



EE-Rebound

Julika Weiß, Ivo Fehling, Swantje Gährs (IÖW)

Marktüberblick und Dienstleistungen für EE-Eigenversorgung und -Bezug

Arbeitspapier im Projekt EE-Rebound

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Sozial-ökologische
Forschung
BMBF



i | ö | w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

FCN | Future Energy Consumer
Needs and Behavior



E.ON Energy Research Center

RWTH AACHEN
UNIVERSITY



Fraunhofer
ISI

Impressum

Autor/innen:

Dr. Julika Weiß, Ivo Fehling, Dr. Swantje Gähns (IÖW)

Projektleitung:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin

www.ioew.de

Kooperationspartner:

RWTH Aachen

Templergraben 55, 52062 Aachen

www.fcn.eonerc.rwth-aachen.de

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

<http://www.isi.fraunhofer.de>

Der vorliegende Beitrag entstand im Forschungsprojekt „Rebound-Effekte durch Umstieg auf Erneuerbare Energien? – Untersuchung von Konsumenten und Prosumer-Haushalten“. Das Projekt ist Teil der Fördermaßnahme „Rebound-Effekte aus sozial-ökologischer Perspektive“, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Sozial-Ökologischen Forschung (SÖF).

Förderkennzeichen 01UT1705

Zitiervorschlag:

Julika Weiß; Ivo Fehling; Swantje Gähns (2019): Marktüberblick und Dienstleistungen für EE-Eigenversorgung und -Bezug, Arbeitspapier des Forschungsprojekts EE-Rebound.

Für nähere Informationen zum Projekt: www.ee-rebound.de

Berlin, September 2019

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



i | ö | w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

FCN | Future Energy Consumer
Needs and Behavior



RWTH AACHEN
UNIVERSITY

Fraunhofer
ISI

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einführung | 5 |
| 2 | Varianten der EE-Erzeugung und des EE-Bezugs | 7 |
| 2.1 | Bezug und Erzeugung von EE-Strom und -Wärme..... | 7 |
| 2.1.1 | Photovoltaik (PV) | 8 |
| 2.1.2 | Blockheizkraftwerk (BHKW) | 10 |
| 2.1.3 | Biomasseheizung | 12 |
| 2.1.4 | Solarthermie (ST) | 13 |
| 2.1.5 | Wärmepumpe | 14 |
| 2.1.6 | Bezug von Ökostrom | 14 |
| 2.1.7 | Bezug von EE-Gasen und Bio-Heizöl..... | 16 |
| 2.1.8 | Bezug von EE-Nah- und Fernwärme..... | 16 |
| 2.1.9 | Kleinwind- und -wasserkraftanlagen..... | 17 |
| 2.2 | Monetäre Effekte des Umstiegs auf EE | 17 |
| 2.3 | Fazit | 21 |
| 3 | Dienstleistungsangebote und deren Einfluss auf die Kostenstrukturen | 24 |
| 3.1 | Dienstleistungsmodule | 24 |
| 3.2 | Relevante Dienstleistungsangebote | 26 |
| 3.2.1 | Angebote zur Vermarktung..... | 26 |
| 3.2.2 | Contracting | 29 |
| 3.2.3 | Unterstützung Energiemanagement..... | 30 |
| 3.3 | Fazit | 30 |
| 4 | Politische Rahmenbedingungen | 32 |
| 4.1 | Förderung über EEG | 32 |
| 4.2 | Steuern und Abgaben..... | 34 |
| 4.3 | Förderprogramme..... | 35 |
| 4.4 | Ordnungsrecht: EnEV, EEWärmeG und EWärmeG | 37 |
| 4.5 | Fazit | 40 |
| 5 | Literaturverzeichnis | 42 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1.1: Mechanismen und Arten von Rebound-Effekten..... | 5 |
| Abbildung 2.1: Kurzdarstellung der zentralen Varianten der PV-Erzeugung | 8 |
| Abbildung 2.2: Entwicklung der Einspeisevergütung, der PV-Stromgestehungskosten und des Strompreises | 9 |
| Abbildung 3.1: Dienstleistungsmodul für Prosumer..... | 25 |
| Abbildung 4.1: Zusammensetzung des Strom- und Gaspreis 2018 | 34 |
| Abbildung 4.2: Erfüllungsmix für das EWärmeG im Wohn-Bestand im Jahr 2017 | 40 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 2.1: EFH: Wärmegestehungskosten dezentraler Heizungssysteme mit und ohne Berücksichtigung von Förderung..... | 18 |
| Tabelle 2.2: Wärmegestehungskosten dezentraler Heizungssysteme bei ausschließlicher Betrachtung der laufenden Kosten..... | 19 |
| Tabelle 2.3: Vergleich der Höhe der Investitionskosten dezentraler Heizungsanlagen | 19 |
| Tabelle 2.4: Vergleich der Stromgestehungskosten und Investitionskosten von PV-Eigenverbrauchsanlagen | 20 |
| Tabelle 2.5: Vergleich der Strombezugskosten für Haushalte bei Misch- und bei Ökostrom | 21 |
| Tabelle 2.6: Einengung der Varianten anhand ihrer Relevanz | 22 |
| Tabelle 3.1: Cloud- und Community-Tarife für PV-Prosumer..... | 28 |
| Tabelle 3.2: Genutzte Dienstleistungsmodul bei Dienstleistungsangeboten für Prosumer..... | 31 |
| Tabelle 4.1: PV-Vergütungssätze bei fester Einspeisevergütung nach EEG 2017..... | 33 |
| Tabelle 4.2: Zuschüsse für Speicher auf Bundesebene und in den Bundesländern.... | 36 |
| Tabelle 4.3: Pflichtanteile nach EEWärmeG und EWärmeG zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs | 37 |
| Tabelle 4.4: Ersatzmaßnahmen nach EEWärmeG und EWärmeG | 38 |
| Tabelle 4.5: Gemeldete Erfüllungsoptionen für das EEWärmeG in Wohn-Neubauten mit Baugenehmigung und im Jahr 2014..... | 39 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|--|
| AbLaV | Verordnung zu abschaltbaren Lasten |
| AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. |
| BAFA | Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle |
| BDEW | Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. |
| BDH | Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| BMWi | Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie |
| BNetzA | Bundesnetzagentur |
| BSH | Zentrum für erneuerbare Energien |
| BSW | Bundesverband Solarwirtschaft e.V |
| BW | Brennwertnutzung |
| BWK | Brennwertkessel |
| ct | Cent |
| DBFZ | Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH |
| DGRV | Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e. V. |
| DGS | Deutschen Gesellschaft für Solarenergie |
| DL | Dienstleistung |
| EE | Erneuerbaren Energien |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| EEWärmeG | Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz |
| EFH | Ein- und Zweifamilienhäuser |
| EHZ | elektrischer Heizstab |
| EnBW | Energie Baden-Württemberg AG |
| EnergieStG | Energiesteuergesetz |
| EnEV | Energieeinsparverordnung |
| EUWID | Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH |
| EV | Eigenverbrauch |
| EVU | Energieversorgungsunternehmen |
| EWärmeG | Erneuerbare-Wärme-Gesetz |
| EWS | Elektrizitätswerke Schönau |
| EZFH | Ein- und Zweifamilienhäuser |
| FNR | Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. |
| GSL | Grüner Strom Label |
| GW | Gigawatt |
| GWh | Gigawattstunde |
| HKN | Herkunftsnachweise |
| HP | Holzpelletkessel |
| ISE | Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme |
| IWU | Institut Wohnen und Umwelt GmbH |
| KAV | Konzessionsabgabenverordnung |
| KfW | Kreditanstalt für Wiederaufbau |
| kW | Kilowatt |
| kWh | Kilowattstunde |
| KWK | Kraft-Wärme-Kopplung |
| KWKG | Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz |
| MAP | Marktanreizprogramm |
| MFH | Mehrfamilienhaus |
| NRW | Nordrhein-Westfalen |
| NTK | Niedertemperaturkessel |
| PA | Partikelabscheidung |

| | |
|----------|---|
| PPA | Power Purchase Agreements |
| PV | Photovoltaik-Anlage |
| PVT | Photovoltaisch-thermischer Solarkollektor |
| ST | Solarthermie |
| StBA | Statistisches Bundesamt |
| StromNEV | Stromnetzentgeltverordnung |
| StromStG | Stromsteuergesetz |
| sWW | solare Warmwasserbereitung |
| TW | Trinkwasser |
| TWh | Terawattstunde |
| UBA | Umweltbundesamt |
| UmStG | Umsatzsteuergesetz |
| WP | Wärmepumpe |
| Wp | Watt-Peak |

1 Einführung

Ziel des **Marktüberblicks** ist es darzustellen, welche Möglichkeiten zur Eigenerzeugung und zum Bezug von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien (EE) für Haushalte bestehen. Dabei werden jeweils die Bedeutung der Optionen am Markt, die Kostenstrukturen sowie die relevanten Dienstleistungsangebote rund um die unterschiedlichen Möglichkeiten dargestellt. Basierend auf dem Überblick werden einzelne Optionen für eine Vertiefung im vorliegenden Vorhaben ausgewählt. Die Auswahl basiert dabei zum einen auf der (potentiellen) Bedeutung der Option, zum anderen auf einer ersten Einschätzung, ob diese Erzeugungs- oder Bezugsmöglichkeit besonders anfällig für (monetäre) Rebound-Effekte ist. Neben einem Überblick über die Möglichkeiten zur EE-Erzeugung und zum EE-Bezug werden auch die am Markt befindliche Dienstleistungsangebote analysiert, die die Kostenstrukturen beeinflussen können. Abschließend widmet sich das Arbeitspapier den zentralen politischen Rahmenbedingungen für die EE-Erzeugung und den EE-Bezug aus Sicht von Privathaushalten. Diese beeinflussen ebenfalls die Kostenstrukturen, zudem haben sie auch einen Einfluss darauf, wie der EE-Bezug oder die Installation einer EE-Anlage in Beziehung zu Effizienzstandards steht. Der Fokus bei den Dienstleistungen und Rahmenbedingungen liegt auf den für die Vertiefung ausgewählten Optionen zum EE-Bezug oder zur EE-Erzeugung.

Der Umstieg auf **erneuerbare Energien** ist im engeren Sinn keine Energieeffizienzmaßnahme, führt aber ebenfalls zur Reduktion des fossilen Energieverbrauchs und somit zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs. Verbrauchen die Haushalte im Nachgang mehr Energie als vorher – oder sind weniger motiviert Effizienzmaßnahmen zu ergreifen als ohne den Umstieg – so können die positiven Umwelteffekte abgeschwächt werden: Dieser Effekt wird im vorliegenden Projekt als Rebound-Effekt bezeichnet.

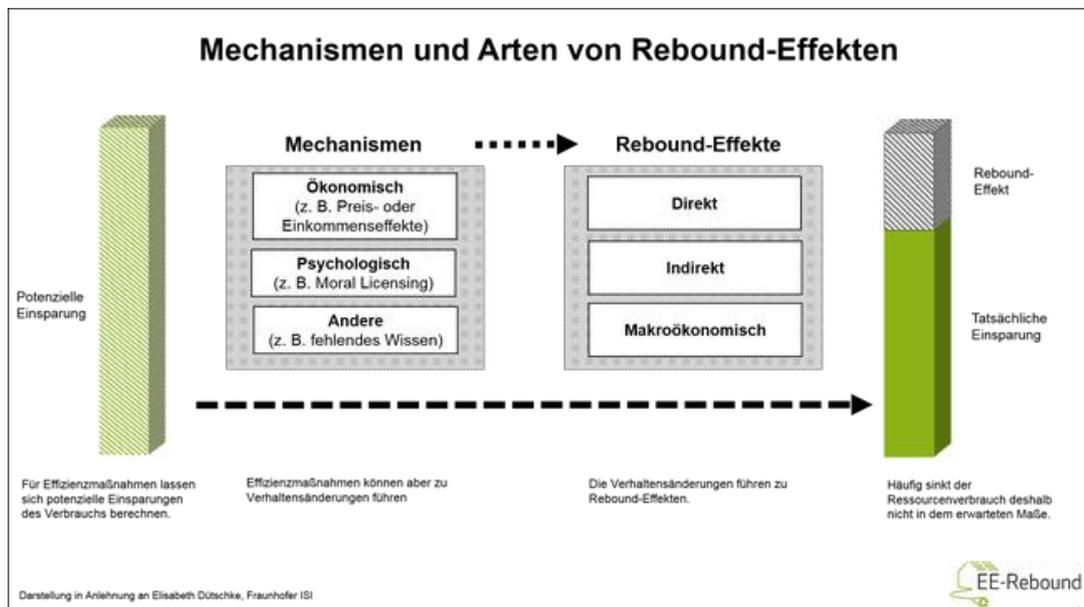


Abbildung 1.1: Mechanismen und Arten von Rebound-Effekten

Quelle: www.ee-rebound.de; in Anlehnung an Elisabeth Dütschke, Fraunhofer ISI

Für **Rebound-Effekte** gibt es verschiedene Erklärungsansätze. Besonders häufig genannt werden monetäre Gründe: Wenn Verbraucherinnen oder Verbraucher Strom sparen, reduzieren sich ihre Ausgaben und es wird Geld eingespart. Mit diesem Geld können sie mehr vom gleichen oder weitere Produkte konsumieren. Dies nennt man bei direkten Rebound-

Effekten Preiseffekt: für dasselbe Geld kann mehr Energie konsumiert werden. Bei indirekten Rebound-Effekten handelt es sich um Einkommenseffekte – das Einkommen steigt, es können mehr Güter nachgefragt werden. Die Höhe des Rebound-Effekts hängt bei monetären Effekten also von der Veränderung der Kostenstrukturen ab. Diese unterscheiden sich sehr zwischen den unterschiedlichen Arten des EE-Bezugs und der EE-Erzeugung.

Rebound-Effekte lassen sich jedoch nicht nur monetär erklären. Neben ökonomischen Aspekten werden Rebound-Effekte auch mit psychologischen und anderen Gründen erklärt. So kann der Mehrverbrauch mit einem Gute-Gewissen-Effekt begründet werden, dem sogenannten „Moral Licensing“. Ein weiterer Grund für Rebound-Effekte kann fehlendes Wissen im Umgang mit energieeffizienten Geräten oder Technologien sein, so dass die Effizienzpotenziale nicht voll ausgeschöpft werden. Rebound-Effekte sind somit nicht nur über Veränderungen von Kosten erklärbar, sondern auch von der wahrgenommenen ökologischen Vorteilhaftigkeit oder von der Fehleranfälligkeit und Komplexität der Technologien.

Grundsätzlich kommen bei einem Umstieg auf EE dieselben Gründe für Rebound-Effekte in Betracht wie bei Effizienzmaßnahmen. Allerdings führt der Umstieg auf erneuerbare Energien häufig nicht zu einer Reduktion der (laufenden) Kosten. Ob es zu Kosteneinsparungen kommt, hängt unter anderem davon ab, ob der Haushalt die erneuerbare Energie selbst erzeugt oder ob er sie beim Energieanbieter einkauft – also ob es sich um einen Prosumer- oder einen Konsumentenhaushalt handelt. Wenn sich ein Haushalt dafür entscheidet, Strom aus erneuerbaren Energie oder Wärme selbst zu erzeugen, sind hohe Anfangsinvestitionen notwendig, die laufenden Kosten hingegen sinken meist. Damit kann der Anreiz zum Energiesparen sinken. Entscheidet sich ein Konsumentenhaushalt dafür, Ökostrom zu beziehen, so ist dies in der Regel mit höheren laufenden Kosten verbunden, der finanzielle Anreiz Energie einzusparen steigt also, und es wäre wenn dann ein „negativer Rebound-Effekt“ zu erwarten, der hier als Suffizienz bezeichnet wird.

Der Umstieg zu einem EE-Bezug oder einer EE-Erzeugung kann teilweise mit **monetären Rebound-Effekten** in Verbindung gebracht werden. Beim nachfolgenden Marktüberblick wird der Schwerpunkt auf Kostenstrukturen und die daraus resultierenden monetären Rebound-Effekte gelegt. Dabei können zunächst die spezifischen Kosten, also die Gesamtkosten je Verbrauchseinheit, verglichen werden. Da jedoch viele Verbraucherinnen und Verbraucher keine Vollkostenbetrachtung machen, ist es sinnvoll, zwischen den (einmaligen) Investitionskosten und den laufenden Kosten zu unterscheiden. Die laufenden Kosten teilen sich wiederum auf in betriebsgebundene Kosten und verbrauchsgebundene Kosten. Nur letztere sind – wie der Name sagt – abhängig von der Höhe des Verbrauchs.

Hinsichtlich der monetären Rebound-Effekte stellt sich nun die Frage, durch welche Kostenkomponente diese verursacht werden. Es wird hier von der Annahme ausgegangen, dass Veränderungen bei den Gesamtkosten sowie der Höhe der Investitionskosten eher als Einkommenseffekte wirken, da der Zusammenhang zum Verbrauch gering ist. Dagegen wirken sich Änderungen bei den laufenden Kosten und insbesondere bei den verbrauchsgebundenen Kosten unmittelbar als Preiseffekt aus, da hier Kostenveränderungen entstehen, wenn sich die Höhe des Verbrauchs ändert. Selbst wenn die Gesamtkosten bei einem Technologiewechsel gleich bleiben kann es deshalb durch eine Verlagerung von laufenden Kosten auf Investitionskosten zu Rebound-Effekten kommen, da die (wahrgenommene) Kosten je verbrauchter Einheit geringer werden.

2 Varianten der EE-Erzeugung und des EE-Bezugs

Für den Überblick werden zunächst alle relevanten Technologien, die bei der Erzeugung und beim Bezug von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien für Haushalte zum Einsatz kommen, dargestellt. Für jede Technologie erfolgt eine allgemeine Beschreibung, bei der die spezifischen Anwendungsoptionen, Verbreitung und potenzielle Verbreitung sowie Kostenstruktur umrissen wird. Die betrachteten Technologien sind Photovoltaik-Anlagen (PV), Kleinwind- und –wasserkraftanlagen, kleine Blockheizkraftwerke (BHKW) für die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme, die Wärmeerzeugung mit Solarthermie (ST), Biomasse oder Wärmepumpen. Daneben werden der Bezug von Ökostrom, EE-Gasen und Bio-Heizöl sowie EE-Nah- und Fernwärme analysiert. Für viele der Technologien gibt es Zusatzoptionen in der Nutzung, die als Varianten detaillierter betrachtet werden (z. B.: PV + Eigenverbrauch). Auch auf dieser Variantenebene werden die Verbreitung und die Kostenstruktur betrachtet. Auf Variantenebene wird zudem die Bedeutung von Dienstleistungsangeboten herausgestellt, sodass diese im weiteren Verlauf genauer analysiert werden können.

Abschließend wird ein Überblick über die bestehenden Varianten gegeben und Implikationen für monetäre Rebound-Effekte aufgezeigt. Basierend darauf werden einzelne Optionen ausgewählt um sie im weiteren Projektverlauf vertiefend zu untersuchen (Einengung der Varianten).

2.1 Bezug und Erzeugung von EE-Strom und -Wärme

Haushalte haben unterschiedliche Möglichkeiten zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien sowie zum Bezug von EE-Strom und Wärme. Diese Optionen werden in den folgenden Unterkapiteln genauer dargestellt. Vertiefend untersucht werden dabei Prosumer-Haushalte, die Strom und/oder Wärme aus erneuerbaren Energien für den Eigenverbrauch erzeugen (**EE-Prosumer/-Eigenerzeuger**). Zusätzlich werden auch Haushalte betrachtet, die EE-Strom oder Wärme beziehen (**EE-Konsumenten/-Bezieher**).

Die **Kostenstrukturen** der betrachteten Varianten werden mit Referenzfällen verglichen: Hierfür wird wärmeseitig die Erzeugung von Wärme in einem mit fossilem Erdgas oder Erdöl befeuerten Kessel gewählt. Beim Strom ist der Referenzfall der Bezug von Graustrom. Die generellen Strom- und Brennstoffbezugskosten ergeben sich aus verbrauchsabhängigen Kosten (Arbeitspreis €/kWh) und fixen Kosten (Grundpreis €/Monat oder einmaliger Lieferpauschale). Hinzu kommen ebenfalls als fixe Kosten Investitionskosten für den Kauf und die Installation der Anlage oder den Anschluss an ein Wärmenetz. Je nach Art der Energieerzeugung können die fixen Kosten einen geringen bis großen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen.

