

den, da nur diese zur Eigenstromversorgung auf Firmengeländen in Frage kommen.

Der für Windenergieanlagen verwendete Stromgestehungspreis basiert auf einer eigens erstellten Berechnung. Dieser liegen durchschnittliche spezifische Investitionskosten von 1.200 €/kW und ein Standort, der mindestens 4.000 Volllastbetriebsstunden erzielen kann, zu Grunde. Weiterhin wurden ein Kapitalzinssatz von 5 % und eine Darlehenstilgung innerhalb von 10 Jahren angenommen. Der so ermittelte Stromgestehungspreis beläuft sich für eine Anlage mit 3 MW_{el} und einer Anlagennutzungsdauer von 20 Jahren auf 4,08 €-Cent/kWh. Die nach dem bisherigen und aktuellen EEG einsetzende Degression der Vergütung, von der Anfangsvergütung² auf die Grundvergütung, ist auf Grund der nötigen Volllaststunden und dem daraus resultierenden sehr guten Standort mit 5 Jahren angenommen worden. Dies entspricht damit der Voraussetzung, dass der Referenzertrag der Windkraftanlage erreicht wurde. Wird der Referenzertrag nicht erreicht, verringert sich zwar der Energieertrag der Anlage, es kommt aber auch zu einer Verlängerung des Zeitraums, in dem die Anfangsvergütung entrichtet wird (vgl. § 29 EEG-2012 und § 49 EEG-2014).

In Abbildung 5-1 wird deutlich, dass Windenergieanlagen sehr wirtschaftlich betreibbar sind, wenn der Standort entsprechend geeignet ist. Sowohl die Vergütung nach EEG-2012 als auch die nach EEG-2014 ermöglichen einen kostendeckenden und gleichzeitig gewinnbringenden Betrieb. Die im Zusammenhang mit der Stromeigenversorgung stehende zusätzliche Belastung mit der im EEG-2014 anfallenden EEG-Umlage hat einen erheblichen kostensteigernden Effekt.

Der Strompreis für den Eigenverbrauch steigt von 4,08 €-Cent/kWh (EEG-2012 ohne Umlage) um 45 % auf 5,93 €-Cent/kWh für die Jahre 2014/15 und um 53 % auf 6,24 €-Cent/kWh für das Jahr 2016. Ab dem 1. Januar 2017 liegt, nach aktueller Gesetzeslage, der Strompreisanstieg bei ca. 60% auf 6,55 €-Cent/kWh. Für stromkostenintensive Unternehmen liegt der Anstieg ab dem 1. August 2014 jedoch lediglich bei 23 % auf 5,01 €-Cent/kWh.

Festzuhalten ist, dass die Stromgestehungskosten im Falle der Eigenversorgung trotz der anfallenden EEG-Umlage deutlich geringer sind als die Strombezugskosten für Industriekunden. Die EEG-Umlage führt daher nicht zur Unwirtschaftlichkeit von Windenergieanlagen.

Der Einfluss der Beaufschlagung mit der EEG-Umlage ist in der folgenden Tabelle 5-1 zusammengefasst.

² Die Anfangsvergütung ist die von der Grundvergütung abweichende Vergütung, die mindestens die ersten fünf Jahre nach Inbetriebnahme vergütet wird. Der Zeitraum verlängert sich in Abhängigkeit des Referenzertrages. Dieser wird in entsprechend des Inbetriebnahmedatums der Windenergieanlage mit Hilfe der Anlagen des EEG-2012 oder EEG-2014 errechnet.

