

# Der energetische Freibetrag

Prof. Dr. Heinz Werntges (heinz.werntges@hs-rm.de), Patrick Stoy (patrick.stoy@hs-rm.de), Johannes Kaepfel (johannes.kaepfel@hs-rm.de)  
Hochschule RheinMain, Wiesbaden, Deutschland

## Kurzfassung

Es besteht großer Bedarf am raschen Ausbau erneuerbarer Energien (EE), vor allem von Wind- und Sonnenenergie. Durch einen *energetischen Freibetrag* können große Teile der Bevölkerung motiviert werden, diesen Ausbau mit ihrem Kapital und ihren Fähigkeiten erheblich zu beschleunigen und daran zu partizipieren — nach marktwirtschaftlichen Prinzipien und dabei sozial ausgewogen. Dazu werden drei neue Regeln vorgeschlagen:

- (1) Alle Erwachsenen erhalten das unveräußerbare, aber verpachtbare Recht, erneuerbare Energien jährlich bis zur Höhe des energetischen Freibetrags von z.B. 10 MWh zu produzieren und frei von staatlichen Abgaben und Steuern zu handeln. Seine Höhe orientiert sich dabei am persönlichen jährlichen Energiebedarf einschließlich Wärme und Mobilität und an den Ausbauzielen des Staates.
- (2) Um den Handel mit vielen kleinen EE-Mengen überhaupt zu ermöglichen, wird Letztverbrauchern erlaubt, Strom nicht ausschließlich von ihrem EVU zu beziehen. Dazu werden geeignete IT-gestützte Abrechnungssysteme auf der Grundlage der Smart-Meter-Infrastruktur eingesetzt.
- (3) Beim Handel dieser EE-Mengen über öffentliche Stromnetze fallen weiterhin Netznutzungsentgelte an, diese sind aber entfernungsabhängig zu staffeln, um lokalen Bilanzausgleich zu fördern und Netzausbaukosten zu minimieren.

## 1 Die Ausgangslage

In Deutschland haben erneuerbare Energien (EE) erst einen Anteil von ca. 20% am heutigen Endenergie-Bedarf erreicht [1], der Löwenanteil unseres Energiebedarfs beruht weiterhin auf fossilen Quellen. Aus Klimaschutz-Gründen, aber auch zur Verminderung der Abhängigkeit von Importen und zur Begrenzung der Energiepreise, besteht weitgehender gesellschaftlicher Konsens, dass der EE-Anteil so rasch wie möglich – innerhalb weniger Jahre – erhöht werden muss.

Unter den EE-Quellen kommen dazu i.w. nur Wind- und Sonnenenergie infrage, andere wie Wasserkraft und Biomasse haben ihre Potenziale schon weitgehend ausgeschöpft oder sind noch zu wenig entwickelt (Geothermie) [2, S. 13].

## 2 PV-Energie: Der unterschätzte Riese

Während sich die Windenergie eher schleppend entwickelt (lange Genehmigungsverfahren, Einsprüche von Anliegern, fehlende Stromtrassen, ausufernde Abstandsregeln, ...), aber viel politische Aufmerksamkeit erfährt, bewegt sich der Ausbau der Sonnenenergie-Nutzung (insb. Photovoltaik (PV) zur Stromerzeugung) gegenwärtig durchaus im Rahmen der Planungen. Das Problem dabei: Diese Planungen werden dem PV-Potenzial bei weitem nicht gerecht.

Dabei ließe sich der PV-Sektor wesentlich leichter ausbauen als die Windenergie: Viele kleine, dezentrale PV-Anlagen vermeiden Engpässe beim Netzausbau, sind gerade bei Dach- und Fassaden-Anlagen bei der Bevölkerung akzeptiert, lassen sich parallel von vielen Handwerks-Fachbetrieben aufbauen und können sogar Eckpfeiler eines robusteren, zellularen Stromnetzes werden [3, S. 448 & 735] [4].