Neben den Kostenstrukturen wird auch die **Marktrelevanz** der Optionen dargestellt. Insgesamt gibt es in Deutschland etwa 41 Millionen Haushalte in 18 Millionen Wohngebäuden (LSN 2014). Statistisch gesehen hat jeder Haushalt mindestens einen Zählpunkt für Strom (BNetzA 2018). Üblicherweise beziehen Haushalte Strom über einen Zählpunkt, der von einem Energieversorger beliefert wird. Zur Wärmeerzeugung sind rund 32 Millionen Feuerungsanlagen installiert. Der Großteil der Gebäude verfügt über eine eigene Feuerungsanlage zur Wärmeerzeugung. In zwei Drittel der Anlagen wird Öl oder Gas verbrannt. Rund ein

Drittel kann für Festbrennstoff, wie Holz, verwendet werden (Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2018).

2.1.1 Photovoltaik (PV)

Im Jahr 2017 wurden in Deutschland fast 40 TWh Strom durch PV-Anlagen erzeugt. Dies waren rund 18 % des EE-Stroms und 6,6 % des gesamten Stromverbrauchs (BMWi 2018). Installiert waren bis Ende 2018 rund 1,7 Millionen PV-Anlagen 2018 (BSW-Solar 2019a). Dabei handelt es sich überwiegend um eher kleine Dachanlagen: Nach der Wohngebäudeerhebung des IWU im Jahr 2016 war an oder auf 8,4 % der Wohngebäude eine PV Anlage installiert. Bei rund 18 Mio. Wohngebäuden entspricht dies einer Anzahl von 1,5 Mio. PV-Anlagen¹. Insgesamt waren 2016 sogar 20,0 % der Wohngebäude mit einer Solaranlage ausgestattet (14,4 % haben eine Solarthermieanlage, tlw. in Kombination mit der PV-Anlage; siehe auch Kapitel 2.1.4) (Cischinsky und Diefenbach 2018). Die Anteile von Gebäuden mit PV-Anlage unterscheiden sich deutlich je nach Gebäudetyp und Region:

- Besonders viele Anlagen sind auf neueren Gebäuden (Baujahr vor 1979 5,8 %, 1979-2009 11,2 %, ab 2010 16,2 %).
- Ein- und Zweifamilienhäuser (9,2%) haben häufiger PV-Anlagen als Mehrfamilienhäuser (4,6%).
- Der Anteil ist im Süden und Westen höher (alte Bundesländer Süd 11,9 %, alte Bundesländer Nord 6,7 %) als im Nordosten (neue Bundesländer 3,3 %).

Die Installation einer PV-Anlage durch private Haushalte ist abhängig von der Verfügbarkeit nutzbarer Flächen auf oder am Gebäude. Gute Voraussetzungen sind Dachflächen mit Südausrichtung, die zusammenhängend verwendet werden können. Die Südausrichtung bringt einen größtmöglichen absoluten PV-Stromertrag, eine zusammenhängende Dachfläche verringert die Installationskosten. Eine Ost-West-Ausrichtung kann aber für Prosumer mit Eigenverbrauch wirtschaftlich auch interessant sein, da die Stromerzeugung am Morgen und Abend mit dem Stromverbrauch zusammenfällt. Die Kombination von Anlagenbetrieb und Eigentum der Fläche in derselben Person reduziert den Aufwand an Transaktionen mit Dritten. Für die Installation ist zudem die Finanzierung der Anlage zu klären.

| | Eigenverbrauch? | Stromspeicher? | EEG-Vergütung? | Sektorkopplung? |
|--|------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| PV-V1 Vollständige Einspeisung in das öffentliche Netz und EEG | Nein (Vollständige Einspeisung) | Nein | Ja | Nein |
| PV-V2 Eigenverbrauch | Ja | Ja/Nein | Ja/Nein | Ja/Nein |
| PV-V3 Stecker-PV mit Einspeisung in das Wohnungsnetz | Ja | Ja/Nein | Nein | Ja/Nein |

Abbildung 2.1: Kurzdarstellung der zentralen Varianten der PV-Erzeugung

Prinzipiell gibt es für Haushalte zwei Grundkonzepte für die Nutzung des Stroms aus klassischen PV-Anlagen: die vollständige Einspeisung in das öffentliche Netz oder der Eigenverbrauch (wobei in der Regel ein Teil ins Netz eingespeist oder anders vermarktet wird). Ein drittes Konzept sind sogenannte Stecker-PV-Anlagen (s. Abbildung 2.1).

¹ Berücksichtigt wurden hier auch Solaranlagen auf angrenzenden Schuppen und Garagen.

Bei der **vollständigen Einspeisung** in das öffentliche Netz wird die PV-Anlage üblicherweise über die im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegte Vergütung refinanziert. Die vollständige Einspeisung trifft vor allem auf ältere Anlagen zu. Einerseits aufgrund sinkender Preise für PV-Anlagen und damit sinkender Stromgestehungskosten und andererseits wegen der stark sinkenden Einspeisevergütungen wurde die Nutzung des selbst erzeugten Stroms immer lukrativer (Aretz et al. 2017), sodass mittlerweile Eigenverbrauchs-konzepte standardmäßig zum Einsatz kommen. In Abbildung 2.2 zeigt sich die Grid-Parity (Stromgestehungskosten = Strombezugspreis) für Haushaltskunden mit kleineren Anlagen etwa seit dem Jahr 2011 oder 2012. Seit 2013 liegt die Vergütung unter den Strombezugspreis, so dass Eigenverbrauch lohnender als Einspeisung ist.

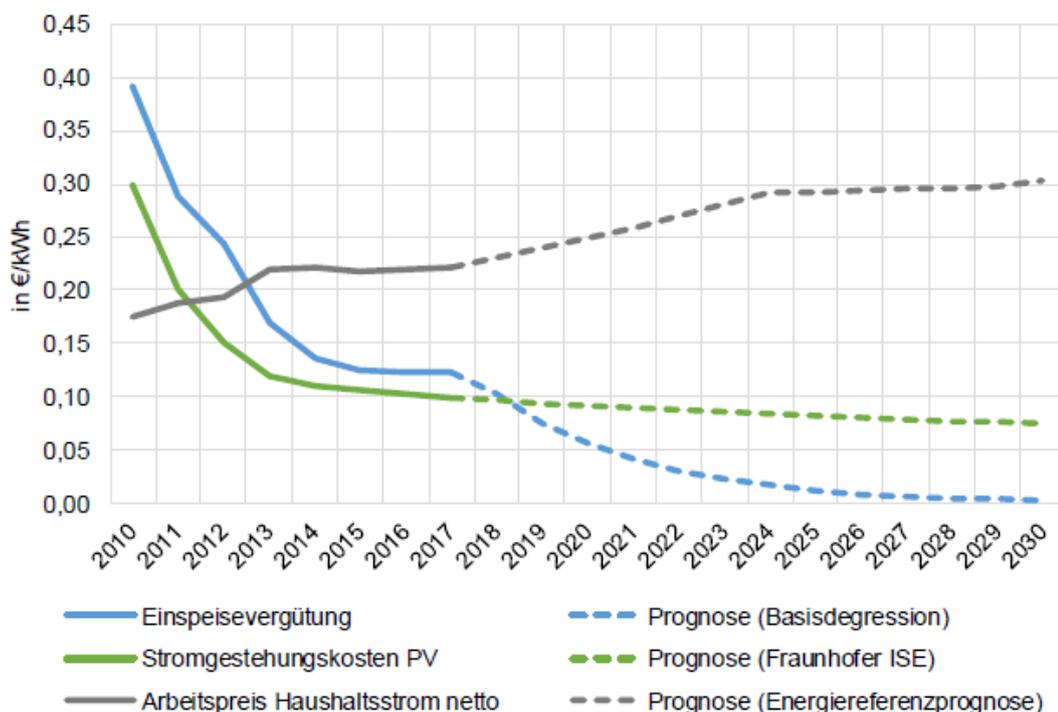


Abbildung 2.2: Entwicklung der Einspeisevergütung, der PV-Stromgestehungskosten und des Strompreises

Quelle: Aretz et al. (2017)

Der Eigenverbrauch ist zudem für ältere Anlagen interessant, die ihren EEG-Förderzeitraum ausgeschöpft haben und weiterhin betriebsbereit sind. Solche Post-EEG-Anlagen wird es in den kommenden Jahren immer mehr geben, da die ersten EEG-Anlagen um das Jahr 2000 in Betrieb gegangen sind und die Förderung nach 20 Jahren endet.

Sobald PV-Anlagen mit **Eigenverbrauch** betrieben werden, ergeben sich für diese weitere Betriebsvarianten durch die Einbindung zusätzlicher Systemkomponenten. Dabei kann es sich um die Einbindung eines Stromspeichers oder um sektorübergreifende Konzepte handeln – beispielsweise mit einer Wärmepumpe, einem Heizstab, einem Elektroauto oder E-Bike. In den vergangenen Jahren hat sich die Bedeutung von Stromspeichern stark erhöht. So stieg die Anzahl der PV-Speicher von unter 5.000 im Jahr 2013 auf etwa 85.000 im Jahr 2017 (Figgenger et al. 2018). Im Vergleich zu den insgesamt 1,7 Mio. installierten PV-Anlagen ist diese Zahl aber immer noch gering.

Neben der Vergütung über das EEG bleibt es Anlagenbetreiberinnen und -betreibern frei gestellt ihren Strom außerhalb des EEGs zu vermarkten. Sie können eigene Stromlieferer-

träge schließen oder mit Energiedienstleistern zusammenarbeiten, die die für die Vermarktung nötigen Abrechnungs- und Bilanzierungsaufgaben übernehmen. Da die eigenständige Stromvermarktung ganz ohne Direktvermarkter oder Dienstleister rechtlich eine Anmeldung als eigener Energieversorger erfordert ist diese sehr unüblich.

PV-Anlagen, die über eine Steckdose direkt mit dem Wohnungsnetz verbunden werden, sind ein Konzept, das auch von Mieter-Haushalten oder Wohnungseigentümerinnen und -eigentümern genutzt werden kann. Neben **Stecker-PV** sind solche Anlagen auch als Mikro-PV, Balkonkraftwerke, Guerilla-PV oder Plug-in-PV bekannt. Im Stecker-PV-Segment werden öffentliche Zahlen nicht dezidiert erfasst. Die Arbeitsgruppe PVplug der Deutschen Gesellschaft für Solarenergie (DGS) bezieht sich auf Herstellerangaben und gibt in einem Artikel von 2016 die Zahl für Deutschland mit über 20.000 Stecker-Solar-Geräten an (DGS 2016). Burckhardt und Pehnt (2017) schätzen die jährlichen Verkaufszahlen auf 3.000 bis 10.000. Ihre Leistung liegt in der Regel zwischen 200 und 750 Wp. Das technische Potenzial für Anlagen auf etwa 10 Millionen Balkonen und Terrassen wird in Deutschland mit etwa vier Gigawatt (GW) Leistung benannt (Nakazi und Loch 2016). Der Eigenverbrauchsanteil von solchen Anlagen unterscheidet sich je nach Anlagengröße und Lastprofil der Haushalte.

Bei den **Kosten** ergeben sich zum Zeitpunkt der Errichtung der PV-Anlage hohe Einmalzahlungen, die umso höher ausfallen, je mehr Systemkomponenten, beispielsweise zur Stromspeicherung und Sektorkopplung (zum Beispiel Betrieb einer Wärmepumpe oder Laden eines E-Bikes), integriert werden. Nach der Investition ist wegen der geringen laufenden Kosten der Eigenverbrauch monetär sehr reizvoll und direkter Mehrverbrauch lohnt sich bis zur Eigenverbrauchsgrenze im Vergleich zum Strombezug. Gleichzeitig entgehen den Haushalten aber für den nicht eingespeisten Strom die Einspeisevergütungen. Der Eigenverbrauch ist durch die Ungleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch limitiert. Durch einen Stromspeicher oder mit Sektorkopplung kann deshalb die Menge des selbst genutzten Stroms erhöht werden. Wird PV-Strom nicht im Eigenverbrauch genutzt und vollständig in das Netz eingespeist, hat diese Form der Eigenerzeugung keinen direkten monetären Einfluss auf den Energiebezug. Energie wird wie zuvor vollständig von einem Versorger bezogen.

In den laufenden Kosten einer PV-Anlage schlagen sich bei einer Fremdfinanzierung auch die Kreditkosten nieder. Auch wenn so die laufenden Kosten steigen, lohnt sich dennoch ein hoher Eigenverbrauch, da die Kreditkosten nicht mit dem Eigenverbrauch steigen. Stecker-PV-Anlagen haben üblicherweise einen Kostenumfang, für den eine Fremdfinanzierung nicht nötig ist.

Mit der zunehmenden Digitalisierung sind in den letzten Jahren eine Vielzahl neuer und innovativer **Energiedienstleistungen** für Haushalte und Prosumer, die eine PV-Anlage betreiben, entstanden. Die Dienstleistungsangebote reichen von einer reinen Belieferung mit Strom (Stromversorger), über die Finanzierung und Errichtung der PV-Anlage und von Systemkomponenten und deren Betrieb und Steuerung bis zu Abrechnungs- und Vermarktungsdienstleistungen. Oft wird eine Mischung aus diesen Dienstleistungsmodulen angeboten, für die individuelle Geschäftsmodelle berechnet werden (s. Kapitel 3.2). Welche monetäre Wirkung sich dadurch für die Haushalte ergeben, ist stark von der Ausgestaltung eines jeweiligen Geschäftsmodelles abhängig.

2.1.2 Blockheizkraftwerk (BHKW)

Die Erzeugung von Strom und Wärme in einer maschinellen Einheit wird als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet. Kompakte Ausführungen von KWK-Anlagen werden häufig

Blockheizkraftwerke (BHKW) genannt. Für private Haushalte in Ein- und Zweifamilienhäusern kommen sie üblicherweise mit einer elektrischen Leistung von etwa 1 kW zum Einsatz und werden aufgrund der geringen Leistung auch unter dem Begriff Nano-BHKW geführt. Zudem wird ganz allgemein noch der Leistungsbereich in Mikro-BHKW (bis etwa 2 kW_{el}) und Mini-BHKW (bis etwa 20 kW_{el}) unterschieden (Klotz et al. 2014). Mikro- und Mini-BHKWs werden beispielsweise in die Versorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern eingebunden. Diese Einteilung wird in Fachkreisen nicht einheitlich geführt².

Nach der Erhebung zum Wohngebäudebestand durch das IWU hatten 2016 nur rund 0,2 % der Wohngebäude ein BHKW (Cischinsky und Diefenbach 2018). Das wären rund 36.000 in Wohngebäuden installierte Anlagen. Eine Statistik über die nach dem KWK-Gesetz (KWKG) vergüteten Anlagen führt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (BAFA 2019). Darin werden seit 2009 jährlich neu zugelassene Anlagen mit Anlagengröße erfasst. Ausgewertet wurde die von 2009 bis 2018 installierten Anlagen in den Leistungsklassen bis 2 kW_{el} und von 2 bis 10 kW_{el}. Es wurden rund 11.000 Anlagen mit einer Leistung von unter 2 kW zugelassen (Leistung im Schnitt ca. 1 kW). Im Leistungsbereich bis 10 kW waren es rund 21.000 Anlagen und mit einer durchschnittlichen Leistung von 5,5 kW.

Darüber hinaus gibt es noch Biomasse-BHKWs, die über das EEG gefördert werden. Für private Haushalte haben diese Anlagen aufgrund ihrer Größe jedoch nur eine geringe Relevanz (Scheffelowitz und Thrän 2016). Die bei der Bundesnetzagentur registrierten Biomasse-Anlagen bis zu der Leistungsgrenze von 30 kW liegt bei unter 500 Anlagen (BNetzA 2019a). Der Einsatz erneuerbarer Energien im BHKW-Bereich für private Haushalte zeigt sich innerhalb des EEGs begrenzt.

Der wirtschaftliche Betrieb eines BHKWs ist abhängig von mehreren Faktoren. Wesentliche Einflussgrößen sind die Investitionskosten, der Wärmebedarf des Gebäudes, die Erlöse für Strom und ggf. Wärme, die Anzahl der Volllaststunden sowie Instandhaltungs- und Brennstoffkosten. Auch wenn hohe einmaligen Kosten entstehen und der eingesetzte Brennstoff effizient zum Einsatz kommt, sind die laufenden Kosten weiterhin hoch und durch den Brennstoffbedarf und die variierenden Brennstoffkosten bestimmt. Direkter Mehrverbrauch lohnt sich bis zur Eigenverbrauchsgrenze. Als Varianten können theoretisch verschiedene zusätzliche Systemeinheiten mit einem BHKW verknüpft werden. So kann ein Strom- oder Wärmespeicher eingesetzt werden, um mehr Spielraum, beispielsweise beim Eigenverbrauch, zu haben und Erzeugung und Verbrauch voneinander zu entkoppeln.

Der Betrieb von BHKWs kann nach dem Wärme- oder dem Strombedarf ausgelegt werden. In der Praxis wird der Betrieb von KWK-Anlagen meist so gestaltet, dass die Anlage sowohl strom- als auch wärmeseitig den größtmöglichen wirtschaftlichen Ertrag abwirft. Deshalb richtet sich die Auslegung häufig nach dem Wärmebedarf und der sommerlichen Mindestlast um hohe Volllaststunden zu erreichen (Klotz et al. 2014). Stromerlöse können erzielt werden, wenn dieser vom Erzeuger verbraucht oder nach dem KWKG oder EEG vergütet wird. Wird ein BHKW rein nach dem Stromerlös betrieben, so kann es dazu kommen, dass für die Wärme zu manchen Zeiten kein Bedarf besteht. Dadurch ist eine Wärmenutzung über den ursprünglichen Bedarf hinaus denkbar.

Als Dienstleistungen im KWK-Bereich werden vor allem Contracting-Modelle angeboten. Dabei wird die Errichtung, Wartung und Instandhaltung von einem sogenannten Contractor übernommen und Wärme und Strom an die Verbraucherinnen und Verbraucher verkauft.

² <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/blockheizkraftwerk-kraft-waerme-kopplung/mini-bhkw/> (letzter Zugriff am 18.09.2019)

Diese Angebote richten sich eher an Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude und weniger an einzelne Haushalte.

2.1.3 Biomasseheizung

Biomasse liefert aktuell den größten Beitrag zur erneuerbaren Wärmeversorgung: Im Jahr 2017 kamen 87 % der EE-Wärme aus Biomasse (BMWi 2018). Biomasseheizungen gibt es für private Haushalte als Biomassekessel und Einzelraumheizungen. Biomasseheizkessel laufen meist als zentrale Wärmeerzeuger und im hohen Maße automatisiert. In privaten Haushalten kommen hauptsächlich Pellet-, Scheitholz- und Hackschnitzelkessel zur Anwendung. Zudem gibt es Kombikessel, die mit Pellets und Scheitholz befeuert werden. Einzelraumheizungen werden häufig zusätzlich zu einer zentralen Heizungsanlage installiert. Auch hier gibt es verschiedene technische Ausführungen: Kamin-, Kachel-, Speicher- und Pelletöfen sowie Heizkamine und Herde. Die Einzelraumheizungen können teilweise auch in ein zentrales Heizsystem integriert werden.