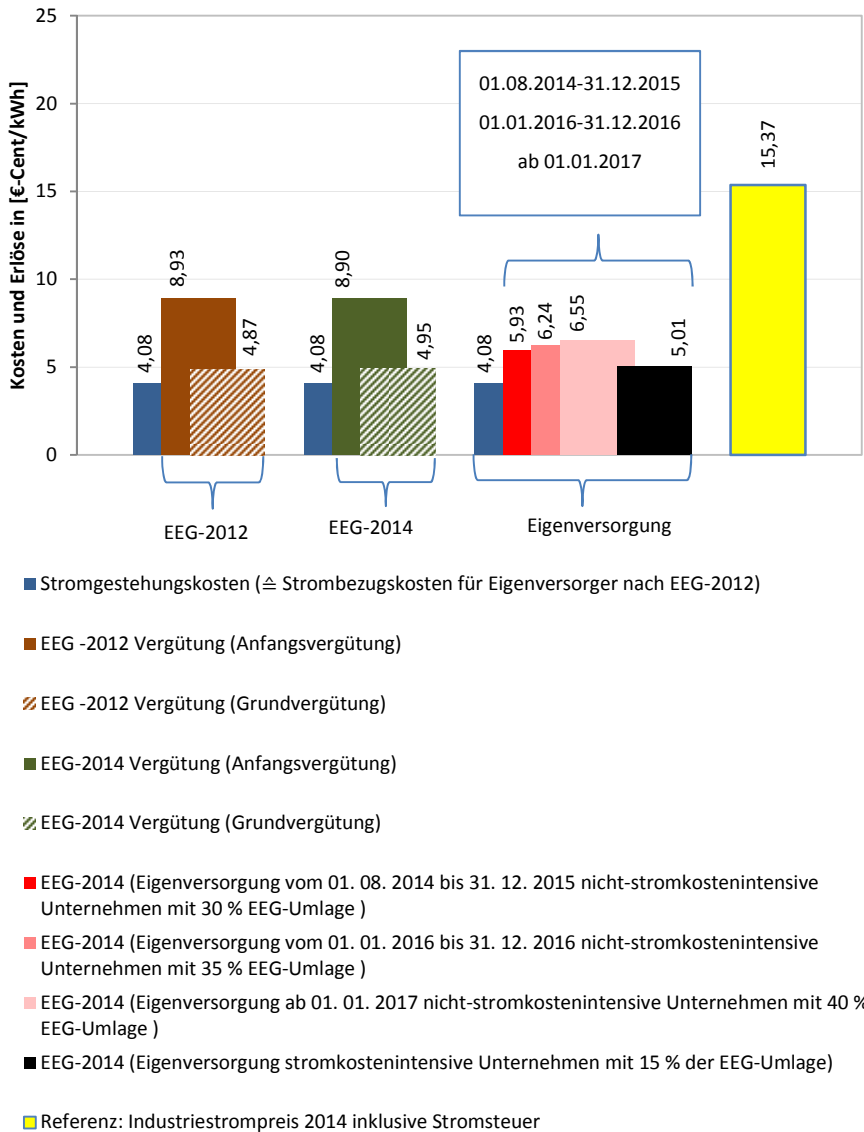


Abbildung 5-1: Stromkosten für Industriekunden im Jahr 2013 nach BDEW im Vergleich zur Nutzung einer Windenergieanlage und der Effekt der Gesetzesänderung vom EEG-2012 auf EEG-2014 (Datengrundlage Industriestrompreis [5.1], Stromgestehungskosten eigene Berechnung)

Tabelle 5-1: Zusammenfassung des Einflusses der EEG-Gesetzesänderung

Eigenversorger	Stromgestehungskosten in €-Cent/kWh gemäß ...		Anstieg
	EEG- 2012	EEG-2014	
nicht- produzierendes Gewerbe (EEG- 2012) entspricht nichtstromkostenin- tensives Unterneh- men (EEG-2014)	4,08	5,93 (30 % Umlage) 6,24 (35 % Umlage) 6,55 (40 % Umlage)	45 % (01. 08.14 – 31.12.15) 53 % (01.01.16 – 31.12.16) 60 % (ab 01.01.2017)
produzierendes Gewerbe (EEG- 2012) entspricht stromkostenintensi- ves Unternehmen (EEG-2014)	4,08	5,01 (15 % Umlage)	23 % (ab 01.08.14)

5.2 Biomasse

Die Betrachtung der Stromerzeugung aus Biomasse wird in zwei verschiedene Technologien unterteilt, zum einen in die Generierung von Strom auf Basis von Biogasanlagen und zum anderen in die Erzeugung von Strom in Biomasseheizkraftwerken. Bei Biogasanlagen wird durch Vergärung von organischen Abfällen Biogas erzeugt, welches in Verbrennungskraftmaschinen verbrannt wird, um Generatoren anzutreiben. Bei der direkten Nutzung von Biomasse in Biomasseheizkraftwerken wird der Brennstoff, wie beispielsweise Holz oder Stroh, direkt verbrannt, um beispielsweise Dampf für Dampfturbinen zu erzeugen.