Das Potenzial der PV ist riesig: Das Fraunhofer ISE hat nachgewiesen, dass Deutschland seinen Endenergiebedarf rechnerisch allein mit Agri-PV und gebäudeintegrierter PV decken könnte [5]. Bereits die Ausstattung aller ca. 16 Mio. Privathäuser [6] mit einer mittelgroßen PV-Anlage (10 kWp) würde den heutigen Stand der PV-Energie verdreifachen. Zu den heute 51 TWh pro Jahr [7] kämen weitere 100 TWh [8, S. 12] hinzu, also über 17% [9] des gesamten heutigen Stromsektors. Dabei sind lediglich die potenziell nutzbaren Dachflächen berücksichtigt worden.

## 3 Falsche Anreize behindern einen raschen Ausbau

Für eine rasche Erschließung des Potenzials der Privathäuser fehlt heute aber der richtige Anreiz: Die EEG-Vergütung ist auf einen kümmerlichen Rest zusammenschmolzen (0,0653€/kWh in 04.2022) [10, S. 3], der keinen kostendeckenden Betrieb ermöglicht, und der sogar die Marktpreise an der Strombörse inzwischen weit unterschreitet [11]. Eine alternative Direktvermarktung ist für

kleine Anlagen aber auch nicht rentabel. Außerdem schrecken bürokratische Auflagen immer noch viele Interessierte ab. Daher wird bestenfalls für den Eigenbedarf gebaut, obwohl sich mit wenig Mehraufwand die gesamten Dach- und teils auch Fassadenflächen erschließen ließen.

## 4 Ein neuer Anreiz

Private Haushalte benötigen einfache Regeln und Abläufe, und auch der Staat hat ein Interesse an effizienter Verwaltung. Das Prinzip von Freibeträgen hat sich in anderem Kontext vielfach bewährt, etwa bei der Vermeidung oder Vereinfachung von Steuererklärungen. Wir übertragen es nun auf die Gewinnung erneuerbarer Energien durch Privathaushalte und schlagen dazu vor, allen erwachsenen Deutschen ein neues Recht einzuräumen, genannt „energetischer Freibetrag (eF)“:

---

*Alle erwachsenen Deutschen dürfen erneuerbare Energien erzeugen und bis zur Höhe des **energetischen Freibetrags** frei von staatlichen Abgaben und Steuern untereinander handeln.*

---

Besitzerin X eines Hauses mit PV-Anlage dürfte z. B. ihrem Nachbarn Y die Überschüsse des von ihrer Anlage erzeugten PV-Stroms verkaufen zu einem zwischen X und Y im Prinzip frei verhandelbaren Preis. Die Anreiz-Wirkung kann dabei sehr groß werden: X kann ihre Überschüsse zu einem wesentlich höheren Preis als die EEG-Vergütung verkaufen, Y spart dennoch gegenüber dem Kauf zum normalen Tarif seines Stromversorgers.

Für einen solchen Handel wird in der Regel das öffentliche Stromnetz benötigt. Wo dies der Fall ist, fallen weiterhin Netznutzungsentgelte an. Diese sind keine staatlichen Abgaben, sondern nur ein fairer Beitrag zum Erhalt und Ausbau dieser Netze. Wir führen dabei aber eine neue Regel ein:

---

*Netznutzungsentgelte, die für Transaktionen im Rahmen des energetischen Freibetrags anfallen, sind **entfernungsabhängig** zu staffeln.*

---

Diese Regel entspricht der tatsächlichen Nutzung, vergleichbar mit einer entfernungsabhängigen Maut auf kostenpflichtigen Straßen. Der Handel mit den Nachbarn innerhalb der Anschluss-Zone eines Ortsnetz-Transformators sollte deutlich günstiger sein – vielleicht sogar kostenlos – als einer, der auch das Mittelspannungsnetz benötigt oder gar das Umspannwerk und damit die Hochspannungsebene. Zur Förderung des regionalen Stromhandels sollte ferner die Nutzung der Übertragungsnetze vermieden werden, z. B. durch geeignet hohe Preisaufschläge.

Ein solcher regionaler Handel mit i.d.R. vielen kleinen Mengen erneuerbarer Energien erfordert schließlich ein Aufweichen der bisher festen Zuordnung zwischen Stromzähler und Energieversorgungsunternehmen (EVU). Haus-

halte können sich heute ein EVU zwar frei wählen, was den Wettbewerb um faire Stromtarife fördern soll, sind aber in der Vertragszeit vollständig an dieses EVU gebunden. Wir schlagen daher folgende Erweiterung vor:

---

*Endverbraucher dürfen parallel zu ihrem EVU auch erneuerbare Energien aus Quellen erwerben, die sie unter den Bedingungen des eF anbieten.*

---

Die Rechnungsbildung wird dadurch zwar komplizierter, lässt sich aber automatisieren und daher fast kostenneutral umstellen. Die Beschränkung auf Bezug aus eF-Quellen soll den Erhalt des bisherigen Strommarkts sichern und den vom eF erzeugten Markt stützen.