Nach den jährlichen Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks gab es 2017 etwa 11 Millionen Einzelraumfeuerstätten wie Kamin- und Kachelöfen (Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2018). Zentrale Biomassekessel werden auf etwa 800.000 beziffert (BDH 2018). Von den Wohngebäuden in Deutschland verfügten 5,3 % im Jahr 2016 eine zentrale Biomasseheizung (Cischinsky und Diefenbach 2018). Hinzu kommen 1,1 % mit dezentralen Biomasse-Öfen als Hauptheizung. Beide Technologien sind überwiegend in Ein- und Zweifamilienhäusern zu finden.

co2online hat in einer Studie Holz-Zusatzheizungen genauer untersucht (Köhler et al. 2018). Die Studie umfasste eine Auswertung von Daten von Nutzerinnen und Nutzern sowie deren Befragung. Dabei wurde festgestellt, dass die Zusatzholzheizungen für die Wärmebereitstellung sehr relevant waren und im Schnitt ein Drittel der Wärme für die Beheizung der Gebäude bereitstellten. Bei fast einem Viertel der Gebäude war der Endenergieverbrauch der Zusatzheizung sogar höher als der des zentralen Heizsystems – die Zusatzheizung war also die primäre Heizung. Zudem stellten Köhler et al. (2018) fest, dass in Gebäuden mit Holz-Zusatzheizung im Schnitt 18 % mehr Wärme verbraucht wird als in den anderen Gebäuden. Damit liegt der Schluss nahe, dass die Holzzusatzheizungen insgesamt zu einer höheren Nachfrage nach Energie führen. Der Primärenergieverbrauch ist jedoch dennoch um 16 % geringer, da der Mehrverbrauch geringer ist als der Anteil, der durch die Holzheizung bereitgestellt wird. Als Gründe für den Mehrverbrauch identifizieren die Köhler et al. (2018) vor allem das Nutzungsverhalten. Da viele Nutzerinnen und Nutzer die Zusatzheizung installieren um eine hohe Behaglichkeit und „warme“ Raumtemperaturen zu erzielen werden die mit der Zusatzheizung ausgestatteten Räume „überheizt“. Der Mehrverbrauch an Brennholz wirkt sich zudem oft nur wenig auf die Kosten aus, da häufig Brennstoffe aus dem eigenen Wald bzw. Garten genutzt oder diese kostengünstig selbst erworben werden. Weitere Gründe für den Mehrverbrauch sind vor allem die häufig zu hohe Heizleistung, die zu geringe Speichermöglichkeit und eine geringe Effizienz vieler Feuerungsanlagen.

Generell gilt bei der Kostenbetrachtung von Biomasseheizungen, dass zunächst hohe Einmalkosten für die Installation der Anlage anfallen. Die Kosten für Biomasse-Feuerungsanlagen sind in der Regel etwas höher als für Öl- und Gas-Feuerungsanlagen. Die laufenden Kosten fallen je nach Bezugsquelle der Biomasseprodukte sehr unterschiedlich aus. Gerade Stückholz kann teilweise zu sehr geringen Kosten bezogen werden. In einer Befragung von Nutzerinnen und Nutzern einer Holzzusatzheizung gab über die Hälfte an, das Holz ausschließlich aus dem eigenen Wald oder Garten oder über Freunde und Bekannte zu beziehen.

hen. Viele weitere Befragte beziehen zudem noch relevante Anteile über diese Wege (Köhler et al. 2018). Werden Holzbrennstoffe vom Händler bezogen, bleiben die laufenden Kosten bei der Wärmeerzeugung brennstoffdominiert. Aber die spezifischen Kosten für Pellets sind geringer als die für Gas oder Öl. Insgesamt verschiebt sich die Kostenstruktur bei Biomasse-Feuerungsanlagen im Vergleich zu Öl- und Gas-Feuerungsanlagen also je nach Bezugsquelle geringfügig bis sehr stark hin zu den Einmalkosten und weg von den laufenden Kosten.

2.1.4 Solarthermie (ST)

Solarthermische Anlagen nutzen die Einstrahlung der Sonne für die Warmwasserbereitung. Die Sonnenwärme wird in den Solarkollektoren gesammelt und in einen Warmwasserspeicher geleitet. Bei den Anlagen handelt es sich um Zusatzheizungen, in der Regel in Kombination mit einem Heizkessel. Die solarthermische Nutzung kann nur der Trinkwassererwärmung oder zusätzlich auch zur Heizungsunterstützung dienen. Dabei ist die Kombination mit allen zentralen Heizungssystemen möglich. Insgesamt wurde 2017 durch Solarthermie weniger als 1 % des Gesamtwärmeverbrauchs bereitgestellt; der Anteil an der EE-Wärme lag bei 4,7 % (BMW i 2018). Die installierte Fläche betrug in Deutschland 19,1 Mio. m² im Jahr 2017, der Zubau lag im Jahr 2017 bei rund 600.000 m². Die Zubaurate hat in den letzten 10 Jahren stetig abgenommen; im Jahr 2008 lag der Zubau noch bei rund 1.9 Mio. m² (BMW i 2018). Die Zahl der Solarwärme-Anlagen betrug 2018 etwa 2,36 Millionen und die durchschnittliche Kollektorgroße liegt bei 8 bis 9 m² (BSW-Solar 2019b).

Solarthermieanlagen waren 2016 nach einer Erhebung des IWU auf 14,4 % der Wohngebäude in Deutschland installiert (Cischinsky und Diefenbach 2018)³. Davon dienten 57 % nur der Warmwasserbereitung, 43 % auch der Heizungsunterstützung. Wie bei den PV-Anlagen unterscheiden sich auch hier die Anteile je nach Gebäudetyp und Region, wobei die Tendenz gleich ist:

- Im Neubau gibt es mehr Anlagen (Baujahr vor 1979 11,6 %, 1979-2009 16,1 %, ab 2010 40,0 %).
- Der Anteil ist höher bei Ein- und Zweifamilienhäusern (16,0%) als bei Mehrfamilienhäusern (6,8%).
- Der Anteil ist hier v.a. im Süden höher (alte Bundesländer Süd 18,7 %, alte Bundesländer Nord 11,5 %, neue Bundesländer 10,2 %).

Die Zubaurate im Gebäudebestand lag 2010-2016 im Schnitt bei 0,87%, wobei auch hier die Zubaurate im Betrachtungszeitraum zurückgegangen ist (Cischinsky und Diefenbach 2018).

Wird ein Heizsystem mit einem zentralen Heizkessel um eine solarthermische Anlage erweitert, ergibt sich eine Veränderung der Kostenstruktur. Die zuvor rein brennstoffbasierte Wärmeerzeugung wird teilweise ersetzt. Die verbrauchsabhängigen Kosten reduzieren sich um den Anteil der solaren Deckung. Dafür fallen zusätzlich Einmalkosten für die Installation der solarthermischen Anlage und ggf. einen größeren Speicher an. Die laufenden betriebsabhängigen Kosten für die solarthermische Anlage sind gering und entstehen vor allem durch Wartung und Hilfsenergie für die Zirkulation des Solarkreislaufs. Die Nutzung der Sonnenwärme ist somit nach der Installation nahezu kostenfrei. Dienstleistungsangebote spielen im Bereich der Solarthermie kaum eine Rolle für die Gestaltung der Kostenstruktur.

³ Bei rund 18 Mio. Wohngebäuden entspräche das einer Zahl von rund 2,5 Mio. Solarthermieanlagen. Diese Zahl ist geringfügig höher als die Zahl der 2018 installierten Anlagen nach BSW-Solar 2019a.

2.1.5 Wärmepumpe

Mit einer Wärmepumpe lassen sich Erd- und Umweltwärme für Heizzwecke aufbereiten. In den letzten Jahren ist die Zahl von Wärmepumpen kontinuierlich gewachsen. Waren im Jahr 2005 noch rund 350.000 Wärmepumpen installiert so stieg ihre Zahl bis zum Jahr 2017 auf fast eine Million (BMW 2018). Der größte Teil der neu installierten Wärmepumpen sind Erd/Sole- und Luftwärmepumpen. Viele der älteren Anlagen sind jedoch noch Brauchwasserwärmepumpen. Die durch die Wärmepumpen verfügbare Umweltwärme machte 2017 in Deutschland einen Anteil von 1 % am Endenergieverbrauch an Wärme aus und trug mit 7,4 % zur erneuerbaren Wärme bei (BMW 2018).

Insgesamt waren 2016 Wärmepumpen in rund 3,3 % der Wohngebäude installiert und versorgten 2,2 % der Wohneinheiten in Deutschland mit Wärme (Cischinsky und Diefenbach 2018)⁴. Sie sind in Ein- und Zweifamilienhäusern mit einem Anteil von 3,8 % weiter verbreitet als in Mehrfamilienhäusern (0,9 %). Einen sehr hohen Anteil erreichen Strom-Wärmepumpen in Neubauten mit Anteilen von 39,0 % in den ab 2010 errichteten Gebäuden.

Die Kostenstruktur ergibt sich aus Einmalkosten und laufenden Kosten und das Verhältnis ist abhängig von der Wahl der Wärmequelle und den damit verbundenen Installationskosten. Insgesamt sind Wärmepumpen deutlich teurer als Gas- oder Ölheizungen. Je umfangreicher die Wärmequelle zu erschließen ist, desto höher fallen die Installationskosten aus. Deshalb sind Erdwärmepumpen deutlich teurer als Luftwärmepumpen. Je höher die Temperatur der Wärmequelle ist, desto niedriger sind die laufenden Kosten.

Die laufenden Kosten werden im Wesentlichen durch den für den Betrieb der Wärmepumpe benötigten Strom bestimmt. Der Bezug von Strom ist je Kilowattstunde im Vergleich zu Gas und Öl zwar teurer, allerdings nutzt die Wärmepumpe latente Wärme aus der Umgebung oder dem Erdreich, sodass nur etwa ein Drittel bis ein Viertel der Wärme durch die Hilfsenergie Strom erzeugt werden muss. So kann sich im Vergleich zu Öl oder Gas insgesamt ein Kostenvorteil ergeben. Die laufenden Kosten lassen sich weiter reduzieren, wenn eine solarthermische Anlage sehr kostengünstig Wärme für das Quellmedium oder eine PV-Anlage sehr kostengünstig Strom für den Wärmepumpenprozess bereitstellt. In beiden Fällen steigen dafür die Investitionskosten. Zudem gibt es bei vielen Stromanbietern günstige Tarife für „Wärmepumpenstrom“. Weitere kostenrelevante Dienstleistungsangebote gibt es insbesondere bei der Kombination mit einer PV-Anlage.

2.1.6 Bezug von Ökostrom

Es gibt für Haushalte ein vielfältiges Angebot für den Bezug von Ökostrom, wobei nicht genau definiert ist, was unter Ökostrom zu verstehen ist. Allgemein wird zum Teil aller vergleichsweise ökologisch erzeugter Strom darunter verstanden, oft jedoch nur EE-Strom oder zumindest Strom mit hohen Anteilen an EE (Hauser et al. 2019). Nachfolgend wird unter dem Begriff auch der Bezug von EE-Strom verstanden. Hauser et al. (2019) stellten durch eine Auswertung der Herkunftsangaben der Anbieter von Ökostromprodukten fest, dass bei der Bewerbung der Produkte am häufigsten Strom aus Wasserkraft genannt wird (71,2 % der Nennungen). Ein Drittel gibt sogar an, Strom aus 100 % Wasserkraft anzubieten. Allerdings werden insgesamt nur von rund der Hälfte der Anbieter überhaupt Angaben zur Herkunft gemacht.

⁴ Bei rund 18. Mio Wohngebäuden wären das knapp 600.000 Wärmepumpen. Dies sind deutlich weniger als in der offiziellen Statistik. Jedoch wurden hier auch nur Wärmepumpen zur Heizungsunterstützung in Wohngebäuden berücksichtigt.

Generell beschaffen Stromanbieter ihren Strom über Einzelverträge und über die Börse. Dieser kann nicht nach der Art seiner Erzeugung unterschieden werden und wird deshalb „Graustrom“ genannt. Um Ökostrom anbieten zu können, müssen in Deutschland für die entsprechenden Strommengen Nachweise erworben werden. Diese Herkunftsnachweise garantieren, dass die verkaufte Strommenge bilanziell in einem Ökostromkraftwerk produziert wurde (UBA 2012). Zudem gibt es Produkte von Ökostromanbietern, bei denen ein Anteil des Stromerlöses in neue erneuerbare Energien-Anlagen investiert wird, sodass zusätzliche EE-Anlagen entstehen. Um Orientierung bei den unterschiedlichen Ökostromprodukten und deren Beitrag zur Energiewende zu geben wurden unterschiedliche Labels und Zertifizierungen eingeführt, beispielsweise das Grüne Strom Label oder das OK-Power-Label. Ökostrom der eines dieser Siegel trägt unterliegt strengeren Regeln hinsichtlich der EE-Erzeugungsanlagen und der Investition in neue EE-Anlagen (Reichmuth et al. 2014).

Die meisten Stromanbieter führen inzwischen Ökostromprodukte im Angebot. Hauser et al. (2019) untersuchten bei einer Marktauswertung 1.157 Stromanbieter in Deutschland, von denen 921 im Jahr 2017 mindestens ein Ökostromprodukt anboten. Dies sind also fast 80 % der Anbieter. Insgesamt gab es 2017 rund 46 Millionen Strom-Haushaltskunden, von denen knapp 11 Millionen bzw. 23,7 % mit „Ökostrom“⁵ beliefert wurden (BNetzA 2018). Allein die vier größten Ökostromversorger, die Strom und Herkunftsnachweise von neuen EE-Anlagen beziehen, haben 1,5 Millionen Kunden (Lichtblick 1.000.000, Naturstrom 240.000, EWS-Schönau 190.000, Greenpeace Energy 150.000). An den insgesamt an Haushalte abgegebenen Strommengen beträgt der Ökostromanteil 24,4 % (BNetzA 2018). Damit entspricht der Ökostromverbrauch in etwa dem Anteil der Ökostrombezieher*innen, so dass sich die Verbräuche im Schnitt nur wenig von den Nicht-Ökostromkund*innen unterscheiden dürfte. Schnitt von recht durchschnittlichen Stromverbräuchen auszugehen ist. Bei der Befragung „Umweltbewusstsein in Deutschland“ gaben 2018 sogar 38 % der Haushalte an, dass sie Ökostrom beziehen – weitere 15 % wussten es nicht (Rubik et al. 2019). Dieses Ergebnis legt nahe, dass viele Konsument*innen nicht genau wissen, was Ökostrom ist und teilweise fälschlicherweise davon ausgehen, dass sie Ökostrom beziehen.

Neben dem klassischen Vertrieb von Ökostrom gibt es noch die Möglichkeit, EE-Strom direkt zu beziehen. So bieten beispielsweise viele Energiegenossenschaften diese Möglichkeit an: Der DGRV (2018) geht davon aus, dass bis zum Jahr 2017 insgesamt 855 Energiegenossenschaften gegründet wurden; etwa 34 % davon boten (auch) Stromprodukte an und sind damit Energieversorger im Strombereich. Anbieter von Mieterstrom verkaufen im oder auf dem Gebäude erzeugten Strom an die Mieterinnen und Mieter weiter. Dies funktioniert mit oder ohne Durchleitung durch das öffentliche Netz. Bei der Variante, dass Strom im räumlichen Zusammenhang und ohne Durchleitung durch das öffentliche Netz an die Mieter verkauft wird, kann zudem eine zusätzliche Förderung über das Mieterstromgesetz erzielt werden. Darüber hinaus gibt es weitere Möglichkeiten des (regionalen) Anlagendirektvertriebs. Vermittlungsdienstleister ermöglichen den Strombezug von anderen erneuerbaren Einzelanlagen und bringen so dezentrale Erzeugung und Abnahme zusammen (Bogensperger et al. 2018). Teilweise werden hierfür Blockchain-Verfahren genutzt. Eine spezielle Direktvermarktungsform sind sogenannte Energie Communities, in denen sich Erzeugerinnen und Erzeuger sowie Verbraucherinnen und Verbraucher (meist Prosumer) zusammenschließen. Nach Hauser et al. (2019) gab es Ende 2017 nur 4 Anbieter⁶ dieser Produkte. Insgesamt handelt es sich bei den Direktvermarktungsangeboten für Haushaltskunden um einen Nischenmarkt.

⁵ Bei der Bundesnetzagentur ist der Begriff weiter gefasst und es werden auch Produkte berücksichtigt, die einen hohen Anteil effiziente oder regenerative Energieerzeugung haben.

⁶ Genannt werden die Angebote buzzn people power, sonnenCommunity, beegy und EnBW Solar+.

Entsprechend der unterschiedlichen Beschaffungs- und Nachweispraxis sowie möglicher Investitionsanteile ergeben sich unterschiedliche Strompreise. Die Stromkosten setzen sich aus einem Grund- und Arbeitspreis zusammen, dessen Verhältnis sich zwischen den Anbietern unterscheidet. In den Grundpreis fallen die Kosten für die Messstelle am Zählpunkt. In manchen Fällen bieten Ökostromlieferanten einen Wechselbonus für Neukunden oder andere Sonderbonifikationen an.

2.1.7 Bezug von EE-Gasen und Bio-Heizöl

Die Erzeugung von Wärme findet in privaten Haushalten hauptsächlich in eigenen Erzeugungsanlagen statt. Die 32 Millionen Feuerungsanlagen laufen vorrangig mit fossilen Brennstoffen. Alternativ können auch erneuerbare Brennstoffe eingesetzt werden: In Deutschland besteht die Möglichkeit, Biogas bzw. synthetisches Gas oder Bio-Heizöl zu beziehen. Dabei handelt es sich in der Regel um überwiegend fossile Brennstoffe mit einer Beimischung von Biomethan bzw. Biodiesel aus Biomasse.

Der Anteil von EE-Gasen, die in privaten Haushalten genutzt werden, ist nicht zentral erfasst. Als Orientierung kann die Anzahl an EE-Gaskunden der vier größten Ökogasversorger dienen: Greenpeace Energy hat etwa 16.000, Naturstrom über 20.000, EWS Schönau etwa 14.000 und Lichtblick etwa 80.000 Gaskunden. Bei insgesamt etwa 14 Millionen Zählpunkten bei Gaskunden (BNetzA 2018) ist der Anteil von Biogas marginal – auch wenn die Biogasversorger in ihren Geschäftsberichten wachsende Kundenzahlen verzeichnen. In Baden-Württemberg ist aufgrund des EWärmeG beim Austausch der Heizungsanlage die Nutzung von EE verpflichtend. Hier ist der Einsatz von Bioerdgas und Bio-Heizöl die häufigste Erfüllungsoption: In rund zwei Drittel der für die Evaluation untersuchten Nachweise kam einer der beiden Brennstoffe zum Einsatz (Pehnt et al. 2018). Bei Bioerdgas werden in Baden-Württemberg wegen der Auflagen des Gesetzes besonders häufig Anteile von 10 % Biomethan angeboten; es gibt aber auch Angebote mit geringeren Biomethananteilen oder auch mit Anteilen von bis zu 100 % (Pehnt et al. 2018). Bio-Heizöl wird in Baden-Württemberg von zwei Dritteln der Händler als Heizöl Bio 10 mit einem Anteil von 10 % Biodiesel angeboten. Dagegen gibt es in vielen Regionen außerhalb Baden-Württembergs gar kein Angebot an Bio-Heizöl (Pehnt et al. 2018).

Insgesamt entspricht das 2017 von 190 Anlagen ins Gasnetz eingespeiste Biogas inkl. synthetischen Gases rund 1 % des Gasverbrauchs in Deutschland (BNetzA 2018). Der Wärmemarkt hatte 2018 mit rund 500 GWh im Vergleich zur gesamten Einspeisung in Höhe von rund 10.000 GWh nur einen geringen Anteil am erzeugten EE- bzw. Biogas (Völler und Reinholz 2019).

2.1.8 Bezug von EE-Nah- und Fernwärme

Wärme kann neben der Erzeugung im Gebäude auch als Endenergie aus einem Wärmenetz bezogen werden. Voraussetzung ist dafür die räumliche Verfügbarkeit eines Wärmenetzes und der Anschluss an das Netz mit einer Wärmeübergabestation. In 2017 wurden von den Arbeitsgemeinschaft Fernwärme rund 380.000 Anschluss- und Kundenanlagen für Fernwärme erfasst (AGFW 2018). Die Zahl der Anschlüsse ist in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. Insgesamt bezogen 2016 etwa 5,7 Millionen Haushalte Fernwärme. Die EE-Anteile der netzgebundenen Wärmeversorgung sind sehr unterschiedlich. In den großen städtischen Netzen dominieren in der Regel große KWK-Anlagen, die vor allem Gas und Kohle als Brennstoff einsetzen. Daneben gibt es auch Wärmenetze in kleineren Gemeinden, beispielsweise in Bioenergiedörfern, die häufig hohe Anteile an Biomasse einsetzen. Die FNR

verzeichnet in ihrer Datenbank zu Bioenergiedörfern 147 Einträge von Wärmenetzen (FNR 2019). Der EE-Anteil in Wärmenetzen beschränkt sich bisher fast ausschließlich auf Biomasse: deren Anteil lag 2017 bei 6 % (AGFW 2018). Vereinzelt kommen inzwischen auch großflächige Solarthermieanlagen zum Einsatz. 2016 waren in Deutschland etwa 50.000 m² solarthermische Großanlagen in Wärmenetze integriert (Dalenbäck 2017). Im Vergleich zur insgesamt installierten Kollektorfläche von 20,5 Millionen m² ist dies noch ein unbedeutender Anteil.

