretisch) errichteten Kohlekraftwerken betragen im Mittel **13,13 ct/kWh** (Braunkohle) bzw. **15,54 ct/kWh** (Steinkohle) (Fraunhofer ISE 2021). Der derzeitige

im Verhältnis zur durchschnittlichen jährlichen Stromerzeugung dar.

Börsenstrompreis deckt die Kosten neuer konventioneller Anlagen daher nicht ab.

Strom aus Stein- und Braunkohle wird staatlich in Höhe von **1,0 ct/kWh (Steinkohle)** und **1,1 ct/kWh (Braunkohle)** gefördert (FÖS 2017).<sup>2</sup> Die Förderungen umfassen Steuervergünstigungen bei der Energiesteuer sowie Befreiungen von der Förderabgabe und Wasserentnahmentgelten.

Die Nutzung von Stein- und Braunkohle zur Stromerzeugung ist zudem mit **hohen externen Kosten** verbunden, von denen ein Großteil nicht im Strompreis enthalten ist. Laut UBA Methodenkonvention belaufen sich die externen Kosten von Steinkohle auf 20,50 ct/kWh und jene von Braunkohle auf 22,70 ct/kWh (UBA 2020). Über den europäischen Emissionshandel sowie die Energiesteuer ist bereits ein **kleiner Teil der externen Kosten internalisiert**: Rund 2,70 ct/kWh über den Emissionshandel<sup>3</sup> und 1,00 ct/kWh (Steinkohle) bzw. 1,10 ct/kWh (Braunkohle) über die Energiesteuern<sup>4</sup>. Insgesamt ergeben sich daraus nicht-internalisierte Kosten in Höhe von rund **16,80 ct/kWh (Steinkohle)** und **18,90 ct/kWh (Braunkohle)**.

In Summe belaufen sich die Kosten für die Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle auf **23,3 ct/kWh (Steinkohle)** bzw. **25,5 ct/kWh (Braunkohle)**. Betrachtet man die Stromgestehungskosten neuer Kohleanlagen, betragen die Kosten im Mittel sogar **33,3 ct/kWh (Steinkohle)** bzw. **33,1 ct/kWh (Braunkohle)**.

## Was Strom aus Atomenergie wirklich kostet

Auch zur Bestimmung des Verkaufspreises von Strom aus Atomenergie wird auf den **durchschnittlichen Börsenstrompreis** in Höhe von **5,50 ct/kWh** zurückgegriffen (Durchschnittswert der ersten Jahreshälfte 2021) (Bundesnetzagentur 2021).

Würde man die Stromgestehungskosten neuer Atomkraftwerke betrachten, läge der „Grundpreis“ bei etwa 11,14 bis 17,10 ct/kWh (Lazard 2020)<sup>5</sup> (siehe Tabelle 4). Auch

diese Kosten werden vom derzeitigen Börsenstrompreis nicht abgedeckt.

**Tabelle 4: Spannbreite Stromgestehungskosten von Atomenergie, Stand: Oktober 2020**

Atomenergie	
<b>Stromgestehungskosten in ct/kWh</b>	11,14 – 17,10 ct/kWh (mittlerer Wert: 14,12 ct/kWh)

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (Lazard 2020)

Atomenergie wird seit Jahrzehnten staatlich stark gefördert. Die Förderungen beliefen sich im Jahr 2019 insgesamt auf rund 6,8 ct/kWh. **1,9 ct/kWh** davon sind noch nicht im Strompreis enthalten (FÖS 2020). Dieser Wert wird auch für das Jahr 2021 angenommen.

Neben den hohen staatlichen Förderungen fallen auch bei der Stromerzeugung aus Atomenergie **sehr hohe externe Kosten** an. Diese gehen u.a. auf das Risiko eines nuklearen Unfalls zurück. Wie hoch die externen Kosten von Atomenergie tatsächlich ausfallen, ist **schwer zu quantifizieren**.

In einer Analyse von FÖS (2020) wird eine Spannbreite der externen Kosten der Atomenergie angegeben. Der untere Wert der Bandbreite orientiert sich an der Methodenkonvention des UBA und beträgt **22,70 ct/kWh** (UBA 2020). Der obere Wert der Bandbreite basiert auf einer breiten Literaturlauswertung und Expertenbefragung und beträgt **34,3 ct/kWh** (FÖS 2020). Nur ein kleiner Teil der externen Kosten ist durch den Europäischen Emissionshandel (EU ETS) und die Energiesteuer bereits eingepreist (siehe FÖS (2020)).