## 5 Grundsatzgedanken zum eF

### 5.1 Der eF ist ein unveräußerbares Recht

Die Bevölkerung ist sehr unterschiedlich gut informiert. Zum Schutz der weniger gut Informierten sollte es nicht möglich sein, den eigenen eF dauerhaft zu verkaufen (wohl aber, ihn zu verpachten – s.u.).

### 5.2 Der eF erzeugt eine sozial ausgewogene Förderung

Am EEG wurde u.a. kritisiert, dass es wohlhabendere Bevölkerungskreise bevorzugt und Gelder „von unten nach oben“ verteilt, indem die EEG-Umlage zwar von allen Stromkund:innen bezahlt wird, aber nur Personen mit genug Eigenkapital und Hauseigentum zugute kommt, die sich eine eigene PV-Anlage leisten können.

Der eF entspricht dagegen einer Kopfpauschale: Alle können im Prinzip den gleichen Freibetrag in Anspruch nehmen.

Es werden drei Nutzergruppen erwartet:

- (a) Haushalte, die eine eigene PV-Anlage aufbauen und betreiben können
- (b) Personen, die über Kapital für EE-Investitionen verfügen, aber z. B. als Mieter keine Flächen für eine eigene PV-Anlage besitzen
- (c) Personen ohne Kapital für EE-Investitionen

Gruppe (a) kann den eF direkt verwenden. Sie trägt dabei das „unternehmerische Risiko“, kann den eF aber auch bestmöglich ausschöpfen.

Gruppe (b) kann sich mit ihrem Kapital an Bürgersolaranlagen oder Bürgerwindparks beteiligen. Sie steuern dort ihren eF bei und erhöhen dadurch die Rendite dieser gemeinschaftlichen Anlage, welche an sie als Miteigentümer anteilig ausgeschüttet wird.

Gruppe (c) schließlich kann ihren eF zeitlich befristet verpachten, insbesondere an Personen aus den Gruppen (a) und (b). Sie werden dabei einen niedrigeren Ertrag erzielen als wenn sie selbst investierten, tragen aber kein Risiko

und können ihren eF mit sehr wenig Mühe in Geld umwandeln. Die zeitliche Begrenzung dieser Verpachtung schützt sie vor einer Übervorteilung – spätestens nach Ablauf der Pachtfrist können sie ihren eF zu einem besseren Preis verpachten. Es wird erwartet, dass Angebot und Nachfrage als Mechanismen für eine faire Marktpreisbildung des eF genügen.

### **5.3 Der eF ist kompatibel mit der heutigen Stromwirtschaft**

Am Profimarkt des Stromsektors muss sich nichts ändern. Wer mehr Strom erzeugt, als er/sie mit eigenen oder gepachteten eF-Beträgen abdeckt, unterliegt den heutigen Regeln.

### **5.4 Der eF funktioniert marktwirtschaftlich**

Anfangs ist mit Preis-Unsicherheiten zu rechnen, etwa wenn viele Anbieter auf noch wenige Abnehmer treffen. Resultierende niedrige Strompreise etwa zur Mittagszeit (viel Sonne) werden nach und nach neue, zeitflexible Stromkunden hervorrufen (z. B. Haushalte mit Gebäude-Akku, ladende Elektrofahrzeuge), bis sich Angebot und Nachfrage einpendeln. Der Staat kann hier stabilisierend oder beschleunigend einwirken, etwa mit der Förderung von Elektrolyse-Anlagen zur Erzeugung „grünen“ Wasserstoffs, die große EE-Mengen zeitflexibel zu einem Mindestabnahmepreis aufkaufen – muss dies aber nicht. Ein EEG wird nicht mehr benötigt.