2.1.9 Kleinwind- und -wasserkraftanlagen

Weitere Möglichkeiten zur Eigenerzeugung aus erneuerbaren Energien sind Kleinwind- und Kleinwasserkraftanlagen. 2019 waren in Deutschland etwa 400 Kleinwindkraftanlagen mit einer Leistung unterhalb der 250 kW Grenze in Betrieb. Bei der Wasserkraft waren es bis zur 250 kW Grenze etwa 1.000 Anlagen (BNetzA 2019a). Diese Nutzungen sind bisher allenfalls Nischenmärkte und werden hier deshalb nicht weiter betrachtet.

2.2 Monetäre Effekte des Umstiegs auf EE

Wie bereits bei den einzelnen Technologien und Bezugsmöglichkeiten dargestellt, führt der Umstieg auf erneuerbare Energien häufig zu einer Veränderung der Kosten sowie der Kostenstruktur. Es verändern sich die Anteile von einmaligen und laufenden Kosten und/oder die Vollkosten. Um die Auswirkung dieser Kostenänderungen auf Haushalte abschätzen zu können ist wichtig zu wissen, welche Kostenarten für diese Entscheidungen relevant sind. Für die Wahl der Wärmeversorgung sind die Betriebskosten wohl wichtiger als Investitionskosten: So bewerten Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer in Berlin die Relevanz der laufenden Kosten für die Bereitschaft zu einem Wechsel höher (vgl. Schröder et al. 2018) und in einer bundesweiten Befragung werden laufenden Betriebskosten etwas häufiger als Grund für die Wahl des derzeitigen Heizungssystems genannt als die Anschaffungskosten (Dr. Grieger & Cie. Marktforschung 2016). Häufig werden nur die laufenden Energiepreise betrachtet: So geben von Böhnisch et al. (2006) befragte Ingenieurbüros an, dass potenzielle Wärmenetzabnehmerinnen und -abnehmer nur diese Kosten dem Wärmepreis gegenüber stellen. Laufende Kosten scheinen also aus Sicht der Haushalte besonders wichtig zu sein. Gleichzeitig werden die hohen Installationskosten vieler EE-Heizungen als wichtiges Hemmnis für deren Erwerb genannt, so dass auch einmalige Investitionskosten wohl durchaus von den Eigentümerinnen und Eigentümern wahrgenommen werden (Mahapatra und Gustavsson 2009; Clausen et al. 2012; Zhu 2018; Gähns et al. 2015).

Nachfolgend werden die Kosten eines Wechsels konkret dargestellt. Zunächst wird der Wechsel zu **dezentralen EE-Wärmeerzeugern** betrachtet. Tabelle 2.1 zeigt die Vollkosten in Form von Wärmegestehungskosten für drei unterschiedliche Ein- oder Zweifamilienhäuser (Modellgebäude). Die Methodik der Berechnung ist bei (Dunkelberg et al. 2018) zu finden. Da sich Förderbedingungen regelmäßig ändern, wurden die Wärmegestehungskosten sowohl ohne als auch mit Berücksichtigung der Förderbedingungen ausgewiesen⁷. Bei den Einfamilienhäusern liegen diese im Bereich von 10 bis 15 ct/kWh. Der Wechsel von einem Gas-Brennwertkessel oder einem Öl-Niedertemperaturkessel zu erneuerbaren Energien führt je nach Technologie zu Kostensteigerungen oder auch zu Einsparungen. Besonders kostengünstig sind bei einer Vollkostenbetrachtung die Erd-Wärmepumpen, besonders teuer

⁷ Es wurden die Förderungen durch die KfW im Rahmen des Programms „Energieeffizient Sanieren“ und des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien der BAFA berücksichtigt (Stand 2015). Die Betrachtung beschränkt sich auf die Investitions- oder Tilgungszuschüsse.

dagegen der Holzpelletkessel. Die Bewertung ist dabei unter anderem von der angenommenen Energiepreissteigerung abhängig – steigen diese in geringerem Maß als in der Studie angenommen, so sinkt die Wirtschaftlichkeit der EE-Heizungen.

Tabelle 2.1: EFH: Wärmegestehungskosten dezentraler Heizungssysteme mit und ohne Berücksichtigung von Förderung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Dunkelberg et al. (2018), Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH) der Baualtersklassen „erbaut vor 1960“, „erbaut zwischen 1960 und 1990“ und „erbaut nach 1990. Brennwertkessel (BWK), Niedertemperaturkessel (NTK), solare Warmwasserbereitung (sWW), Photovoltaik-Anlage (PV), elektrischer Heizstab (EHZ)

| | EFH-60 | | EFH-60-90 | | EFH-90 | |
|------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| | mit | ohne | mit | ohne | mit | ohne |
| | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh |
| Gas-BWK | 10,2 | 10,2 | 11,4 | 11,5 | 12,7 | 12,8 |
| Gas-BWK, sWW | 10,3 | 10,4 | 11,8 | 12,0 | 12,6 | 12,8 |
| Öl-NTK | 10,6 | 10,6 | 12,0 | 12,0 | 13,1 | 13,1 |
| Holzpelletkessel | 11,8 | 12,0 | 12,3 | 12,8 | 14,3 | 15,0 |
| Wärmepumpe-Erde | 9,2 | 9,5 | 10,4 | 10,9 | 11,5 | 12,6 |
| Wärmepumpe-Luft | 10,7 | 10,9 | 12,2 | 12,5 | 13,4 | 13,8 |

Für die Frage der wahrgenommenen Kostensenkungen oder -steigerungen und die verfügbaren Mittel sind ggf. die **laufenden Kosten** relevanter. Daher werden nachfolgend nur die betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten dargestellt. Diese liegen zwischen ca. 7 und 12 ct/kWh (s. Tabelle 2.2). Sie sinken im Vergleich zu den Gesamtkosten prozentual stärker bei den hochinvestiven Wärmepumpen. Bei den Solaranlagen sinken die Kosten nur wenig da diese nur einen kleinen Teil der Wärmemenge liefern. Insgesamt sind aber bei den betrachteten Optionen die laufenden Kosten weiterhin dominant. Wenn man jedoch nur die Kosten der Solarthermieanlage betrachtet (anstatt das gesamte Heizsystem) dann sind die laufenden Kosten sehr gering, da hier vor allem die Investitionskosten relevant sind. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, dass auch der Bezug von Trinkwasser Kosten erzeugt.

Tabelle 2.2: Wärmegestehungskosten dezentraler Heizungssysteme bei ausschließlicher Betrachtung der laufenden Kosten

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Dunkelberg et al. (2018)

| | EFH 60 | EFH 60-90 | EFH 90 |
|------------------|--------|-----------|--------|
| | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh |
| Gas–BW | 9,8 | 10,7 | 11,8 |
| Gas–BW, sWW | 9,7 | 10,5 | 11,3 |
| Öl–NT | 10,0 | 10,9 | 11,7 |
| Holzpelletkessel | 10,1 | 9,5 | 10,7 |
| Wärmepumpe–Erde | 7,4 | 8,0 | 8,7 |
| Wärmepumpe–Luft | 9,1 | 9,8 | 10,4 |

Auf EE basierende Heizungssysteme weisen im Vergleich zu einem Gas- oder Öl-Brennwertkessel deutlich höhere **Anfangsinvestitionen** auf (s. Tabelle 2.3). Wenn diese über Kredite finanziert werden, können auch aus diesen Kosten laufende Verpflichtungen werden. Insgesamt kann angenommen werden, dass für die hohen Investitionen in Wärmepumpen und Holzpelletkessel eher Kredite aufgenommen werden als für die deutlich geringeren Kosten für einen Gasbrennwertkessel. Allerdings ist fraglich, inwiefern die laufenden Kosten für Zinsen und Tilgung durch die Haushalte direkt dem Heizsystem zugeordnet werden, zumal der Kredit insgesamt für den Hausbau oder eine umfassendere energetische Modernisierung aufgenommen worden sein kann.

Tabelle 2.3: Vergleich der Höhe der Investitionskosten dezentraler Heizungsanlagen

Quelle: Dunkelberg et al. (2018)

| | G–BWK | G–BWK, sWW | HP | WP–E | WP–L |
|-----------|-------|------------|--------|--------|--------|
| | € | € | € | € | € |
| EFH–60 | 5.350 | 10.550 | 36.200 | 42.700 | 23.500 |
| EFH–60-90 | 4.750 | 9.350 | 17.200 | 23.800 | 15.400 |
| EFH–90 | 4.050 | 6.050 | 15.400 | 20.500 | 13.500 |

Die **Stromgestehungskosten** bei der Eigenerzeugung von EE-Strom sind in Tabelle 2.4 für die drei wesentlichen PV-Anlagenkonzepte mit Eigenverbrauch (PV, PV + Batteriespeicher, Kleinst-PV/Stecker-PV) dargestellt. Die **gesamten** Stromgestehungskosten liegen in der Spanne von 9,8 bis 23,1 ct/kWh. Im Vergleich zum Bezug von einem Stromanbieter sind

diese Kosten gering. Beim Strombezug zeigen sich spezifische Gesamtkosten von 30,4 ct/kWh für Mischstrom und bis 31,6 ct/kWh für Ökostrom (s. Tabelle 2.5). An den Gesamtkosten haben die laufenden Kosten bei der Eigenerzeugung anders als beim Strombezug nur einen geringen Anteil mit spezifischen Kosten von 1,3 bis 4,9 ct/kWh. Insgesamt sind die Stromgestehungskosten von den Investitionskosten dominiert. Auch hier gilt: werden die Investitionskosten kreditfinanziert können aus den einmaligen Kosten laufende Kosten werden. Die absoluten Investitionskosten reichen hier aber nur von 525 bis 8.325 €.

Tabelle 2.4: Vergleich der Stromgestehungskosten und Investitionskosten von PV-Eigenverbrauchsanlagen

Quelle: Eigene Darstellung nach Aretz et al. (2017) und Berechnungen mit dem IÖW-Energie-Prosumer-Modell⁸

| (Anlagenleistung / Batteriekapazität / Eigenverbrauchsanteil) | PV (3 kW / - / 30%) | PV + Batterie (3kW / 4kWh / 65%) | Kleinst-PV (0,25 kW / - / 90%) |
|--|-------------------------------|--|--|
| | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh |
| Gesamtkosten | 9,8 | 23,1 | 17,7 |
| Laufende Kosten | 1,3 | 4,9 | 3,9 |
| | € | € | € |
| Investitionskosten | 3.900 | 8.325 | 525 |

Diese Stromgestehungskosten für Kleinst-PV nach den Berechnungen mit dem IÖW-Prosumer-Modell (siehe Tabelle 2.4) sind höher als Berechnungen von Burckhardt und Pehnt (2017) die zu dem Ergebnis kommen, dass die Stromgestehungskosten je nach Ausrichtung der Anlage zwischen 8,2 und 15 ct/kWh liegen. Allerdings werden hier vermutlich keine laufenden Kosten (v.a. Versicherung, Wartung) berücksichtigt, und es werden die Investitionskosten nicht offengelegt. Berechnet wurden die Stromgestehungskosten bei Burckhardt und Pehnt (2017) für einen 3-Personenhaushalt in einem EFH und einen 1-Personenhaushalt in einem MFH. Dabei kommen sie im Sommer zu Eigenverbrauchsanteilen zwischen 67 und 100 %. Es wurden drei unterschiedliche Anlagengrößen betrachtet (250, 500 und 750 W_p). Bei den kleinsten Anlagen wurde im Sommer an allen Messtagen Eigenverbrauchsanteile von über 98 % erreicht. Je höher der Eigenverbrauchsanteil ist, umso schneller amortisiert sich die Anlage, die Autoren geben unter optimalen Bedingungen eine Amortisation nach ca. 8 Jahren an.

Im April 2018 lag der durchschnittliche Preis von **Ökostrom** für Haushaltskunden mit einer Abnahme von 2.500 bis 5.000 kWh pro Jahr bei 29,24 ct/kWh (BNetzA 2018). Dagegen lag der Durchschnittspreis aller Strom-Haushaltskunden mit dieser Abnahmemenge bei 29,88 ct/kWh und damit sogar etwas höher als bei den Ökostromkunden. Dies liegt insbesondere an den vergleichsweise teuren Grundversorgungstarifen, für die in diesem Abnahmembereich im Schnitt Kosten von 31,47 ct/kWh anfallen. Für andere Tarife vom Grundversorger werden im Schnitt 29,63 ct/kWh gezahlt, bei anderen Anbietern sogar nur 28,80 ct/kWh gezahlt (BNetzA 2018). Insgesamt sind trotzdem noch 69 % der Haushalte

⁸ Als laufende Kosten wurden Kosten in Höhe von 1 % der Investitionskosten angenommen.

beim Grundversorger, fast 28 % beziehen den Grundversorgungstarif (BNetzA 2018). In Summe zahlen die Ökostromkunden also weniger als der Durchschnitt der Verbraucher, aber mehr als die Haushalte, die zu anderen Anbietern wechseln, und keinen Ökostromtarif wählen. Nach Hauser et al (2019) lagen 2017 die Aufpreise bei den rund 10 % der Anbietern, die Ökostromangebote mit Preisaufschlag anbieten zwischen 0,1 und 4 ct/kWh, wobei die meisten Anbieter bei unter 0,5 ct/kWh liegen.

Tabelle 2.5: Vergleich der Strombezugskosten für Haushalte bei Misch- und bei Ökostrom

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis BDEW (2019) und Kostenspanne Ökostrom 2019 bei Lichtblick, NATURSTROM, EWS, Greenpeace Energy bei Stromverbrauch 3500 kWh/a

| | Mischstrom | Ökostrom |
|-----------------|------------|-------------|
| | ct/kWh | ct/kWh |
| Gesamtkosten | 30,4 | 30,7 – 32,0 |
| Laufende Kosten | 28,1 | 27,7 - 29,0 |
| Fixe Kosten | 2,3 | 3,1 – 3,4 |

In der Regel sind die Bezugspreise für die **Bio-Brennstoffe** (Biogas, Bioöl) teurer als die für rein fossile Angebote. Für Baden-Württemberg werteten Pehnt et al. (2018) Anbieter von Biogas und Bio-Heizöl aus. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Mehrkosten bei durchschnittlich 0,72 ct/kWh für Gas mit einer 10-prozentigen Beimischung an Biomethan lagen. Der Preisauflschlag bei Heizöl Bio 10 liegt sogar bei 1,23 ct/kWh. Dies ist ein Preisauflschlag von 21 % (Pehnt et al. 2018). Das Prinzip bei der Versorgung mit Gas, dass über einen Grund- und einen Arbeitspreis abgerechnet wird, bleibt bei den Bioerdgasanbietern bestehen. Für die Versorgung mit Bio-Heizöl gilt wie bei der fossilen Variante zuvor, dass die Bestellung der Brennstoffe organisiert werden muss. Dabei fällt üblicherweise eine Lieferpauschale an. Die Brennstoffkosten sind bei EE-Bezug noch deutlicher als zuvor die dominanten Kosten der Wärmebereitstellung.

Die Preise für Nah- und **Fernwärme** schwanken zwischen den Versorgungsgebieten zum Teil erheblich. Der Wärmepreis ergibt sich aus einem fixen Grundpreis und einem verbrauchsgebundenen Arbeitspreis. Zudem kommen einmalige Kosten bei der Umstellung auf Fernwärme für den Anschluss und die Wärmeübergabestation hinzu. Bei genossenschaftlich organisierten Wärmenetzen gibt es teilweise weitere Varianten der Finanzierung, beispielsweise über eine Einlage oder der Pflicht zur Zeichnung von Genossenschaftsanteilen. Es liegen keine Daten zu den Unterschieden in Abhängigkeit des EE-Anteils vor.

2.3 Fazit

Die möglichen Technologien zur Erzeugung und die Optionen zum Bezug von erneuerbaren Energien für private Haushalte sind in Tabelle 2.6 zusammengetragen. Die Auswahl von Varianten für die vertiefende Untersuchung erfolgt auf Basis ihrer Verbreitung und der Reduktion von verbrauchsgebundenen Kosten, wobei Optionen mit deutlicher Senkung der verbrauchsgebundenen Kosten (direkter monetärer Rebound-Effekt wahrscheinlich) und ohne Kostensenkung (kein monetärer Rebound-Effekt) ausgewählt werden.

Tabelle 2.6: Einengung der Varianten anhand ihrer Relevanz

Die verbrauchsgebundenen Kosten beziehen sich auf den gesamten Strom- bzw. Wärmebedarf; Abkürzungen: Eigenverbrauch (EV), Dienstleistung (DL), Trinkwasser (TW)

| | EE-Technologie | Variante | üblicher EE-Anteil am Verbrauch | Verbreitung (gerundet) | verbrauchsgebundene Kosten | direkter monetärer Rebound | Auswahl |
|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------------|---------|
| Erzeugung | Photovoltaik (PV) | EEG-Einspeisung | 0% | 1,7 Mio. | wie bisher | 0 | X |
| | | Eigenverbrauch | bis 35% | | verringert | + | ✓ |
| | | - Stromspeicher | bis 60% | 85.000 | stark verringert | ++ | ✓ |
| | | - Sektorkopplung | bis >70% | Nische | sehr stark verringert | +++ | ✓ |
| | | - Vermarktung | bis 100% | Nische | teilweise aufgehoben | +++ | ✓ |
| | | - Stecker-PV | bis 30% | 20.000 | verringert | ++ | ✓ |
| | Blockheizkraftwerk | KWKG | eher gering | 32.000 | auslegungsabh. bei Wärme-EV: verringert | (0)(+)/(-) | X |
| | | EEG | 100% | max. 500 | | 0/(+) | X |
| | Biomasseheizung | Einzelfeuerung | 39% | 11 Mio. | leicht verringert | (+) | X |
| | | Zentralkessel | bis 100% | 800.000 | leicht verringert | (+) | X |
| Solarthermie | TW/Heizung | bis 60% | 2.360.000 | verringert bis stark verringert | + / ++ | ✓ | |
| Wärmepumpen | Erdwärme | 60-100% | 307.000 | verringert | + | X | |
| | Umweltwärme | 60-100% | 489.000 | | + | X | |
| Sonstige | Kleinwindkraft | bis über 70% | 1 | verringert bis sehr stark verringert | + / ++ / +++ | X | |
| | Kleinwasserkraft | bis über 70% | 1.000 | | + / ++ / +++ | X | |
| Bezug | EE-Strom | Ökostrombezug | 100% | 11.000.000 | | +/- | ✓ |
| | | "Große 4 Ökos" | 100% | 1.500.000 | abhängig vom Tarif | +/- | ✓ |
| | | Mieterstrom | bis 100% | eher gering | | +/- | ✓ |
| | | neue DL | 100% | entsteht neu | | +/- | ✓ |
| | EE-Gas / Bio-Heizöl | Bio-Heizöl | bis 10% | eher gering | stark erhöht | -- | X |
| | | EE-Gas "Große 4 Ökos" | 1 bis 100% | 130.000 | erhöht bis stark erhöht | - / -- | X |
| | Nah-/Fernwärme | Fernwärmekunden | bis 5% | 380.000 | | +/- | X |
| Bioenergiedörfer | | bis 100% | 147 | abhängig vom Tarif | +/- | ✓ | |
| Quartiersversorgung | | bis 100% | eher gering | | +/- | ✓ | |

Zur Erzeugung von EE-Strom ist in Haushalten bisher nur die **PV-Erzeugung** relevant. Bei diesen sind die laufenden Kosten sehr gering. Bisher erzeugt nur ein kleiner Teil der Anlagen für den Eigenverbrauch. Das kann sich mit dem Auslaufen der EEG-Vergütung drastisch ändern und für immer mehr Anlagen wird Eigenverbrauch eine Option. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wird bei neuen PV-Anlagen eine Eigenverbrauchsoptimierung bereits bei der Planung berücksichtigt. Für die Frage nach einem direkten Rebound-Effekt besonders relevant sind Anlagenkonzepte, die darauf ausgelegt sind, den Eigenverbrauch zu erhöhen

indem ein Stromspeicher und ggf. auch eine Wärmepumpe oder ein Elektroauto einbinden (Sektorkopplung). Für Mieterinnen und Mieter sind Stecker-PV-Anlagen interessant, deren Anzahl wächst. Auch hier kann der Wunsch den eigenerzeugten Solarstrom selbst zu verbrauchen zu Rebound-Effekten führen. Des Weiteren gibt es neuartige Dienstleistungen für PV-Prosumer, die teilweise einen verbrauchsunabhängigen Stromkonsum ermöglichen und so monetären Rebound stark anreizen. Aufgrund des wachsenden Marktes, des noch größtenteils ungenutzten Potenzials der PV-Varianten und der hohen Relevanz für monetäre Rebound-Effekte wird hier ein Fokus bei der weiteren Untersuchung liegen.