## Kostenvergleich: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien schon heute deutlich günstiger

Abbildung 1 zeigt, dass die Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle im Jahr 2021 mit **deutlich mehr gesamtgesellschaftlichen Kosten** verbunden ist als die

pro Tonne CO<sub>2</sub> im Juli angestiegen (EMBER 2021). Vereinfachend wird hier ein durchschnittlicher Zertifikatspreis von rund 45 Euro pro Tonne für das Jahr 2021 angenommen. In Anlehnung an DIW (2007), Schwarz/Lang (2007) und UBA (2012) wird angenommen, dass die Strompreiserhöhung pro Euro Zertifikatspreis 0,06 ct/kWh beträgt.

<sup>4</sup> Hierbei wird auf die Berechnungen von (FÖS 2017) zurückgegriffen.

<sup>5</sup> Zur Schätzung der Stromgestehungskosten neuer Atomkraftwerke werden auf Berechnungen in den USA zurückgegriffen.

<sup>2</sup> Die in der Studie „Was Strom wirklich kostet“ (FÖS 2017) ermittelten Werte für das Jahr 2016 werden hier vereinfachend auch für das Jahr 2021 angenommen. Da die Absatzbeihilfen für Steinkohle nicht mehr existieren und rund 50% der in FÖS (2017) identifizierten budgetwirksamen Förderungen von Steinkohle ausmachen, wurde die Summe der Steinkohle-Förderungen im Jahr 2021 um die Hälfte gegenüber dem Wert im Jahr 2016 reduziert. Bei einer umfassenden Analyse müssten die Werte vollständig aktualisiert werden.

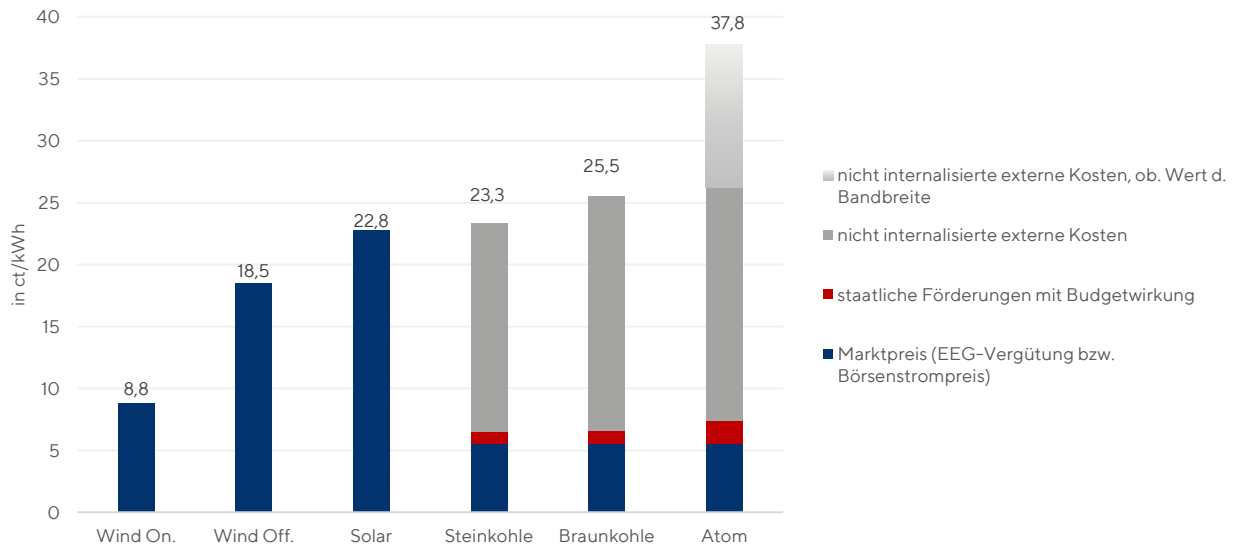
<sup>3</sup> Der Preis für Emissionszertifikate ist im Jahr 2021 von etwa 30 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> im Januar auf bis zu rund 55 Euro

Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie. Bei der Nutzung von Windenergie fällt nur ein Drittel der gesamtgesellschaftlichen Kosten an, die die Braunkohle verursacht. Während die gesamtgesellschaftlichen Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021 zwischen 8,8 ct/kWh (Onshore-Windenergie), 18,5 ct/kWh (Offshore-Windenergie) und 22,8 ct/kWh (Solarenergie) betragen, belaufen sich die Kosten bei der Stromerzeugung aus Steinkohlekraftwerken auf rund 23,3

ct/kWh und bei Braunkohlekraftwerken auf rund 25,5 ct/kWh.

Noch höher als die gesamtgesellschaftlichen Kosten der Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle, fallen die gesamtgesellschaftlichen Kosten der Stromerzeugung aus **Atomenergie** aus. Wie Abbildung 1 zeigt, belaufen sich diese auf bis zu 37,8 ct/kWh.