### **5.5 Beim eF handelt es sich um eine jährliche Energiemenge**

Der Begriff „Freibetrag“ lässt an Geldbeträge denken. Dies ist jedoch abwegig, beim eF handelt es sich um eine Energiemenge in der Größenordnung des Eigenbedarfs, die von Steuern und Abgaben befreit ist. Seine Einhaltung lässt sich daher unabhängig vom Marktgeschehen überwachen, im Prinzip anhand der Stände der verwendeten Einspeise-Stromzähler. Geldliche Freibeträge sind zu vermeiden, weil sie viel aufwändiger zu ermitteln und zu kontrollieren wären und zu einer sozialen Schieflage tendieren.

### **5.6 Der eF motiviert und aktiviert große Bevölkerungsteile**

Viele Bürgerinnen und Bürger möchten bereits aktiv zur Energiewende, zum Klimaschutz und zur Beendigung der Abhängigkeiten von importierten Energieträgern beitragen. Andere fühlen sich bisher noch nicht persönlich betroffen. Eine solche Wahrnehmung wird vom eF rasch korrigiert. Ohne dass eine Verpflichtung empfunden wird, entsteht der – berechtigte – Eindruck, Geld zu verlieren, wenn der „eigene“ eF nicht genutzt wird. Selbst „Klimaskeptiker“ werden so zu Protagonisten der Energiewende, einfach aus eigenem Interesse.

Dank vereinfachter Verfahren (keine Steuern, keine Steuererklärungen, keine erforderlichen Genehmigungen, keine Anträge auf Zuschüsse und Warten auf Bewilligung – Kon-

takte zu Netzbetreiber und Stromlieferant genügen) lassen sich PV-Projekte auf ihren technischen Kern reduzieren und enorm beschleunigen.

### **5.7 Der eF kostet die Allgemeinheit fast nichts**

Die vermeintlich entgangenen Steuern und Abgaben gibt es heute gar nicht. Sie betreffen ja einen zukünftigen Stromsektor, den es ohne eF vermutlich gar nicht geben wird. Heute bereits anfallende Steuereinnahmen wären daher kaum betroffen. Vielmehr würden Steuerzahler und Stromkunden sogar entlastet durch sukzessiven Wegfall der EEG-Umlage. Insgesamt hat die kommerzielle Stromwirtschaft keine Konkurrenz zu befürchten, da sehr viel Endenergie in den Stromsektor verlagert werden muss und dieser also stark wachsen wird.

### **5.8 Durch den eF entstehen neue Geschäftsmodelle und ganze Märkte**

Ein Markt für den Handel mit haushaltstypischen kleinen EE-Überschüssen existiert heute praktisch nicht. Durch den eF entsteht ein großer Bedarf an Vermittlung von Handelspartnern, Überwachung der Transaktionen und deren Abrechnungen. Nur hocheffiziente, voll digitalisierte Abläufe sind in der Lage, dies mit geringen Gebühren zu leisten.

Ein gutes Beispiel für ein solches Geschäftsmodell ist der Energiebroker, dessen Konzept von der Hochschule Rhein-Main entwickelt wurde. [12]

Durch den eF wird die bisherige starre Bindung eines Haushalts an einen Stromlieferanten aufgeweicht. Es wird z. B. möglich sein, EE-Überschüsse vom Nachbarn zur Mittagszeit günstig einzukaufen und zu beziehen, um die Rechnung des Stromlieferanten für die Grundversorgung entsprechend zu reduzieren.

### **5.9 Mieterstrom – nun ganz einfach**

Diese neue Flexibilität löst ganz nebenbei auch viele Probleme heutiger Mieterstrom-Modelle. Mietparteien bleiben auf Wunsch bei ihrem Grundversorger, Vermieter müssen nicht die Rolle eines Energieversorgers (EVU) übernehmen und können dennoch ihre PV-Erträge ihren Mietparteien anbieten – oder auch den Nachbarn.

### **5.10 Smart Meter Gateways – endlich lohnend**

Der Ersatz analoger Stromzähler durch Smart Meter schreitet nur langsam voran. Insbesondere das zeitnahe Sammeln der Zählerstände u.a. Daten über Gateways wird aus kommerziellen als auch aus Datenschutzgründen kritisch hinterfragt – allzu oft stehen heute den Mehrkosten keine erkennbaren Vorteile für die Verbraucher gegenüber. Der kleinteilige Stromhandel, den ein eF bewirkt, ließe sich mit solchen zentral anfallenden Daten sehr effizient und fälschungssicher abwickeln. Endlich läge eine einleuchtende Geschäftsgrundlage für diese teure Infrastruktur vor: Wer lernt, dass seine/ihre eF-Erträge erst dank eines Smart

Meter-Gateways fließen können, wird eher bereit sein, dessen Mehrkosten zu tragen.