Die übrigen Optionen zur EE-Stromerzeugung durch Haushalte werden nicht weiter betrachtet: Kleinwasser- und Kleinwindkraftanlagen wurden bisher kaum installiert, sie sind vermutlich allenfalls für Nischen von Interesse. Kleinst-BHKW in Haushalten sind bisher insgesamt eher selten (32.000 KWK-Anlagen bis 10 kW_{el}) und laufen zudem meist mit fossilen Brennstoffen. Die Veränderung der Kostenstruktur ist komplex, da Wärme- und Stromkosten gemeinsam betrachtet werden müssen. Deshalb und wegen der geringen EE-Anteile wird diese Variante für eine weitere Betrachtung nicht herangezogen.

Bei der **EE-Wärmeerzeugung** ist bisher Biomasse der zentrale Energieträger. So haben Biomasse-Einzelfeuerungen mit 11 Millionen Anlagen eine sehr weite Verbreitung. Einzelfeuerungen, wie Kamin und Kachelöfen, kommen häufig zusätzlich zu einer zentralen Heizungsanlage vor. Bei der Nutzung von Einzelraumfeuerungen ist eine starke Verringerung der verbrauchsgebundenen Kosten durch die Nutzung von Holz aus dem eigenen Garten oder Direktbezug aus dem Wald weit verbreitet. Eine Senkung der laufenden Kosten und ein daraus resultierender direkter Rebound-Effekt ist möglich. Eine Studie zu Holzzusatzheizungen zeigt auf, dass bei deren Einsatz tatsächlich von einem Mehrverbrauch auszugehen ist (Köhler et al. 2018). Dieser hängt aber auch mit dem zusätzlichen Nutzen „Behaglichkeit“ zusammen, so dass es sich hier um einen Sonderfall handelt der im Vorhaben nicht weiter untersucht wird. Zentrale Biomassekessel sind mit 800.000 Anlagen weniger häufig installiert. Auch bei diesen sinken die verbrauchsgebundenen Kosten je nach Herkunft des Holzes. Allerdings ist hier eine reine Eigenversorgung weniger wahrscheinlich. Damit sind die Kostensenkungen geringer und somit nur ein geringer direkter monetärer Rebound-Effekt zu erwarten. Auch diese Technologie wird deshalb nicht weiter untersucht.

Beim Einsatz von **Solarthermie** sind die laufenden Kosten für den solaren Anteil sehr gering. Hier ist also der Eigenverbrauch monetär sehr lohnenswert, so dass hier ein direkter Rebound-Effekt eintreten kann. Bei EE-Anteilen von bis zu 60 % und einer sehr starken Verbreitung von knapp 2,36 Millionen Anlagen wird diese Variante deshalb für eine weitere Analyse ausgewählt.

Auch bei der Nutzung einer **Wärmepumpen-Variante** verringert sich zwar durch die Verwendung von Umweltwärme die verbrauchsgebundenen Kosten, aber nicht so stark wie bei der Solarthermie. Die hohen Hilfsenergiekosten sind aber ebenfalls verbrauchsabhängig und reduzieren den Anreiz, eine zu starke Verbrauchsausweitung unwahrscheinlich. Eine detaillierte Untersuchung dieser Variante findet deshalb nicht statt.

Beim **Bezug von erneuerbaren Energien** ist der **Strombezug** am weitesten verbreitet. Dabei kann unterschieden werden zwischen Ökostromtarifen und Strom, der direkt aus EE-Anlagen vermarktet wird. Die Variante Bezug von Ökostrom hat eine sehr hohe Verbreitung. Gleichzeitig unterscheiden sich die Kosten nur wenig von anderen Stromtarifen – bei einem Wechsel vom Grundversorger werden häufig sogar Kosten gespart. Der Bezug von Ökostrom ist deshalb interessant als weit verbreitetes Anwendungsbeispiel ohne deutliche Kostendifferenzierung. Je nach Datenverfügbarkeit können dabei auch Mieterstrommodelle

betrachtet werden. Zudem werden genauer neue Formen der Direktvermarktung untersucht, da diese teilweise interessante Kostenstrukturen aufweisen. **Wärmenetze** weisen bisher meist nur geringe EE-Anteile auf. Ausnahmen sind Netze mit Biomasseerzeugern beispielsweise in Bioenergiedörfern oder innovative Nahwärmenetze in Quartieren. Ob sich für einen Haushaltskunden bei Auswahl dieser Variante eine Änderung der verbrauchsgebundenen Kosten ergibt, ist stark von der Tarifstruktur des Wärmenetzbetreibers abhängig. Eine vertiefte Untersuchung kann deshalb allenfalls für einzelne Netze erfolgen. Nicht weiter betrachtet werden im Vorhaben die Möglichkeiten zum **Bezug von EE-Gasen und Bio-Heizöl**. Deren Verbreitung ist für Bio-Heizöl marginal und für Biogas/EE-Gas auch noch gering. Es zeigt sich hier eine klare Tendenz zu höheren verbrauchsgebundenen Kosten; direkter Mehrverbrauch wird damit monetär nicht angereizt.

Insgesamt wird für die weitere Untersuchung folgende Auswahl getroffen:

- Erzeugung von Solarstrom und –wärme zum Eigenverbrauch (starke Senkung der verbrauchsgebundenen Kosten)
- Bezug von Ökostrom (kaum Änderung der verbrauchsgebundenen Kosten)

Außerdem untersucht werden ggf. Direktvermarktungsmöglichkeiten von EE-Strom und der Bezug von EE-Wärme aus Netzen, wobei hier die Kostenstrukturen noch individuell untersucht werden müssen.

3 Dienstleistungsangebote und deren Einfluss auf die Kostenstrukturen

Die Möglichkeiten zur EE-Erzeugung und zum EE-Bezug und deren Kostenstrukturen werden durch am Markt befindliche Dienstleistungsangebote beeinflusst. Rund um die Prosumer haben sich in den letzten Jahren eine ganze Reihe von speziellen Dienstleistungsangeboten entwickelt. Auf diese Angebote soll im Weiteren genauer eingegangen werden. Dagegen sind in der Regel bei der Solarwärmeerzeugung durch Haushalte in der Regel Handwerksbetriebe der zentrale Akteur: Sie planen, installieren, warten und reparieren die Anlagen. Weitere Dienstleistungsangebote in den genannten Modulen spielen hingegen keine Rolle. Beim Strom- und Wärmebezug sind die unterschiedlichen Strom- oder Wärmeprodukte und die jeweiligen Tarife der Anbieter zentral.

3.1 Dienstleistungsmodule

Die am Markt zu findenden Angebote für Prosumer umfassen unterschiedliche Dienstleistungen. Diese beinhalten die Module Energieversorgung, Errichtung und Finanzierung, Betrieb, Steuerung und/oder Vermarktung (s. Abbildung 3.1), wobei häufig mehrere Module in einem Angebot zusammengefasst werden.



Abbildung 3.1: Dienstleistungsmodule für Prosumer

Nachfolgend werden die Dienstleistungsmodule kurz beschrieben bevor im nächsten Kapitel konkrete Angebote vorgestellt werden.

- **Energieversorgung:** Auch wenn Haushalte Strom selbst erzeugen und für den Eigenverbrauch nutzen sind sie in der Regel nicht autark: Zusätzlich zum Eigenstromverbrauch wird noch Strom vom Versorger bezogen (Weniger et al. 2015). Meist werden hierfür die Angebote der normalen Stromanbieter verwendet. Dabei kann es sich dann um eine Versorgung mit Graustrom oder Ökostrom handeln. Darüber hinaus gibt es spezielle Versorgungsmodelle die beispielsweise Flatrate-Tarife in Kombination mit Eigenerzeugung und Direktvermarktung von privaten PV-Anlagenbetreiberinnen und -betreibern anbieten.
- **Errichtung und Finanzierung:** Meist finanzieren und errichten Haushalte EE-Erzeugungsanlagen in eigener Verantwortung, wobei für die Finanzierung teilweise auf Kredite und Fördermittel zurückgegriffen wird. Ein Dienstleistungsangebot für die Errichtung einer Anlage umfasst im Wesentlichen die Planung des Systems, die Auswahl der Komponenten, die Montage und Installation (Kreutzmann et al. 2018). Alternativ kann im Rahmen eines Finanzierungscontracting die Planung, Finanzierung und Errichtung der Anlage insgesamt durch Dritte übernommen werden. Teilweise haben auch Energieversorger Angebote zur Errichtung einer PV-Anlage oder eines Speichersystems, die über Handwerkerinnen und Handwerker sowie Installateure als regionale Fachpartner organisiert werden.
- **Betrieb:** Kleine PV-Anlagen werden in der Regel durch die Eigentümerinnen und Eigentümer betreut, die Wartung und Instandhaltung im Bedarfsfall beauftragen. Die Unternehmen, die die Anlage errichtet haben, übernehmen häufig auch die Instandhaltung. Sinnvoll ist außerdem eine Überwachung der Betriebsdaten. Die laufende Kontrolle des Betriebs sowie Wartung und Instandhaltung können an Dienstleister abgegeben werden. Dies ist beispielsweise beim Betriebsführungs-Contracting oder auch technisches Anlagenmanagement der Fall. Es lassen sich aber auch Einzelverträge für Reinigung, Wartung und Fernüberwachung abschließen⁹.
- **Steuerung:** Unter Steuerung wird hier verstanden, dass eine aktive Einflussnahme auf den Anlagenbetrieb durch eine automatische Steuerung oder eine dritte Person erfolgt. EE-Prosumern werden Dienstleistungen angeboten, um die gesamten Energieflüsse eines Haushaltes zu erfassen, zu managen und zu optimieren. Mit Energiemanagementsystemen lassen sich Erzeugung und Verbrauch aufeinander abstimmen und einzelne Systemkomponenten für weitere Erlösoptionen, z.B. zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen, einsetzen. Auf dem Markt finden sich Dienstleister wie die Fresh Energy GmbH, Discovergy GmbH die über Smart-Metering verschiedene Smart-Home Anwendungen von Erfassung der Energiedaten bis zur Steuerung einzelner elektrischer Verbraucher eines Haushaltes ermöglichen.

⁹ <https://bsh-energie.de/node/35> (letzter Zugriff am 16.09.2019)

- **Vermarktung:** Die Vermarktung von Strom aus EE-Anlagen erfolgt überwiegend über die Regelungen im EEG (BMWi 2019a). Kleinere Anlagen haben dabei die Wahl zwischen einer festen Einspeisevergütung und der Direktvermarktung (EEG 2018). Die **Direktvermarktung** stellt bei dieser Anlagengröße bisher eine Nische dar. Auf die unterschiedlichen Angebote zur Direktvermarktung – häufig verbunden mit weiteren Dienstleistungsmodulen - wird im nächsten Kapitel genauer eingegangen.

3.2 Relevante Dienstleistungsangebote

3.2.1 Angebote zur Vermarktung

Prosumer können alternative Vermarktungsmöglichkeiten für den Verkauf ihres erzeugten Stroms sowie für den Bezug des nicht selber erzeugten Stroms ergänzend nutzen. Zentral ist im folgenden Überblick die Möglichkeit zur Vermarktung des eigenen Stroms. Häufig umfassen Direktvermarktungsangebote für Prosumer noch weitere Dienstleistungsmodule.

Insgesamt spielt Direktvermarktung für PV-Anlagen unter 100 kW bisher kaum eine Rolle. Der nicht eigenverbrauchte Strom wird fast ausschließlich mit fester Einspeisevergütung eingespeist (Klobasa et al. 2019). Dennoch gibt es bereits heute Vermarktungsdienstleistungen für Betreiberinnen und Betreiber kleiner dezentraler PV-Anlagen. Die erzeugte Energie und die Flexibilität kleiner EE-Anlagensysteme (oft inkl. Speicher) werden dabei einer Vermarktung zugeführt, wobei Bilanzkreise optimiert und zusätzliche Erlöse generiert werden. Die EEG-Erlöse sind zum Teil Bestandteil des Geschäftsmodells (Franz und Zuber 2016). Prinzipiell sind für Prosumer-Haushalte auch Geschäftsmodelle auf Basis zeitvariabler Tarifsyste-me, bidirektionaler Mess- und Steuerungssysteme sowie neuer Abrechnungssysteme wie Blockchain-Verfahren möglich (Aretz et al. 2017). Während sich neue zeitvariable Tarifsyste-me bisher nicht durchgesetzt haben, finden sich Anwendungen bidirektionaler Mess- und Steuerungssysteme, z.B. zur Bereitstellung von Netzdienstleistungen. Es gibt eine Reihe von Anbietern von Whitelabel-Lösungen für die digitalen Produkte die beispielweise hinter Direktvermarktungs-, Flexibilitäts- und Lastmanagementlösungen oder Plattformen stehen. Beispiele hierfür sind Trianel und Lumenaza.

In Zukunft wird eine Ausweitung solcher erwartet, da in den nächsten Jahren nach 20 Jahren Förderdauer zahlreiche Anlagen die EEG-Förderung verlieren. Eine Erhebung unter Betreiberinnen und Betreibern älterer PV-Anlagen zeigt, dass sich nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung 64 % den Eigenverbrauch und rund 50 % eine förderunabhängige Direktvermarktung vorstellen können (Rogalla von Bieberstein et al. 2018). Derzeit werden für die Vermarktung von Strom aus Post-EEG-Anlagen vor allem vier Optionen diskutiert (Preiß 2019b):

- Power Purchase Agreements (PPA): Langfristige Stromabnahmeverträge zwischen Stromerzeuger und Kunden.
- Direktvermarktung: Der Strom von vielen Anlagen wird durch Direktvermarkter gebündelt. Diese optimieren teilweise auch die Strombereitstellung und vermarkten den Strom an Strombörsen und ggf. auf Regelenenergimärkten.
- Regionalstrom: Plattformen von Energiedienstleistern bringen Kunden mit Anlagenbetreibern aus Region zusammen.
- Community & Cloud: Community-Modelle bündeln die Erzeugung einzelner Anlagen für die Mitglieder einer sogenannten Community. Teilweise sind die Angebote herstellergebunden.

Von den genannten Optionen werden Power Purchase Agreements und die Direktvermarktung über Börsen für kleine Prosumer-PV-Anlagen als wenig vielversprechend angesehen. Dagegen können **Direktvermarktungsangebote** von Plattformen und Direktvermarkter auch für kleine Anlagen von Interesse sein (Preiß 2019a). Entsprechende Angebote hat zum Beispiel EnBW mit dem Angebot eines virtuellen Kraftwerks.

Eine Sonderform hiervon ist die Direktvermarktung über **Regionalstrommodelle**: Hier wird der Strom nicht über die Börse, sondern direkt in der Region vermarktet. Beispiele hierfür sind BiberEnergie, die von mehreren Energiegenossenschaften im Landkreis Biberach angeboten wird, TalMarkt aus Wuppertal oder Regionah Energie aus Baden-Württemberg. Teilweise kommt dabei die Blockchain-Technologie zum Einsatz, zum Beispiel bei TalMarkt. Bei BiberEnergie können PV-Prosumer ihren Strom einspeisen und bekommen dafür eine Bezahlung, die nach Angaben der BiberEnergie 0,25 ct/kWh über der bisherigen Vergütung liegt¹⁰.

Neben diesen Angeboten gibt es noch Energiedienstleister, die zwischen Prosumern und Konsumenten direkt vermitteln (**Peer-to-Peer**) und abrechnungstechnische Aufgaben übernehmen. Für den transparenten und sicheren Einsatz dezentraler Erzeuger und der jeweiligen Energiemengen werden häufig digitale Datenprotokollsysteme nach dem Blockchain-Prinzip verwendet. Ein Akteur in diesem Feld ist das Unternehmen enyway. Hier können Stromerzeuger ihren Strom zu einem selbstgewählten Preis vermarkten. Auch das Unternehmen BUZZN nutzt die aufkommenden Digitalisierungsanwendungen um Haushalten Strom direkt aus einer genau zuordenbaren EE-Anlage zu vermitteln.

Eine hohe Marktdynamik gibt es bei den Anbietern von **Cloud- und Community-Tarifen** (Fuhs 2017). Die Tarife haben ein ähnliches Geschäftsmodell als Grundlage: Weil Strom aus der eigenen PV-Anlage nicht zu 100 % im Eigenverbrauch genutzt werden kann, wird er in einer Cloud bzw. für eine Community zur Verfügung gestellt. Für den Dienstleister ist so mit einer Vielzahl von Prosumern mit Speichereinheiten ein optimiertes Bilanzkreismanagement möglich. In manchen Fällen werden zudem die Speicher genutzt, um Regelenergie bereitzustellen und zusätzliche Erlöse zu erwirtschaften. Die Prosumer können ihren Eigenverbrauch virtuell erhöhen bzw. den Strom über die Cloud oder Community beziehen. Da sich die Tarife an der PV-Anlagen- und Stromspeichergröße orientieren und den jeweiligen Stromverbrauch berücksichtigen sind die Angebote häufig individuell und teilweise intransparent. Eine Vergleichbarkeit der Tarife ist daher nur bedingt möglich (Fuhs 2017).

In den Tarifen werden teilweise die EEG-Erlöse an die Dienstleister abgetreten. Bedingung für die Nutzung einer Community-Option ist meist die gleichzeitige Belieferung mit Strom durch den Anbieter. In der Community-Option sind verschiedene Tarife möglich: z.B. Flat-, Autarkie-, und Wärmestrom-Varianten. Ein wesentlicher Unterschied unter den Cloud- und Community-Anbietern ist, dass einige Anbieter ein herstellerabhängiges Speichersystem fest vorgeben und andere herstellerunabhängige Speichersysteme zulassen (Preiß 2017). Insgesamt umfassen die Angebote in der Regel die Dienstleistungsmodule Vermarktung, Steuerung und häufig auch Errichtung und Finanzierung.

¹⁰ <https://www.biberenergie.de/erzeuger/solar/> (letzter Zugriff am 02.09.2019)

Tabelle 3.1: Cloud- und Community-Tarife für PV-Prosumer

Quelle: Eigene Zusammenstellung

| Anbieter | Tarif | PV-Anlage vom Anbieter | Speicher vom Anbieter |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
| sonnen GmbH | sonnenCommunity | nein | ja |
| LichtBlick SE | SchwarmBatterie | ja (über zolar) | ja (LG Chem / BYD) |
| SENEC GmbH | SENEC.Cloud | ja | ja |
| envia Mitteldeutsche Energie AG | Meine SolarCloud | ja | ja |
| E.ON Energie Deutschland GmbH | E.ON SolarCloud | ja | nein |
| EWE AG | EWE myEnergyCloud | ja | ja |
| innogy SE | SolarCloud | ja | ja |
| Lechwerke AG | SolarCloud | nein | nein |
| ecobility GmbH | Q.HOME Cloud | ja (Q Cells) | ja (Q Cells) |
| GreenStone Energy GmbH | NewEnergyCloud | ja (über redpoint) | ja (über redpoint) |
| Caterva | 20 Jahre Freistrom | nein | ja (Caterva-Sonne) |
| maxx-solar | gridX | ja | ja |
| Viessmann Werke GmbH & Co. KG | ViShare Community | ja | ja |
| Polarstern GmbH & Emondo GmbH | Wirklich Eigenstrom Community | nein | nein |

2019 identifizierte eine Studie von EuPD Research 15 Anbieter für Cloud- und Community-Lösungen. Die Analyse der Tarife ergab, dass für Prosumer vier Tarife günstiger sind als der örtliche Ökostromanbieter. Insgesamt variieren die Tarife so stark, dass sich bei der Untersuchung eine maximale Preisdifferenz der jährlichen Kosten von 512 Euro für einen 4-Personen-Haushalt ergaben (Enkhardt 2019). Zudem bieten einige Tarife keinen echten Mehrwert für die Energiewende. Häufig werden bei den Cloud- und Community-Tarifen bis zu einer bestimmten Abnahmemenge Flatrate-Tarife angeboten, das heißt für die Einspeisung des

Stroms und die Bereitstellung des Speichers erhalten die Prosumer eine bestimmte Strommenge kostenlos. Das erweitert die Menge des „quasi kostenlosen“ Stroms aus Sicht der Prosumer und kann somit relevant für monetäre Rebound-Effekte sein.