**Abbildung 1: Gesamtgesellschaftliche Kosten der Stromerzeugung im Jahr 2021 im Vergleich**



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (BMWi u. a. 2020a; BMWi u. a. 2020b; BMWi u. a. 2020c; FÖS 2017; FÖS 2019; FÖS 2020)

Werden die **Vollkosten neuer Anlagen** verglichen, fällt der Kostenunterschied **noch deutlicher** aus (siehe Abbildung 2). Während die Vollkosten neuer Stein- und Braunkohleanlagen im Jahr 2021 inklusive staatlicher Förderungen ohne Budgetwirkung und nicht-internalisierter externer Kosten im Mittel bis zu 33,3 ct/kWh bzw. 33,1 ct/kWh betragen, belaufen sich die Vollkosten neuer Onshore-Windenergieanlagen im Mittel auf 6,1 ct/kWh, jene neuer Offshore-Windenergieanlagen auf 9,7 ct/kWh und jene neuer PV-Anlagen auf 7,1 ct/kWh. Die Vollkosten neuer Atomenergieanlagen fallen mit bis zu 46,4 ct/kWh am höchsten aus.

Für die staatlichen Förderungen mit Budgetwirkung und die nicht-internalisierten externen Kosten werden **jeweils Bandbreiten** angegeben (FÖS 2017). Beim unteren Wert

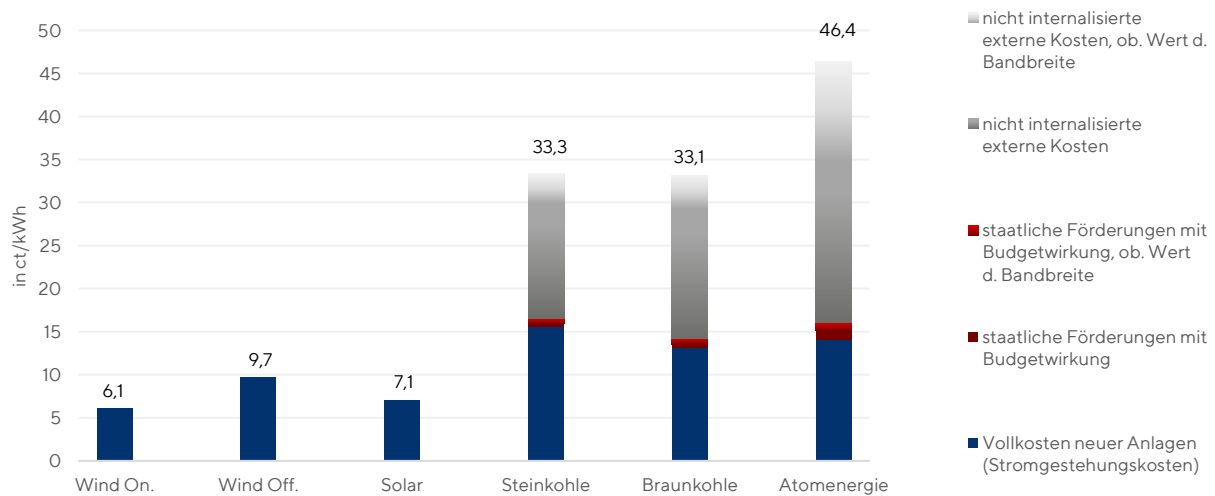
der Bandbreite der staatlichen Förderungen werden ausschließlich die Bereiche berücksichtigt, von denen auch **Neuanlagen unmittelbar profitieren**.<sup>6</sup> Der obere Wert der Bandbreite berücksichtigt dagegen alle staatlichen Förderungen mit Budgetwirkung (entspricht Berechnung der gesamtgesellschaftlichen Kosten) (FÖS 2017).

Zur Schätzung des unteren Werts der Bandbreite nicht-internalisierter externer Kosten von Stein- und Kohlekraftwerken wird eine **Wirkungssteigerung um 20%** - und entsprechend geringere externe Kosten - für alle konventionellen Neuanlagen gegenüber den Bestandsanlagen angenommen. Der obere Wert der Bandbreite entspricht dagegen jenem, der sich auf den Annahmen der UBA Methodenkonvention stützt (FÖS 2017).

<sup>6</sup> Die in der Studie „Was Strom wirklich kostet“ (FÖS 2017) ermittelten Werte für das Jahr 2016 werden hier vereinfachend auch für das Jahr 2021 angenommen. Da die Absatzbeihilfen für Steinkohle nicht mehr existieren,

wurden diese nicht berücksichtigt. Bei einer umfassenden Analyse müssten die Werte vollständig aktualisiert werden.