Aktivierung privaten Kapitals.

## 6 Ausgestaltung und Umsetzbarkeit

### 6.1 Eine politische Stellgröße

Die Höhe des eF unterliegt politischen Entscheidungen, ähnlich wie die EEG-Umlage. Sie lässt sich grundsätzlich nachjustieren. Änderungen sollten aber mit großem zeitlichen Vorlauf angekündigt werden, weil Investitionen in EE-Technik sehr oft eine lange Amortisationszeit haben. Wer heute im Vertrauen auf einen bestimmten eF investiert, sollte nicht in bereits 5 Jahren erfahren, dass der eF abgesenkt wird und seine Investition nun zum Teil unter die sehr viel komplizierteren Regeln des professionellen Strommarktes fällt. Erhöhungen des eF sollten dagegen leicht möglich sein.

### 6.2 Die richtige Höhe

Der eF soll private Investitionen in PV- und Windenergie-Anlagen in so großer Menge auslösen, dass die Energiewende größtmöglich beschleunigt wird. Betrachten wir dazu zunächst die Zielgruppe der Besitzer:innen der ca. 16 Mio. Eigenheime. Heutige Investitionen beschränken sich auf den Eigenbedarf an elektrischer Energie, der mit einer PV-Anlage von 5-10 kWp häufig abgedeckt ist [13]. Das Gesamtpotenzial von Dach und Fassadenteilen kann aber leicht 10 – 20 kWp betragen, je nach Lage und Größe des Objekts [8, S. 7][14, S. 83][15, S. 4].

Bei zwei Erwachsenen des Haushalts und damit zwei eF ist mit einer zusätzlichen Anreizwirkung also nicht bei 3, sondern eher bei 10 kWp pro Person auszugehen, die dem eF unterliegen. Bei etwa 900 kWh pro kWp an jährlichem Ertrag [16, S. 164] kommen wir so grob aufgerundet auf einen eF von 10 MWh pro Person und Jahr.

Diese Energiemenge kommt dem Eigenbedarf pro Person schon recht nahe, wenn auch Heizung und private Mobilität incl. gelegentlicher Flüge berücksichtigt werden [17, S. 9].

Sollten die Eigentümer es schaffen, 10 ct Gewinn pro verkaufter kWh zu erzielen (das ist ehrgeizig, denn vom Verkaufspreis gehen die Selbstkosten incl. Abschreibungen, die Netznutzungsentgelte und eventuelle Vermittlungs- und Abrechnungsgebühren ab), entspräche ein solcher eF einem geldwerten Vorteil von ca. 1000 €. Wer seinen eF verpachtet, sollte zumindest einige hundert Euro einnehmen können. Diese Beträge bewegen sich im Rahmen einiger steuerlicher Freibeträge oder sozialer Ausgleichszahlungen und sind vermutlich hoch genug für eine deutliche Anreizwirkung.

Falls tatsächlich alle eF zu entsprechenden EE-Ausbauten führen, entstehen bei ca. 60 Mio. Erwachsenen also 60 Mio. x 10 MWh = 600 TWh neue EE-Anteile – der deutsche Strommarkt würde sich mehr als verdoppeln und der größere Teil der Energiewende – zumindest bei der Energieerzeugung – wäre geschafft, allein durch