Neben den genannten Community- und Cloud-Lösungen gibt es auch für Prosumer Angebote, bei denen die Flatrate nicht Teil eines umfassenden DL-Angebots und unabhängig von Einspeisung und Speicherbereitstellung ist¹¹. Außerdem existieren auch Strom-Flatrates nicht nur für Prosumer: Bei diesen Angeboten wird ein Pauschalpreis abhängig vom Vorjahresverbrauch gezahlt. Teilweise gibt es Boni, wenn der Stromverbrauch deutlich geringer ausfällt. Steigt der Stromverbrauch so kann der Preis im nächsten Jahr ebenfalls steigen.

Ein Beispiel für die Verknüpfung von Stromsparen und EE-Ausbau haben die Elektrizitätswerke Schönau (EWS) entwickelt: Kundinnen und Kunden erhalten die Option, durch eine Stromsparberatung und ggf. den Tausch von Elektro-Kleingeräten oder Geräten zur Warmwasserbereitung Strom einzusparen. Die eingesparten Kosten werden für die Finanzierung von PV-Anlagen durch EWS verwendet. Die Kundinnen und Kunden erhalten einen Teil der Erlöse. Darüber hinaus unterstützt die EWS auch durch ein eigenes Energieberatungsangebot, den Verleih von Strommessgeräten und Energiespartipps Kundinnen und Kunden beim Energiesparen¹².

3.2.2 Contracting

Übergreifend über die Bereiche Errichtung und Finanzierung sowie Betrieb läuft das Energieliefer-Contracting (auch Anlagencontracting genannt): Hier übernimmt der Contractor in der Regel die Installation und den Betrieb der Anlage und verkauft die erzeugte Energie an den Contractingnehmer – oder „verleiht“ die Anlage an den Contractingnehmer. Mindestens ein Teil des Risikos liegt dadurch beim Contractor. Für kleinere PV-Anlagen werden in der Regel keine klassischen Contractingverträge geschlossen, bei denen der Contractor auch Betreiber ist, sondern eher Pacht- oder Mietverträge. Dennoch werden die Angebote teilweise PV-Contracting genannt¹³. Ein Beispiel hierfür sind die Angebote SonnenDach, SonnenDuo und SonnenSpeicher von Naturstrom. Bei deren Angebot wird die Finanzierung, die Errichtung und der Betrieb einer PV-Anlage und bei Wunsch auch eines Stromspeichers von naturstrom organisiert. Der Haushalt zahlt eine monatliche Pacht und darf im Gegenzug den erzeugten und gespeicherten Strom im Eigenverbrauch nutzen und erhält die Erlöse des eingespeisten Stroms. Am Ende der vertraglich vereinbarten Laufzeit besteht die Möglichkeit für den Haushalt die Anlage als Eigentum zu übernehmen. Zudem kann ein Stromliefervertrag für die nicht aus der Eigenversorgung gedeckte Strommenge abgeschlossen werden¹⁴. Ähnliche Angebote bieten auch andere Anbieter, z.B. DZ4¹⁵, an. Wennmacher et al. (2017) haben entsprechende Angebote in NRW genauer untersucht. Die kommen zu dem Ergebnis, dass sich der Umfang der angebotenen Dienstleistungen zwischen den Anbietern deutlich unterscheidet. Teilweise handelt es sich um ein „Rundum-Sorglos-Paket“ inklusive Installation und technische Betriebsführung (Wartung, Instandhaltung, Versicherung). Das Pachtmodell entspricht dann weitgehend einem Anlagencontracting, außer dass das Betriebsrisiko beim Pächter verbleibt. Für die untersuchten Angebote in NRW stellen Wennmacher et al. (2017) fest, dass die Mehrzahl der Angebote für die Pächter nicht lohnend ist.

¹¹ Ein Beispiel hierfür ist BALU von beegy, ein Whitelabel-Angebot, das Stromanbieter nutzen können.

¹² <https://www.beegy.com/loesungen-fuer-ihre-kunden/balu-die-stromflatrate/> (letzter Zugriff am 02.09.2019)

¹³ <https://www.ews-schoenau.de/ews/presse/pressemitteilungen/ews-starten-neues-stromsparprojekt-doppelte-dividende/> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

¹⁴ Z.B. hier: <https://www.e-werk-gerolsheim.de/energieberatung/photovoltaik-contracting.html> (letzter Zugriff am 02.09.2019)

¹⁵ <https://www.naturstrom.de/privatkunden/strom/solar-und-speicheranlagen> (letzter Zugriff am 02.09.2019)

¹⁶ <https://www.econeers.de/investmentchancen/dz4> (letzter Zugriff am 02.09.2019)

Bei der Solarwärme gibt es keine vergleichbaren Angebote. Zwar gibt es auch Contracting im Bereich der Solarthermie-Anlagen – jedoch nur für größere Verbraucher¹⁶. Optionen zur Miete von Heizungsanlagen bzw. zum „Heizungs-Contracting“, die sich wie beispielsweise von Thermondo auch an Eigenheimbesitzerinnen und Eigenheimbesitzer richten, umfassen bisher keine Solarthermieanlagen sondern v.a. Gas- und Ölkessel¹⁷.

3.2.3 Unterstützung Energiemanagement

Ein Dienstleistungsangebot im Modul Steuerung ist die Aufbereitung von Verbrauchs- und teilweise auch Erzeugungsdaten auf Basis der SmartMeter-Messungen (zum Beispiel durch Discovery¹⁸ und Fresh Energy¹⁹). Die Angebote sollen es Konsumentinnen und Konsumenten oder Prosumern erleichtern, ihren Verbrauch zu steuern. Discovery bietet explizit auch die Möglichkeit, die Erzeugung zu erfassen und somit Verbrauch und Erzeugung besser abzustimmen. Beide Anbieter stellen WhiteLabel-Lösungen insbesondere für Stromanbieter bereit.

Daneben bieten diverse Anbieter (z. B. Telekom²⁰, Bosch²¹ oder innogy²²) unter dem Label Smart Home eine Reihe von Steuerungen im Haushalt an. Häufig gehen die Einsatzbereiche weit über den Energiebereich des Haushalts hinaus. So werden neben der Steuerung von Energieerzeugung und Heizung auch Licht, Jalousien, Überwachung oder Entertainmenteinrichtungen zentral über eine App gesteuert. Diese Angebote richten daher nicht primär an Haushalte mit Ökostrombezug oder einer eigenen Erzeugungsanlage.

Dagegen gibt es noch Unterstützungsangebote für gemeinschaftliches Prosuming, wie bei Wohneigentumsgemeinschaften. Hier gibt es Anbieter, die im Mehrfamilienhaus oder Quartier das Energiemanagement möglichst effizient übernehmen und teilweise auch zusätzliche Angebote wie Elektromobilität anbieten. Neben klassischen Energieversorgern, die das Energiemanagement häufig in Kombination mit einem Contracting anbieten (z. B. Naturstrom²³), finden sich hier auch neuere Marktakteure aus dem Bau- und Softwarebereich (z. B. evohaus²⁴, seven2one²⁵)

3.3 Fazit

Die steigende Anzahl an dezentralen EE-Erzeugern bietet ein großes Potenzial für Energiedienstleistungen für Haushalte als Prosumer oder Konsumentinnen und Konsumenten. Mit neuen Anwendungen durch die Digitalisierung ist eine kleinteilige Erfassung von Erzeugung und Verbrauch möglich und Transaktionen lassen sich ohne großen Aufwand verwalten. So können auch Energieerzeuger auf Haushaltsebene an den Energiemärkten teilhaben. Ein Überblick welche Dienstleistungsmodule bei den angebotenen Dienstleistungen zum Einsatz kommen gibt Tabelle 3.2.

¹⁶ <https://vertrieb.dew21.de/grossunternehmen/energiedienstleistungen/contracting/solarthermie/>.

¹⁷ <https://www.thermondo.de/leistungen/einzelleistungen/heizungscontracting/>

¹⁸ <https://discovery.com/smart-metering-loesungen#energy-monitoring> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

¹⁹ <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/getfresh.energy/fresh-energy-app.pdf> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

²⁰ <https://www.smarthome.de/> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

²¹ <https://www.bosch-smarthome.com/de/de> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

²² <https://iam.innogy.com/fuer-zuhause/smarthome> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

²³ <https://www.naturstrom.de/energieprojekte/contracting/> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

²⁴ <http://evohaus-irq.com/> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

²⁵ <https://www.seven2one.de/aktuelles/blog/energieversorgung-im-smarten-quartier-seve2one-geschaeftsfuehrer-im-interview-mit-energiespektrum/> (letzter Zugriff am 22.09.2019)

Tabelle 3.2: Genutzte Dienstleistungsmodulare bei Dienstleistungsangeboten für Prosumer

| Dienstleistungsangebot | Versorgung | Finanzierung | Errichtung | Instandhaltung | Betrieb | Management / Steuerung | Vermarktung |
|----------------------------------|------------|--------------|------------|----------------|---------|------------------------|-------------|
| Direktvermarktung / Peer-to-Peer | ✓/X | X | X | X | X | (✓) | ✓ |
| Cloud / Community-Tarife | ✓ | (✓) | (✓) | (✓) | (✓) | ✓ | ✓ |
| Contracting / Verpachtung | ✓/X | ✓ | ✓ | ✓ | ✓/X | X | X |
| Unterstützung Energiemanagement | (✓) | X | (✓) | (✓) | ✓ | ✓ | X |

Wie wirken sich die unterschiedlichen Angebote auf die Kostenstrukturen und somit auf mögliche monetäre Rebound-Effekte aus?

- Bei Angeboten der Direktvermarktung oder Peer-to-Peer ist die Idee, dass die Betreiberin oder der Betreiber (zumindest geringfügig) mehr Geld für den eingespeisten Strom erhält. Dadurch sinkt der Vorteil eines hohen Eigenverbrauchanteils etwas. Insgesamt reduziert sich damit eher die monetäre Rebound-Effekt-Gefahr. Gleichzeitig steigen die Gewinne – dadurch kann es zu indirekten Rebound-Effekten kommen.
- Bei Cloud- und Community-Tarifen insbesondere mit Stromflatrate steigt die Menge des quasi kostenlosen Stroms (und es sinkt der Anreiz möglichst viel einzuspeisen) – die Gefahr eines monetären direkten Rebound-Effekts ist hier hoch. Zudem kann der Gesamtgewinn ggf. steigen.
- Beim Contracting bzw. der Pacht von Anlagen sinken die Einmalkosten zu Beginn, dafür steigen die laufenden Kosten. Dies sollte eher einem monetären direkten Rebound-Effekt entgegenwirken, da die Kosten der Anlage laufend präsent sind. Insgesamt sind die Kosten eher höher als beim Kauf einer Anlage.
- Die Dienstleistungen zur Unterstützung des Energiemanagements verdeutlichen als Feed-Back-System den Verbrauch und können somit Rebound-Effekten ggf. entgegenwirken. Gleichzeitig ermöglichen sie es, den Eigenverbrauch zu erhöhen und somit Kosten zu sparen, was wiederum zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs beitragen kann. Die Wirkung ist also ambivalent.

Von den untersuchten Dienstleistungsangeboten sind insbesondere **Cloud- und Community-Tarife mit Stromflatrate** interessant für die weitere Untersuchung da sie einen großen Einfluss auf die Kostenstruktur haben.

4 Politische Rahmenbedingungen

Politische Rahmenbedingungen haben einen Einfluss auf die Kostenstrukturen von EE-Anlagen und den EE-Bezug und sind deshalb von Interesse für die Frage eines monetären Rebound-Effekts. Darüber hinaus können sie aber auch einen Einfluss darauf haben, wann der EE-Bezug oder die Installation einer EE-Anlage verpflichtend ist und welche Effizienzstandards einzuhalten sind. Dadurch kann sich der Bezugsrahmen ändern. Außerdem gibt es rechtliche Regelungen, die die Nutzung von EE und Energieeffizienzmaßnahmen in Bezug setzen, da diese beispielsweise alternativ zur Erfüllung von Anforderungen zum Einsatz kommen. Nachfolgend soll analysiert werden, inwiefern die bestehenden politischen Rahmenbedingungen entsprechende Effekte auf den EE-Bezug und / oder die EE-Erzeugung haben. Der Schwerpunkt liegt dabei wiederum auf Solaranlagen und Prosumern sowie auf dem Bezug von Ökostrom.

Die Förderung der erneuerbaren Energien (EE) erfolgt in Deutschland mit verschiedenen Instrumenten und spezifisch für die Formen der Energieanwendungen. Für die erneuerbare Stromerzeugung ist das **EEG** zentrales Förderinstrument. Es garantiert bei Netzeinspeisung des EE-Stroms Zahlungsansprüche über eine bestimmte Laufzeit für private und unternehmerische Akteure. Für private Akteure ist insbesondere die Einspeisevergütung relevant. Darüber hinaus gibt es die Option der Nutzung einer sogenannten Marktprämie bei Direktvermarktung (EEG 2018).

Mit dem **KWKG** steht ein weiteres Förderinstrument zur Strom- und Wärmeerzeugung bereit, allerdings ist der Einsatz von EE keine Fördervoraussetzung. Deshalb kann das KWKG nur bedingt zu den Förderinstrumenten für EE gezählt werden. Sowohl KWKG als auch EEG sind umlagefinanzierte Fördermechanismen. Zudem ist mit dem KWKG eine investive Förderung für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen geregelt. Werden ausreichend KWK-, EE- und Abwärme-Anteile erreicht, können über das BAFA Zuschläge zu den Investitionskosten beantragt werden. (KWKG 2018)

Für EE-Wärme ist das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (**Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG**) maßgebend. Es stellt Mindestanforderungen an die EE-Deckung des Wärmebedarfs von neu errichteten Gebäuden. Alternativ stehen Ersatzmaßnahmen zur Auswahl, z.B. höhere Effizienzniveaus. Durch das EEWärmeG wurde außerdem eine finanzielle Förderung aus Bundesmitteln festgelegt (EEWärmeG 2015), die in Form des **Marktanreizprogramms (MAP)** umgesetzt wird. Investitionskostenzuschüsse für Haushalte können über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beantragt werden. Eine **Programm der KfW** bietet zudem zinsgünstige Darlehen für Investitionen in erneuerbare Energien inkl. Speicher unter dem Titel „Erneuerbare Energien – Standard“. Hinzu kommen Förderangebote von Ländern und Kommunen. So gibt es zum Beispiel in einigen Bundesländern Zuschüsse zu den Investitionskosten für Stromspeicher.

4.1 Förderung über EEG

Beim EEG erzielen die Anlagenbetreiber über spezifische Vergütungssätze finanzielle Erlöse für den eigenerzeugten Strom, der in das öffentliche Netz eingespeist wird. Auf die Kosten für den Energiebezug eines Haushalts haben diese Erlöse keine Wirkung. Allerdings können sich die Bezugskosten reduzieren, wenn ein Teil des selbsterzeugten Stroms genutzt wird.

Die **EEG-Vergütungssätze** werden degressiv abhängig vom Leistungszubau monatlich angepasst. Die Höhe der Vergütungssätze wird quartalsweise von der Bundesnetzagentur veröffentlicht. In Tabelle 4.1 sind die aktuellen Vergütungssätze bei fester Einspeisung von PV-Strom zu sehen. Bei Einspeisung wird der PV-Strom einer Anlage mit dem zur Inbetriebnahme der Anlage geltenden Fördersatz über 20 Jahre vergütet. Auf Ein- und Zweifamilienhäusern kommen üblicherweise Anlagen in der Größenklasse bis 10 kW zur Anwendung. In der Klasse bis zu 10 kW Leistung ist bei Inbetriebnahme einer PV-Anlage ab 01.10.2019 eine Vergütung von 10,58 Cent je eingespeister kWh zu erzielen. Wird Strom nicht vollständig eingespeist und für die Eigenversorgung genutzt fällt für den eigenverbrauchten Strom eine anteilige EEG-Umlage (40 %) an. Davon ausgenommen sind PV-Anlagen bis 10 kW (EEG 2018). Die Höhe der EEG-Umlage ist von 2000 bis 2018 von 0,19 ct/kWh auf 6,79 ct/kWh angestiegen und liegt im Jahr 2019 mit 6,41 ct/kWh wieder etwas darunter (BMWi 2019b).

Tabelle 4.1: PV-Vergütungssätze bei fester Einspeisevergütung nach EEG 2017

Quelle: BNetzA (2019b)

| Inbetriebnahme | Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude nach § 48 Absatz 3 EEG | | | Sonstige Anlagen bis 100 kWp |
|----------------|---|------------|-------------|------------------------------|
| | bis 10 kWp | bis 40 kWp | bis 100 kWp | |
| | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh | ct/kWh |
| ab 01.01.2019 | 11,87 | 11,55 | 10,36 | 8,33 |
| ab 01.02.2019 | 11,75 | 11,43 | 9,87 | 8,24 |
| ab 01.03.2019 | 11,63 | 11,32 | 9,39 | 8,16 |
| ab 01.04.2019 | 11,51 | 11,21 | 8,90 | 8,08 |
| ab 01.05.2019 | 11,35 | 11,05 | 8,78 | 7,97 |
| ab 01.06.2019 | 11,19 | 10,30 | 8,65 | 7,85 |
| ab 01.07.2019 | 11,04 | 10,74 | 8,53 | 7,74 |
| ab 01.08.2019 | 10,88 | 10,59 | 8,41 | 7,64 |
| ab 01.09.2019 | 10,73 | 10,44 | 8,29 | 7,53 |
| ab 01.10.2019 | 10,58 | 10,30 | 8,18 | 7,42 |

Einfluss auf die Erlöse privater PV-Anlagenbetreiberinnen und -betreiber haben auch die Regelungen des Einspeisemanagements im EEG. So können Netzbetreiber die Leistung der PV-Anlagen im Falle eines Netzengpasses via Fernsteuerung reduzieren. Bei Abregelung werden 95 % der abgeregelten und nicht vergüteten Strommenge entschädigt. Ab einer Abregelung von 1 % des Jahresertrages der Anlage wird zu 100 % entschädigt (EEG 2018).

Für Anlagen unter 30 kW, die besonders für private Haushalte relevant sind, gibt es alternativ zur Fernsteuerung auch die Option die eigene Einspeise(wirk)leistung auf 70 % zu begrenzen (EEG 2018). Davon ausgenommen ist der Eigenverbrauch, da es um die eingespeiste Menge geht. Nach Angaben des Fraunhofer ISE (2019) ist die reale Leistung aufgrund des Wetters und technischer Begebenheiten (Ausrichtung nicht nach Süden, Verschattung, etc.) nur selten höher als 70 % der Nennleistung der Anlage, so dass der Einnahmeverlust nur bei ca. 2-5 % liegt (Wirth 2019).

4.2 Steuern und Abgaben

Steuern und Abgaben fallen für private Haushalte beim Bezug von Energie an. Abbildung 4.1 zeigt die Preisbestandteile für Strom und Gas. Der Strompreis setzt sich grob aus vier Blöcken zusammen: Energiebeschaffung/Vertrieb/Marge, Steuern/Konzession, Netz/Messung und Umlagen. Davon sind mehr als Dreiviertel des Strompreises öffentlich-rechtlich reguliert – über EEG und KWKG, Stromsteuergesetz (StromStG), Umsatzsteuergesetz (UStG), die Konzessionsabgabenverordnung (KAV) und die Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV). Der Block Steuern/Konzession macht gut ein Viertel des Strompreises. Beim Gaspreis machen Steuern/Konzession einen ähnlichen Anteil wie beim Strom aus, der gesamte öffentlich-rechtlich regulierte Anteil ist mit einem Viertel aber geringer. Auch im Gaspreis ist eine Umlage für den Anschluss von Biogasanlagen enthalten, die über die Netzentgelte auf alle Gasverbraucher gewälzt werden. Insgesamt lag der mittlere Preis für Strom im Jahr 2018 bei 29,88 Cent/kWh und bei Gas bei 6,07 Cent/kWh (siehe Abbildung 4.1).