Abbildung 2: Vollkosten neuer Anlagen 2021 (bzw. 2020 bei Atom) (mittlerer Wert)



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (FÖS 2017; FÖS 2019; FÖS 2020; Fraunhofer ISE 2021; Lazard 2020)

## LITERATURVERZEICHNIS

Bundesnetzagentur (2021): Stromerzeugung und Stromhandel im Jahr 2021. Abrufbar unter: <https://www.smard.de/page/home/topic-article/444/204204>. Letzter Zugriff am: 16.8.2021.

DIW (2007): Abschlussbericht zum Vorhaben „Fachgespräch zur Bestandsaufnahme und methodischen Bewertung vorliegender Ansätze zur Quantifizierung der Förderung erneuerbarer Energien im Vergleich zur Förderung der Atomenergie in Deutschland“. Abrufbar unter: <http://buchwald-b.de/downloads/gutachtendiwfrontal21.pdf>. Letzter Zugriff am: 27.11.2014.

EMBER (2021): Daily Carbon Prices. Abrufbar unter: <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>. Letzter Zugriff am: 16.8.2021.

EWI (2021): Anstieg der Strompreise im Sommer 2021 – Wie Brennstoff- und Zertifikatspreise sowie die Residualnachfrage auf Großhandelsstrompreise wirken. Eine Analyse mit dem EWI Merit-Order Tool. Abrufbar unter: [https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2021/07/EWI-Merit-Order-Jul-Update\\_2021.pdf](https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2021/07/EWI-Merit-Order-Jul-Update_2021.pdf). Letzter Zugriff am: 16.8.2021.

FÖS (2015): Was Strom wirklich kostet: Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von konventionellen und erneuerbaren Energien. Langfassung. Abrufbar unter: <http://www.foes.de/pdf/2015-01-Was-Strom-wirklich-kostet-lang.pdf>. Letzter Zugriff am:

18.9.2019.

FÖS (2017): Was Strom wirklich kostet: Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von konventionellen und erneuerbaren Energien. Langfassung. Abrufbar unter: [http://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/2017-10-Was\\_Strom\\_wirklich\\_kostet\\_lang.pdf](http://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/2017-10-Was_Strom_wirklich_kostet_lang.pdf). Letzter Zugriff am: 16.8.2021.

FÖS (2018): Was Braunkohlestrom wirklich kostet. Abrufbar unter: <http://www.foes.de/pdf/2018-06-25-GPE-Studie-Braunkohle.pdf>. Letzter Zugriff am: 16.8.2021.

FÖS (2019): Kostenersparnis durch den zusätzlichen Ausbau erneuerbarer Energien. Eine Bilanz der Stromkosten im Jahr 2020 unter Berücksichtigung von staatlichen Förderungen und externen Kosten. Abrufbar unter: [https://foes.de/publikationen/2019/2019-10\\_FOES-Analyse\\_EEsparenKosten.pdf](https://foes.de/publikationen/2019/2019-10_FOES-Analyse_EEsparenKosten.pdf). Letzter Zugriff am: 8.6.2021.

FÖS (2020): Gesellschaftliche Kosten der Atomenergie in Deutschland. Abrufbar unter: [https://foes.de/publikationen/2020/2020-09\\_FOES\\_Kosten\\_Atomenergie.pdf](https://foes.de/publikationen/2020/2020-09_FOES_Kosten_Atomenergie.pdf). Letzter Zugriff am: 22.9.2021.

Fraunhofer ISE (2021): Stromgestehungskosten erneuerbare Energien. Abrufbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>. Letzter Zugriff am: 16.8.2021.

Lazard (2020): Lazard's levelized cost of energy analysis - version 14.0. Abrufbar unter: <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost->



of-energy-version-140.pdf. Letzter Zugriff am: 21.10.2021.

Schwarz, H.-G., Lang, C. (2007): Marktmacht und Marktmachtmessung am Großhandelsmarkt für Strom in Deutschland. Präsentation zum Vortrag vom 01.02.2007 (VIK) und 05.02.2007 (Forschungszentrum Jülich). Institut für Wirtschaftswissenschaft, Erlangen. Abrufbar unter: <http://www.economics.phil.uni-erlangen.de>. Letzter Zugriff am: .

UBA (2012): Price Determinants of the European Carbon Market and Interactions with Energy Markets. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4300.pdf>. Letzter Zugriff am: 31.3.2020.

UBA (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze. Stand 12/2020. Abrufbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21\\_methodenkonvention\\_3\\_1\\_kostensaetze.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf). Letzter Zugriff am: 24.2.2021.

## IMPRESSUM

Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS)

Geschäftsführende Vorständin: Carolin Schenuit

Foto: © M. Schuppich, Adobe Stock