## Literatur

- [1] Umweltbundesamt. *Erneuerbare Energien in Zahlen*. 2020. URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/de\\_indikator\\_ener-04\\_erneuerbare-energien\\_2022-03-28\\_\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/de_indikator_ener-04_erneuerbare-energien_2022-03-28__0.pdf) (besucht am 26.01.2021).
- [2] Energy Watch Group, Thure Traber, Hans-Josef Fell und Franziska Simone Hegner. *100% Erneuerbare Energien für Deutschland bis 2030*. 2021. URL: [https://www.energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG\\_Studie\\_2021\\_100EE-fuer-Deutschland-bis-2030.pdf](https://www.energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_Studie_2021_100EE-fuer-Deutschland-bis-2030.pdf) (besucht am 29.06.2022).
- [3] Prof. Dr.-Ing. Dr.Ing. h.c. mult. Adolf J. Schwab. *Elektroenergiesysteme: Smarte Stromversorgung im Zeitalter der Energiewende*. 7. Aufl. Springer Berlin Heidelberg, 2022. ISBN: 978-3-662-64774-5.
- [4] Deutsches Architekturmuseum DAM. *Dialog im Museum #16: Transformation. Wie erneuerbare Energien unsere Stromnetze stärken*. 2022. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xmBHcZXv91U> (besucht am 05.07.2022).
- [5] Fraunhofer ISE und Dr. Harry Wirth. *Integrierte Photovoltaik – Flächen für die Energiewende*. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik.html> (besucht am 05.07.2022).
- [6] Statista GmbH. *Anzahl der Einfamilienhäuser\* in Deutschland in den Jahren 2001 bis 2020*. 2020. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/39010/umfrage/bestand-der-einfamilienhaeuser-in-deutschland-seit-2000/> (besucht am 29.06.2022).
- [7] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. *Erneuerbare Energien deckten im Jahr 2021 rund 42 Prozent des Stromverbrauchs*. 2021. URL: <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/erneuerbare-energien-deckten-im-jahr-2021-rund-42-prozent-des-stromverbrauchs/> (besucht am 29.06.2022).
- [8] Martin Lödl u.a. *Abschätzung des Photovoltaik-Potentials auf Dachflächen in Deutschland*. 2010. URL: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/969497/file.pdf> (besucht am 05.07.2022).
- [9] Umweltbundesamt. *Entwicklung des Stromverbrauchs*. 2022. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch> (besucht am 05.07.2022).
- [10] Bundesnetzagentur. *Fördersätze Solaranlagen - Anzulegende Werte für Solaranlagen Februar bis April 2022*. 2022. URL: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG\\_Registerdaten/ArchivDatenMeldgn/artikel.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/ArchivDatenMeldgn/artikel.html) (besucht am 29.06.2022).
- [11] Energieversum GmbH & Co. KG. *Einspeisevergütung 2022 – Informationen zur Einspeisevergütung für Photovoltaikanlagen*. 2022. URL: <https://www.energieversum.de/einspeiseverguetung-photovoltaik-anlage/> (besucht am 29.06.2022).
- [12] Patrick Stoy, Johannes Kaepfel und Prof. Dr. Heinz Werntges. *Automatisierte Direktvermarktung kleiner Mengen erneuerbarer Energien*. 1. Aufl. VDE ETG, 2021. ISBN: 978-3-8007-5549-3.
- [13] Bundesnetzagentur. *Marktstammdatenregister*. 2022. URL: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht> (besucht am 29.06.2022).
- [14] HMWEVW, Margrit Schaede und Marc Großklos. *Mehrfamilienhäuser als Passivhäuser mit Energiegewinn (PH+E)*. 2014. URL: [https://www.energieland.hessen.de/pdf/Bericht\\_Cordierstrasse\\_Teil\\_2.pdf](https://www.energieland.hessen.de/pdf/Bericht_Cordierstrasse_Teil_2.pdf) (besucht am 05.07.2022).
- [15] Urs Muntwyler u.a. *PV-Fassadenelemente auf allen vier Seiten eines Hochhauses: Beispiel für einen Markt für PV-Dünnschicht-Elemente?* 2011. URL: [http://www.pvtest.ch/Dokumente/Publikationen/158\\_PV-Duennschichtfassaden.pdf](http://www.pvtest.ch/Dokumente/Publikationen/158_PV-Duennschichtfassaden.pdf) (besucht am 05.07.2022).
- [16] Prof. Dr.-Ing. Konrad Mertens. *Photovoltaik*. 3. Aufl. Carl Hanser GmbH, 2015. ISBN: 978-3-446-44232-0.
- [17] Bundesnetzagentur. *Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Private Haushalte und Umwelt 2000 - 2019*. 2021. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/private-haushalte/Publikationen/Downloads/haushalte-umwelt-pdf-5851319.pdf> (besucht am 29.06.2022).