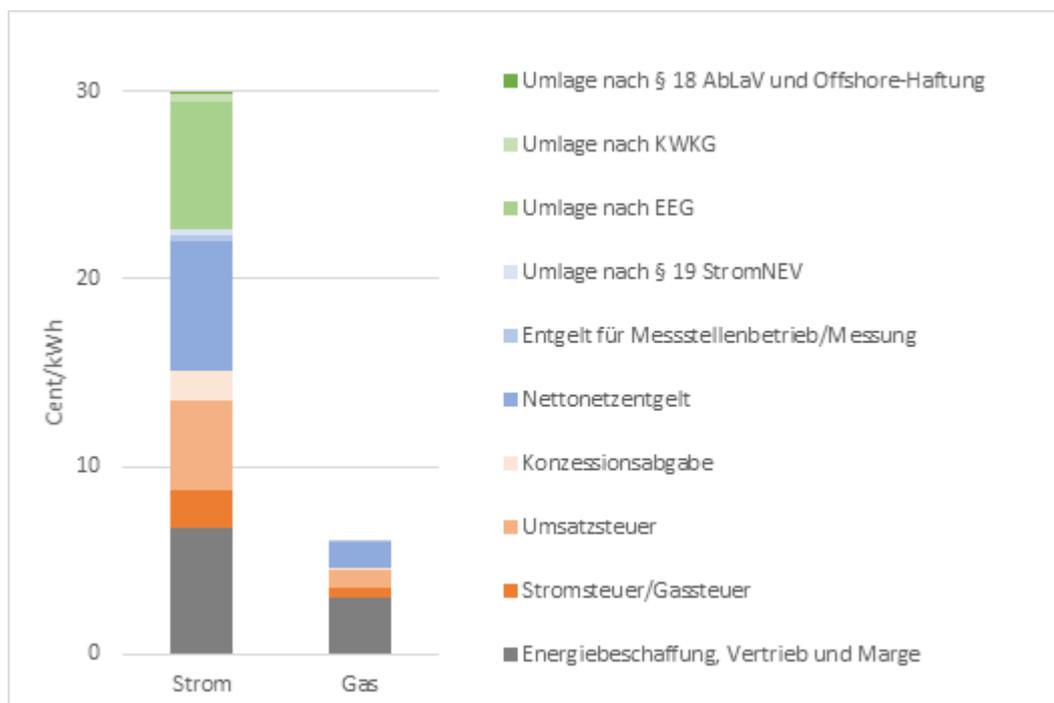


Abbildung 4.1: Zusammensetzung des Strom- und Gaspreis 2018
mengewichteter Mittelwert über alle Tarife; Eigene Darstellung nach BNetzA (2018)

„Ökostrom“ wird im EnWG über die Stromkennzeichnungspflicht adressiert: Für Strom aus EE, der nicht über das EEG gefördert wird, werden Herkunftsnachweise (HKN) beim Umweltbundesamt (UBA) verwaltet. Die genaueren Regelungen werden im EEG getroffen. Das UBA stellt HKN und Regionalnachweise aus, überträgt und entwertet diese. Die Nachweise

haben abhängig von ihren Qualitätsmerkmalen (Ort, Erzeugungsanlage, Zeit bzw. Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Lieferung) unterschiedliche Preise und wirken sich dementsprechend auf die Strombezugskosten privater Haushalte aus. Der Anteil der Kosten für die Nachweise machen aber nur einen marginalen Anteil an den Strombezugskosten aus. So finden sich Angaben und Abschätzungen für die Kosten für HKN für Strom aus nordeuropäischer Wasserkraft aus dem Jahr 2013 zu 0,2 bis 5 €/MWh, also zu sehr geringen Cent-Bruchteilen je kWh (Schroeter 2013; Reichmuth et al. 2014). Zudem können bei Ökostrom zusätzliche Kosten für bestimmte Qualitätsmerkmale anfallen. Garantiert werden diese Qualitätsmerkmale beispielsweise durch Label-Systeme, wie vom TÜV-SÜD und -NORD, ok-power-Label und Grüner Strom Label (GSL). Mit den verschiedenen Kriterien an die Qualität kommen unterschiedliche Preise zustande. Das GSL beispielsweise fordert mindestens 1 ct/kWh für die Förderung von EE-Neuanlagen.

Energiesteuern werden auch auf Biokraft- und Bioheizstoffe, die aus nachwachsenden Rohstoffen produziert wurden, erhoben (EnergieStG 2006). Mit dem Gesetz zum Einstieg in die ökologische Steuerreform aus dem Jahre 1999 wurde mit der Stromsteuer eine Verbrauchssteuer mit der Absicht eingeführt, die Energieintensität zu reduzieren und damit eine ökologische Lenkungswirkung über den Preis zu erreichen (StromStG 1999). Auch im Rahmen der aktuellen Klimaschutzdebatte wird über die Einführung von CO₂-Abgaben oder CO₂-Steuern diskutiert, um den Ausstoß an Treibhausgasen über ein Preissignal zu regulieren (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2018). Solche Regelungen würden sich auf die Bezugspreise von Energieträgern auswirken. Dabei wird häufig angenommen, dass vor allem Erdgas und Heizöl sowie Kraftstoffe teurer werden müssten, wohingegen Strom sogar günstiger werden könnte, wenn die neue Abgabe alte ersetzt (Graichen und Lenck 2018).

PV-Anlagenbetreiberinnen und -betreiber in private Haushalten können den Betrieb der Anlage als Gewerbe anmelden. In einem solchen Fall wird die Anlagenbetreiberin oder der Anlagenbetreiber zur Zahlung der Umsatzsteuer verpflichtet. Dies kann insgesamt gesehen steuerliche Vorteile mit sich bringen. Bei kleinen Anlagen, die einen Umsatz unter 17.500 Euro haben, ist eine Umsatzsteuerbefreiung über die Kleinunternehmerregelung möglich (Rutschmann 2019; Seltmann 2018).

4.3 Förderprogramme

Die Investitionskostenzuschüsse, die für EE-Anlagen, wie Solarthermie, Biomasse, Wärmepumpen und Wärmenetze, über das **MAP** gewährt werden haben Einfluss auf die einmaligen Anschaffungskosten. Für Biomasse liegen die Zuschüsse zu den Investitionskosten der Anlage zwischen 2.000 und 7.500 €, abhängig davon, ob eine Basisförderung oder Innovationsförderung in Anspruch genommen wird und ob die Anlage in einem Bestands- oder Neubau-Gebäude errichtet wird. Bei Betrachtung am Beispiel mit den Investitionskosten von 17.200 € aus Tabelle 2.3 für einen Holzpelletkessel (HP) und für den Fall EFH-60-90 und einer Innovationsförderung von 4500 € ergibt sich für den Bestand ein Förderanteil von deutlich über einem Viertel (BAFA 2018a). Für die Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Investitionskosten von 15.400 € würde bei Innovationsförderung im Gebäudebestand mit 1.950 € ein Anteil von 12,7 % gefördert (BAFA 2018b). Für die Investitionskosten einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserunterstützung fallen etwa 4600 € (Differenz G-BWK, sWW und G-BWK) an und die Förderung beträgt 500 € (BAFA 2018c). Damit ergibt sich eine Basisförderung von 10,9 %.

Zur Finanzierung des Erwerbs und der Installation von PV-Anlagen kann das Programm Erneuerbare Energien - Standard der KfW genutzt werden. Dabei handelt es sich um einen Kredit mit vergünstigten Zinssätzen. PV-Anlagen werden auf Dächern, an Fassaden oder auf Freiflächen gefördert, und es werden je nach Bonität der Kreditnehmerinnen und Kreditnehmer Zinssätze ab 1,03 % gewährt. Neben der Nutzung von EE fördert das Programm „Erneuerbare Energien - Standard“ auch Maßnahmen zur Integration EE in das Energiesystem. Dazu gehört die Flexibilisierung von Stromangebot und -nachfrage sowie die Digitalisierung für den systemverträglichen Einsatz (KfW 2018). Es löst damit auch das KfW-Programm „Erneuerbare Energien - Speicher“ ab. Dieses Programm war für die Förderung von **Stromspeichern** in den Jahren 2013 bis 2018 relevant, da es 10 bis 30 % Tilgungszuschüssen anbot. Damit konnten die laufenden Finanzierungskosten reduziert werden. Derzeit gibt es eine direkte Förderung noch in einigen Bundesländern (s. Tabelle 4.2). Hinzu kommen einige städtische Zuschussprogramme. Die regionalen Angebote können sehr wirksam sein: So kommen Figgenger et al. (2019) zu dem Ergebnis, dass im Jahr 2018 in Baden-Württemberg 8.000 Speichersysteme installiert wurden – 3.000 davon mit Unterstützung des landeseigenen Förderprogramms „Netzdienliche Photovoltaik-Batteriespeicher“. Der Markt an Heimspeichern wuchs damit im Vergleich zu 2017 um rund 50 % während bundesweit das Wachstum nur bei rund 25 % lag.

Tabelle 4.2: Zuschüsse für Speicher auf Bundesebene und in den Bundesländern

Quelle: eigene Darstellung auf Basis co2online (2019)

| | Investitionskosten | Förderprogramm |
|----------------------------|--|--|
| Bund | Kreditvergünstigte Darlehen | KfW „Erneuerbare Energien - Standard“- |
| Sachsen | 1.000 € + 200 €/kWh max. 40.000 €. | Programm Stromspeicher mit / ohne Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge |
| Nordrhein-Westfalen | 10 % der Investitionssumme max. 75.000 € | progres.nrw |
| Bayern | 1.900 € | 10.000-Häuser-Programm |
| Baden-Württemberg | 200 €/kWh, min. 400 €, max. 5.000 € | Förderung netzdienlicher Photovoltaik-Batteriespeicher |
| Thüringen | für Energiespeicher ein Zuschuss von bis zu 30 % | Solar Invest |
| Rheinland-Pfalz | - | In Planung |

4.4 Ordnungsrecht: EnEV, EEWärmeG und EWärmeG

Die ordnungsrechtlichen Instrumente Energieeinsparverordnung (EnEV), Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) und Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) erhöhen durch verpflichtende Maßnahmen die Investitionskosten für private Haushalte. Die EnEV regelt vor allem die Energieeffizienz von Neubauten wie Bestandsgebäuden. Eine Verpflichtung zum Einsatz von EE-Wärme enthält auf Bundesebene das EEWärmeG – allerdings nur für Neubauten. In Baden-Württemberg besteht durch das EWärmeG auch eine EE-Pflicht für Bestandsgebäude. In Tabelle 4.3 sind die geforderten **EE-Pflichtanteile** zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs bei den verschiedenen EE-Technologien aufgeführt, in Tabelle 4.4 die möglichen Ersatzmaßnahmen. Durch die Regelungen verändert sich bei Neubauten sowie bei Bestandsgebäuden in Baden-Württemberg die Referenz für Kostenvergleiche: Diese kann nun nicht mehr ohne weiteres ein (fossiler) Gas- oder Ölkessel sein. Ebenso verändert sich die Freiwilligkeit der EE-Nutzung.

Tabelle 4.3: Pflichtanteile nach EEWärmeG und EWärmeG zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs

Quelle: EEWärmeG: für neu errichtete Gebäude; E-WärmeG: für bereits errichtete Gebäude bei Heizungsanlagenaustausch oder nachträglichen Einbau (EEWärmeG 2015) (Pehnt et al. 2018)

| | EEWärmeG | EWärmeG |
|--|----------|--------------------|
| EE-Anteile insgesamt | - | 15 % |
| Solarthermische Anlage | 15 % | 5-15 % |
| Gasförmige Biomasse | 30 % | 5-10 % |
| Flüssige Biomasse | 50 % | 5-10 % |
| Feste Biomasse | 50 % | 10-15 %/ 5-15 % *) |
| Geothermie / Umweltwärme | 50 % | 5-15% |
| *) Einzelraumfeuerung / Holzzentralheizung | | |

Tabelle 4.4: Ersatzmaßnahmen nach EEWärmeG und EWärmeG

EEWärmeG: für neu errichtete Gebäude; E-WärmeG: für bereits errichtete Gebäude; Quellen: EEWärmeG (2015) und Pehnt et al (2018)

| | EEWärmeG | EWärmeG |
|-----------------------|---|--|
| | Anteil | Anteil |
| Baulicher Wärmeschutz | 15% unter EnEV für Primärenergiebedarf bzw. Wärmedämmung | 20% unter EnEV für Wärmedämmung |
| KWK | 50 % | 5-15 % |
| Fernwärme/Wärmenetz | 50 % erfüllt, wenn „wesentlicher“ EE-Anteil oder 50 % KWK | 5-15 % erfüllt, wenn mindestens 50 % KWK, 15 % EE oder Abwärme |
| PV | - | 5-15 % |
| Abwärme | 50 % | - |
| Sanierungsfahrplan | - | 5 % |

Im EWärmeG können zur Erreichung des insgesamt geltenden 15 % EE-Mindestanteile EE-Technologien und Ersatzmaßnahmen in 5 % Schritten untereinander und miteinander kombiniert werden. Auch im EEWärmeG ist eine Kombination der EE-Technologien und der Ersatzmaßnahmen möglich. Beide Gesetze ermöglichen es also, statt EE-Wärme einzusetzen die Energieeffizienz des Gebäudes zu verbessern (baulicher Wärmeschutz). Damit könnten die Regelungen zur Folge haben, dass entweder das eine oder das andere umgesetzt wird und somit EE eher in weniger effizienten Gebäuden eingesetzt werden.

Der Erfahrungsbericht zum EEWärmeG und der Evaluierungsbericht zum EWärmeG schlüsseln die in den Berichtsjahren umgesetzten Erfüllungsoptionen bzw. Erfüllungsmixe auf. Im Jahr 2014 wurden für neue Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) knapp 100.000 Baugenehmigungen erteilt (Tabelle 4.5). Für diese EZFH wurden rund 140.000 Erfüllungsoptionen gemeldet, sodass im Durchschnitt mehr als eine Option gewählt wurde. Häufigste Option war der Einsatz von EE-Wärme mit knapp 80.000 Meldungen. An zweiter und dritter Stelle stehen als ebenfalls oft gewählte Optionen die Übererfüllung der EnEV und die Wärmerückgewinnung.

Tabelle 4.5: Gemeldete Erfüllungsoptionen für das EEWärmeG in Wohn-Neubauten mit Baugenehmigung und im Jahr 2014

Quelle: eigene Darstellung nach BMWi (2015) auf Grundlage von StBA

| | EZFH |
|---|----------------|
| Anzahl Baugenehmigungen | 97.764 |
| Anzahl gemeldeter Erfüllungsoptionen | 138.218 |
| § 4 – Ausnahmeregelung | 2.512 |
| § 5 – EE-Wärme | 79.574 |
| § 5 – EE-Kälte | 527 |
| § 6 – gemeinschaftliche Wärmeversorgung | 882 |
| § 7 – KWK | 2.046 |
| § 7 – Wärmerückgewinnung | 20.248 |
| § 7 – Übererfüllung EnEV | 26.481 |
| § 7 – Fernwärme | 5.714 |
| § 9 – Ausnahme oder Befreiung | 234 |

Für den Wohngebäudebestand in Baden-Württemberg wird ebenfalls der Einsatz von EE-Wärme (Solarthermie, Feste Biomasse, Wärmepumpe) am häufigsten gewählt: In 45 % der Fälle wurde diese Erfüllungsoption mitgeteilt (s. Abbildung 4.2). Bei den Ersatzmaßnahmen ist auch hier der bauliche Wärmeschutz am bedeutendsten. Hinzu kommt ein Viertel der Verpflichtungen, die über eine Kombination der Optionen erfüllt wird.

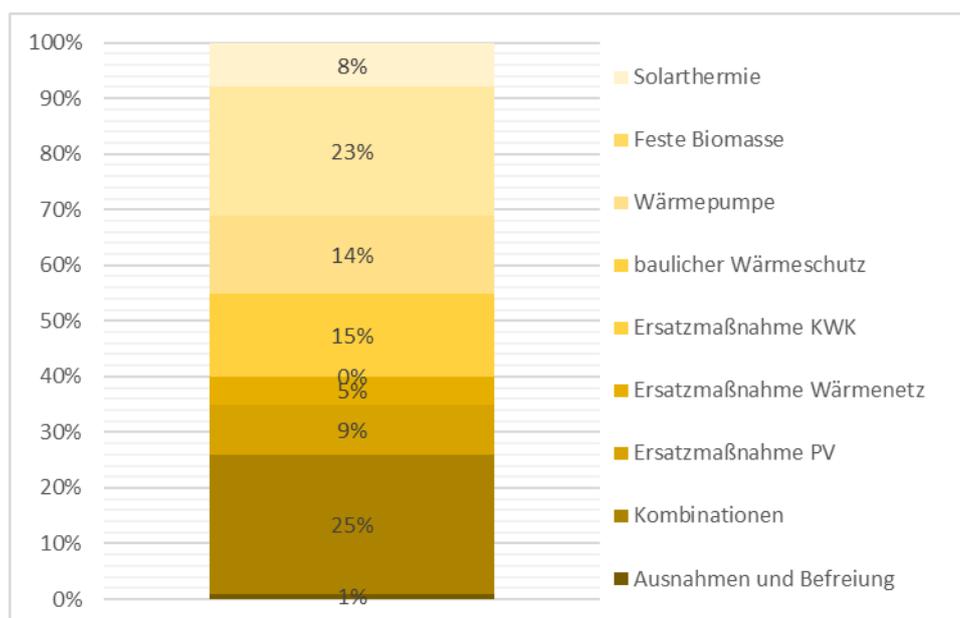


Abbildung 4.2: Erfüllungsmix für das EwärmeG im Wohn-Bestand im Jahr 2017

Quelle: Eigene Darstellung nach Pehnt et al. (2018)

Insgesamt stellt sich die Frage, ob die gesetzlichen Regelungen dazu führen, dass in Gebäuden entweder besonders hohe Wärmeschutzanforderungen eingehalten werden oder EE eingesetzt werden. Wäre das der Fall so könnte der Einbau von EE-Anlagen dazu führen, dass das Niveau beim Wärmeschutz sinkt, was als Rebound-Effekt gedeutet werden kann. Bisher gibt es hierzu jedoch keine Erkenntnisse.

4.5 Fazit

Das EEG ist für PV-Anlagenbesitzerinnen und -besitzer die zentrale gesetzliche Regelung. Die aktuelle Regelung fördert den Eigenverbrauch gegenüber der Einspeisung – während noch vor ein paar Jahren eher möglichst viel eingespeist wurde. Durch die Abregelung bzw. Kappung der Einspeisemenge wird möglicherweise ein Anreiz gesetzt, den Verbrauch von Strom zu erhöhen, damit keine Energie „verschwendet“ wird. In Zeiten von Überproduktion im Haushalt bleibt es gleichzeitig monetär attraktiver, den Strom einzuspeisen als ihn durch zusätzliche Verbraucher im eigenen Haushalt zu nutzen. Von daher ist das EEG insgesamt als ambivalent für Rebound-Effekte zu bewerten.

Steuern und Abgaben für den Bezug von Strom und andere Energieträger machen diesen teurer und können damit zu einer Reduktion von Rebound-Effekten beim Bezug von Energie beitragen. Ein Kostenvergleich unterschiedlicher Energieträger zeigt, dass dies vor allem für Strom gilt. Da teilweise auch Steuern für eigenverbrauchten Strom bezahlt werden müssen, ist auch dessen Eigenverbrauch ebenfalls nicht völlig kostenfrei.

Zuschüsse und Kredite für die Investitionen in EE-Anlagen reduzieren die Gesamtkosten und machen damit die Kosten der EE-Erzeugung geringer. Damit steigt die Gefahr eines monetären (direkten und indirekten) Rebound-Effekts. Allerdings sind die Fördermittel nicht so hoch, dass sich die Kostenstrukturen dadurch grundlegend ändern. Entsprechend ist eher von geringen Effekten auszugehen.

Die ordnungsrechtlichen Regelungen verpflichten teilweise zur Nutzung von EE und zur Einhaltung von Effizienzstandards. Dies gilt insbesondere für Neubauten. Die Regelungen führen insgesamt zu einer Erhöhung der Energieeffizienz. Da diese Maßnahmen aber ein Ersatz für den EE-Einsatz sein können, kann es ggf. dazu kommen, dass entweder das eine oder das andere umgesetzt wird. Es gibt jedoch keine Erkenntnisse dazu, dass deshalb der EE-Einsatz konkret Effizienzmaßnahmen verhindert, und es somit zu Rebound-Effekten kommt.

5 Literaturverzeichnis

- AGFW [Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.] (2018): AGFW-Hauptbericht 2017. Frankfurt am Main. www.agfw.de (Zugriff: 23. September 2019).
- Aretz, Astrid, Jan Knoefel und Swantje Gähns (2017): Prosumer-Potenziale in NRW 2030. Berlin: Hrsg.: IÖW. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2017/Bericht_Prosumer_in_NRW_2030.pdf (Zugriff: 23. September 2019).
- BAFA [Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle] (2018a): Förderübersicht Biomasse als PDF-Datei. https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Biomasse/biomasse_node.html;jsessionid=AF395758360E6BD572899D6541DAD87E.2_cid371 (Zugriff: 30. September 2019).
- BAFA [Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle] (2018b): Förderübersicht Wärmepumpe als PDF-Datei. https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Waermepumpen/waermepumpen_node.html;jsessionid=AF395758360E6BD572899D6541DAD87E.2_cid371 (Zugriff: 30. September 2019).
- BAFA [Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle] (2018c): Förderübersicht Solarthermie als PDF-Datei. https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Solarthermie/solarthermie_node.html;jsessionid=AF395758360E6BD572899D6541DAD87E.2_cid371 (Zugriff: 30. September 2019).
- BAFA [Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle] (2019): Statistik: Zulassung von KWK-Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG). Juli. https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Stromverguetung/stromverguetung_node.html (Zugriff: 23. September 2019).
- BDH [Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V.] (2018): Pressegrafik: Gesamtbestand zentrale Wärmeerzeuger Deutschland 2017. <https://www.bdh-koeln.de/presse-1/pressegrafiken> (Zugriff: 23. September 2019).
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2015): Zweiter Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz. Die Entwicklung des Wärme- und Kältemarktes in Deutschland. Berlin. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/zweiter-erfahrungsbericht-erneuerbare-energien-waerme-gesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=10 (Zugriff: 30. September 2019).
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2018): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2017. Berlin: Hrsg.: BMWi. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=27 (Zugriff: 30. September 2019).
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2019a): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland 1990 - 2018, Excel-Datei. Bundesministerium für Wirtschaft, Februar. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html (Zugriff: 23. September 2019).
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2019b): EEG-Umlage in Cent pro Kilowattstunde. 19. Juni. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/eeg-umlage.html> (Zugriff: 30. September 2019).
- BNetzA [Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen] (2018): Monitoringbericht 2018. Bonn. <https://www.bundesnetzagen->

- [tur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Monitoringbericht_Energie2018.pdf?__blob=publicationFile&v=6](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Monitoringbericht_Energie2018.pdf?__blob=publicationFile&v=6) (Zugriff: 23. September 2019).
- BNetzA [Bundesnetzagentur] (2019a): Marktstammdatenregister: Veröffentlichung der Registerdaten - 08/2014 bis 01/2019. Januar. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html (Zugriff: 23. September 2019).
- BNetzA [Bundesnetzagentur] (2019b): Anzulegende Werte für Solaranlagen Mai bis Juli 2019. 25. April. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/PV_Datenmeldungen/DegressionsVergSaetze_05-07_19.html (Zugriff: 23. September 2019).
- Bogensperger, Alexander, Andreas Zeiselmair, Michael Hinterstocker und Christa Dufter [Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.] (2018): Die Blockchain-Technologie: Chance zur Transformation der Energieversorgung? Berichtsteil Technologiebeschreibung. FfE. https://www.ffe.de/attachments/article/803/Blockchain_Teilbericht_Technologiebeschreibung.pdf (Zugriff: 23. September 2019).
- Böhnisch, Helmut, Jürgen Deuschle, Michael Nast und Dr. Uwe Pfenning (2006): Nahwärmeversorgung und Erneuerbare Energien im Gebäudebestand- Initiierung von Pilotprojekten in Baden-Württemberg, Hemmnisanalyse und Untersuchung der Einsatzbereiche. Endbericht. Stuttgart: Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung; Universität Stuttgart; Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt.
- BSW-Solar [Bundesverband Solarwirtschaft] (2019a): Statistikpapier „Photovoltaik“ (aktualisierte Fassung 03/2019). März. https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/bsw_faktenblatt_pv_2019_3.pdf.
- BSW-Solar [Bundesverband Solarwirtschaft] (2019b): Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie). März. https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/bsw_faktenblatt_st_2019_3.pdf (Zugriff: 23. September 2019).
- Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2018): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks zum Anlagenbestand in Deutschland 2017. Sankt Augustin. <https://www.schornsteinfeger.de/sonderdruck-2017.pdf> (Zugriff: 23. September 2019).
- Burckhardt, Leonardo und Martin Pehnt (2017): Plug-in-Photovoltaik in Deutschland: Eine technische, ökonomische und soziale Analyse. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 67, Nr. 4. Erneuerbare Energien: 48–52.
- Cischinsky, Holger und Nikolaus Diefenbach (2018): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Darmstadt: Hrsg.: IWU. https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Endbericht_Datenerhebung_Wohngeb%C3%A4udebestand_2016.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- Clausen, Jens, Wiebke Winter und Cora Kettmann (2012): Akzeptanz von Nahwärmenetzen. Teilbericht zu AP 7 im Rahmen des Projektes „Möglichkeiten und Grenzen von Nahwärmenetzen in ländlich strukturierten Gebieten unter Einbeziehung regenerativer Wärmequellen – Vernetzung von dezentralen Kraft- und Wärmeerzeugungs-Systemen unter Berücksichtigung von Langzeitwärmespeicherung“. März. <https://www.bordestep.de/publikation/clausen-j-winter-w-kettmann-c-2012-akzeptanz-von-nahwaermenetzen-berlin-hannover/> (Zugriff: 30. September 2019).
- co2online gemeinnützige GmbH (2019): Batteriespeicher: Alle Förderprogramme & Zuschüsse von KfW, BAFA und Co. 20. Juni. Website: https://www.co2online.de/foerdermittel/liste/einbau_batteriespeicher/ (Zugriff: 30. September 2019).

- Dalenbäck, Jan-Olof [Chalmers University Gothenborg] (2017): Database: Ranking List of European Large Scale Solar Heating Plants. European Large-scale Solar Heating Network, Working Group 2E of the European Solar Thermal Technology Platform, IEE Solar District Heating. <https://www.solar-district-heating.eu/en/plant-database/> (Zugriff: 23. September 2019).
- DGRV [Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V.] (2018): Energiegenossenschaften 2018. <https://www.genossenschaften.de/zahlen-und-fakten> (Zugriff: 23. September 2019).
- DGS [Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie] (2016): Positionspapier Grünes Licht für Stecker-Solar-Geräte. <http://www.pvplug.de/positionspapier/> (Zugriff: 23. September 2019).
- Dr. Grieger & Cie. Marktforschung (2016): Heizungstechnik und Heizverhalten in Deutschland. Studie. Hamburg: TopTarif Internet GmbH / Thermondo GmbH. <https://www.thermondo.de/info/waermewende/studien/thermondo-heizstudie/> (Zugriff: 30. September 2019).
- Dunkelberg, Elisa, Swantje Gähns, Julika Weiß und Steven Salecki (2018): Wirtschaftlichkeit von Mehrleiter-Wärmenetzen. Ökonomische Bewertung von Mehrleiter-Wärmenetzen zur Nutzung von Niedertemperaturwärme. (August). https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2018/IOEW-SR_215_Wirtschaftlichkeit_Mehrleiter-W%C3%A4rmenetze.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- EEG (2018): *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2017)*. https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/.
- EEWärmeG (2015): *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG)*. https://www.gesetze-im-internet.de/eew_rmeg/index.html.
- EnergieStG (2006): *Energiesteuergesetz (EnergieStG)*. <https://www.gesetze-im-internet.de/energiestg/EnergieStG.pdf>.
- Enkhardt, Sandra (2019): EuPD Research: Cloud- und Communitytarife mehrheitlich nicht günstiger als Ökostromtarife. *pv magazine Deutschland* (11. Juni). <https://www.pv-magazine.de/2019/06/11/eupd-research-cloud-und-communitytarife-mehrheitlich-nicht-guenstiger-als-oekostromtarife/>.
- Figgenger, Jan, David Haberschusz, Kai-Philipp Kairies, Oliver Wessels, Benedikt Tepe und Dirk Uwe Sauer (2018): Speichermonitoring: Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Jahresbericht 2018. Aachen: Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, RWTH Aachen. http://www.speichermonitoring.de/fileadmin/user_upload/Speichermonitoring_Jahresbericht_2018_ISEA_RWTH_Aachen.pdf (Zugriff: 23. September 2019).
- Figgenger, Jan, David Haberschusz, Kai-Philipp Kairies, Oliver Wessels, Sebastian Zurmühlen und Dirk Uwe Sauer (2019): Speichermonitoring BW. Jahresbericht 2019. Aachen: Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe. RWTH Aachen. https://www.speichermonitoring-bw.de/wp-content/uploads/2019/08/Speichermonitoring_BW_Jahresbericht_2019_ISEA_RWTH_Aachen.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- FNR [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.] (2019): Datenbank Bioenergiedörfer. <https://datenbank.fnr.de/karte/bioenergiedoerfer/> (Zugriff: 23. September 2019).
- Franz, Stephan und Fabian Zuber (2016): Marktstudie. Batteries, Bits and Business: Neues von der Energiewende. Büro F und I°energy. <https://docplayer.org/48288911-Batteries-bits-and-business-neues-von-der-energiewende.html> (Zugriff: 23. September 2019).

- Fuhs, Michael (2017): Allgemeiner Wirtschaftlichkeitsvergleich der Cloud- und Community-Tarife nicht möglich. *pv magazine Deutschland*. 14. Juli. Website: <https://www.pv-magazine.de/2017/07/14/allgemeiner-wirtschaftlichkeitsvergleich-der-cloud-und-community-tarife-nicht-moeglich/#tipps> (Zugriff: 16. September 2019).
- Gähns, Swantje, Katrin Mehler, Mark Bost und Bernd Hirschl (2015): Acceptance of Ancillary Services and Willingness to Invest in PV-storage-systems. *Energy Procedia* 73 (Juni): 29–36.
- Graichen, Patrick und Thorsten Lenck (2018): Eine Neuordnung der Abgaben und Umlagen auf Strom, Wärme, Verkehr. Optionen für eine aufkommensneutrale CO₂-Bepreisung. Berlin: Agora Energiewende. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/Abgaben_Umlagen/147_Reformvorschlag_Umlagen-Steuern_WEB.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- Hauser, Eva, Sascha Heib, Jan Hildebrand, Irina Rau, Andreas Weber, Jana Welling, Jannik Güldeberg, Christian Maaß, Juliane Mundt, Robert Werner, et al. (2019): Marktanalyse Ökostrom II. Marktanalyse Ökostrom und HKN, Weiterentwicklung des Herkunftsnachweissystems und der Stromkennzeichnung. Abschlussbericht. CLIMATE CHANGE 30/2019. Dessau-Roßlau: Hrsg.: BMWi. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-08-15_cc_30-2019_marktanalyse_oekostrom_ii.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- Heimann, Stefan (2016): Mini-BHKW: Die wichtigsten Infos zu Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen für Ein- und Mehrfamilienhäuser. *co2online*. 1. April. Website: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/blockheizkraftwerk-kraftwaerme-kopplung/mini-bhkw/> (Zugriff: 18. September 2019).
- KfW [Kreditanstalt für Wiederaufbau] (2018): Merkblatt Erneuerbare Energien. KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“. Mai. [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000000178-Merkblatt-270-274.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000000178-Merkblatt-270-274.pdf) (Zugriff: 30. September 2019).
- Klobasa, Marian, Benjamin Lux, Benjamin Pfluger, Michael von Bonin, Norman Gerhardt, Johannes Antoni, Dennis Nill, Simon Schäfer-Stradowsky und Uwe Holzhammer (2019): Monitoring der Direktvermarktung von Strom aus erneuerbaren Energien. Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Quartalsbericht (06/2019). Karlsruhe/Kassel/Berlin: Hrsg.: BMWi. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/monitoring-der-direktvermarktung-quartalsbericht-06-2019.pdf;jsessionid=A569A4B22247896899573F2B12F858BC?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff: 30. September 2019).
- Klotz, Eva-Maria, Marcus Koepp, Frank Peter, Nils Thamling, Marco Wunsch, Inka Ziegenhagen, Dr. Bernd Eikmeier, Max Fette und Karen Janßen [S.96] (2014): Potenzial- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung (Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie) sowie Evaluierung des KWKG im Jahr 2014. BMWi / Prognos / Fhf IFAM / IREES / BHKW-Consult, 1. Oktober. https://www.ifam.fraunhofer.de/de/Institutsprofil/Standorte/Bremen/Formgebung_Funktionswerkstoffe/Energiesystemanalyse/Projektetails/KWK-Potenzialstudie.html (Zugriff: 23. September 2019).
- Köhrer, Martin, Peter Hennig und Daniel Yanev (2018): Die Zusatzheizung - Nutzung ergänzender Heizsysteme im Gebäudebereich. Endbericht. Berlin: Hrsg.: co2online gemeinnützige GmbH. <https://www.co2online.de/fileadmin/co2/research/zusatzheizung-studie.pdf> (Zugriff: 23. September 2019).
- Kreutzmann, Anne, Jochen Siemer, Andreas Lohse, Irene Naujoks und Andrea Fischer (2018): So klappt's mit der eigenen Solaranlage. *PHOTON - Das Solarstrom-Magazin*, Nr. August 2018 (August).

- KWKG (2018): *Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) vom 21. Dezember 2015*.
https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/.
- LSN [Landesamt für Statistik Niedersachsen] (2014): Gebäude- und Wohnungsbestand in Deutschland 2011. Hg. v. Statistische Ämter des Bundes und der Länder.
https://www.zensus2011.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Aufsaeetze_Archiv/2015_12_NI_GWZ_endgueltig.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Zugriff: 23. September 2019).
- Mahapatra, Krushna und Leif Gustavsson (2009): Influencing Swedish homeowners to adopt district heating system. *Applied Energy* 86: S. 144-154.
- Nakazi, Stefan und Reinhard Loch (2016): Positionspapier Plug-and-play für die Energiewende. Mini-Photovoltaikanlagen für den Anschluss an Steckdosen (Stecker-PV). Hg. v. Verbraucherzentrale NRW e.V. November. https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/2017-08/Positionspapier_Plug-and-play_fuer_die_Energiewende.pdf (Zugriff: 23. September 2019).
- Pehnt, Martin, Uta Weiß, Sara Fritz, Dominik Jessing, Julia Lempik, Peter Mellwig, Michael Nast, Veit Bürger, Tanja Kenkmann, Jana Zieger, et al. (2018): Evaluation des Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG). Endbericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Heidelberg/Berlin/Freiburg/Karlsruhe/Rottenburg: Hrsg.: ifeu. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/2018_ifeu-et-al._Evaluation-des-Erneuerbare-W%C3%A4rme-Gesetz-EW%C3%A4rmeG_final_akt_Verz.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- Preiß, Stefan (2017): „Wirklich Eigenstrom“: Polarstern entwickelt herstellerunabhängiges Community-Modell. *EUWID Neue Energie*. 13. April. Website: <https://www.euwid-energie.de/wirklich-eigenstrom-polarstern-entwickelt-herstellerunabhaengiges-community-modell/> (Zugriff: 30. September 2019).
- Preiß, Stefan [Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH] (2019a): Post-EEG: Direktvermarktung auch für kleinere PV-Anlagen. *EUWID Neue Energie* (2. Mai). <https://www.euwid-energie.de/post-eeg-direktvermarktung-auch-fuer-kleinere-pv-anlagen/>.
- Preiß, Stefan (2019b): Sieben Post-EEG-Strategien im Überblick: Pro und Contra von PPA, Regionalstrom, Eigenverbrauch & Co. *EUWID Neue Energie*. 28. Mai. Website: <https://www.euwid-energie.de/sieben-post-eeg-strategien-im-ueberblick-pro-und-contra-von-ppa-regionalstrom-eigenverbrauch-co/> (Zugriff: 30. September 2019).
- Reichmuth, Matthias, Christian Lorenz, Christina Beestermöller, Christian Nabe und Christiane Markgraf (2014): Marktanalyse Ökostrom. Endbericht. Dessau-Roßlau: Hrsg.: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_04_2014_marktanalyse_oekostrom_0.pdf (Zugriff: 23. September 2019).
- Rogalla von Bieberstein, Matthias, Hendrik Vahrson, Alexander Gossen und Eva Schwenzfeier-Hellkamp (2018): Wie geht's weiter nach 2020? Möglichkeiten für alte PV-Anlagen. *Sonnenenergie*, Nr. 2|2018 (Juni). https://www.sonnenenergie.de/sonnenenergie-redaktion/SE-2018-02/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2018-02-s018-Photovoltaik-Wie_geht_das_weiter_nach_2020.pdf.
- Rubik, Frieder, Ria Müller, Richard Harnisch, Brigitte Holzhauser, Michael Schipperges und Sonja Geiger (2019): Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin: Hrsg.: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/ubs2018_-_m_3.3_basisdaten-broschuere_barrierefrei-02_cps_bf.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- Rutschmann, Ines (2019): Photovoltaik-Steuer auf Solarstrom. Einkommen- und Umsatzsteuer auf Ihren Sonnenstrom. *Finanztip*. 4. Juni. Website: <https://www.finanztip.de/photovoltaik/pv-steuer/> (Zugriff: 30. September 2019).
- Scheftelowitz, Mattes und Daniela Thrän (2016): Biomasse im EEG 2016. Hintergrundpapier zur Situation der Bestandsanlagen in den verschiedenen Bundesländern. Leipzig:

- Hrsg.: DBFZ. https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Statements/Hintergrundpapier_Biomasse_EEG2016.pdf (Zugriff: 23. September 2019).
- Schröder, S., N. Bach und M. Weber (2018): Akzeptanz von LowExTra-Wärmenetzen. unveröffentlicht.
- Schroeter, Stefan (2013): Herkunftsnachweise für Grünstrom werden an der Börse gehandelt. *VDI Verlag GmbH* 2019. 11. Juli. Website: <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/herkunftsnachweise-fuer-gruenstrom-an-boerse-gehandelt/> (Zugriff: 30. September 2019).
- Schwencke, Tilman [Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V] (2019): BDEW-Strompreisanalyse Juli 2019. Haushalte und Industrie. BDEW, 23. Juli. https://www.bdew.de/media/documents/190723_BDEW-Strompreisanalyse_Juli-2019.pdf (Zugriff: 18. September 2019).
- Seltmann, Thomas (2018): Gefährliches Halbwissen. *pv magazine Deutschland* (21. September). <https://www.pv-magazine.de/2018/09/21/gefaehrliches-halbwissen/>.
- StromStG (1999): *Stromsteuergesetz (StromStG) § 1 Steuergegenstand, Steuergebiet*. <https://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/>.
- UBA [Umweltbundesamt] (2012): Häufig gestellte Fragen. Herkunftsnachweisregister (HKNR). Dessau-Roßlau: Hrsg.: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/faq_hknr.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- Völler, Klaus und Toni Reinholz (2019): Branchenbarometer Biomethan 2019. Berlin: Hrsg.: dena. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-Analyse_Branchenbarometer_Biomethan_2019.pdf (Zugriff: 30. September 2019).
- Weniger, Johannes, Joseph Bergner, Tjarko Tjaden und Volker Quaschnig (2015): Dezentrale Solarstromspeicher für die Energiewende. BERLINER WISSENSCHAFTS-VERLAG GmbH, Juni. <https://pvspeicher.htw-berlin.de/solarspeicherstudie/> (Zugriff: 30. September 2019).
- Wennmacher, Thomas, Reinhard Loch und Udo Sieverding (2017): Pachtmodelle für Photovoltaikanlagen. Wie wirtschaftlich sind Angebote von Stadtwerken und Regionalversorgern? Düsseldorf: Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen. <https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/2017-12/Solaranlagen-pachten.pdf> (Zugriff: 16. September 2019).
- Wirth, Harry (2019): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Freiburg: Hrsg.: Fraunhofer ISE. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (Zugriff: 2. September 2019).
- Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2018): Ausarbeitung: Steuern und nichtsteuerliche Abgaben auf CO₂-Emissionen. Verfassungsrechtliche Möglichkeiten und Grenzen. 19. Oktober. <https://www.bundestag.de/resource/blob/550274/7b763d22a15c1bd90a307e8c1dc8b808/WD-5-022-18-pdf-data.pdf> (Zugriff: 30. September 2019).
- Zhu, Julia (2018): Nachbefragung Praxistest Solarthermie: Technologien, Hindernisse und Bewertung des Praxistests. co2online gemeinnützige GmbH, Mai. https://www.co2online.de/fileadmin/co2/dossier/solarthermie/praxistest_solarthermie/praxistest-solarthermie-nachbefragung-hemnisse.pdf (Zugriff: 30. September 2019).

www.ee-rebound.de