5.2.1 Biogasanlagen

Die Grundlage der Untersuchung ist eine Studie des Fraunhofer Institutes für solare Energiesysteme ISE. Dieser kann ein Stromgestehungspreis zwischen 0,135 €/kWh (Substratkosten 0,025 €/kWh_{th} und 8.000 Volllaststunden) und 0,215 €/kWh (Substratkosten 0,040 €/kWh_{th} und 6.000 Volllaststunden) entnommen werden. Dabei wurde mit spezifischen Investitionskosten zwischen 3.000 €/kW und 5.000 €/kW gerechnet (vgl. [5.2]). Die Auskopplung von Wärme und die daraus resultierende Verwendung der thermischen Energie sowie die entsprechend erzielbaren Verkaufserlöse wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Die in der Studie betrachteten Biogasanlagen dienen ausschließlich der Produktion von Strom.

In Abbildung 5-2 ist der Stromgestehungspreis in Relation zum Strombezugspreis für Industriekunden dargestellt. Zusätzlich zum Stromgestehungspreis sind die Vergütungssätze entsprechend dem EEG-2012 und EEG-2014 aufgezeigt. Auffällig ist, dass die Vergütung sowohl nach EEG-2012 als auch nach EEG-2014 nicht zu einer Deckung der Kosten führt, wodurch ein wirtschaftlicher Betrieb bei Einspeisung ins Netz, ohne die Nutzung der Wärme, nicht möglich ist.

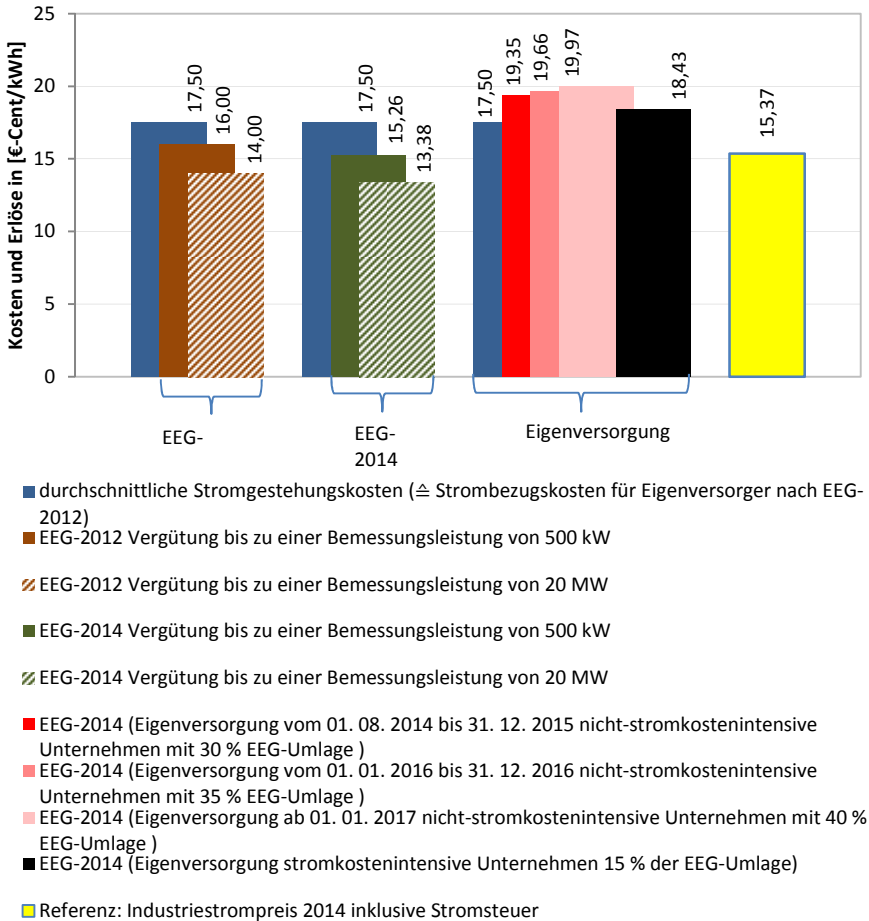


Abbildung 5-2: Stromkosten für Industriekunden im Jahr 2013 nach BDEW im Vergleich zur Nutzung einer Biogas-Stromerzeugungsanlage ohne Abwärmenutzung und der Effekt der Gesetzesänderung vom EEG-2012 auf EEG-2014 (Datengrundlage Industrietrompreis [5.1], Stromgestehungskosten [5.2])

Dementsprechend führt eine Beaufschlagung mit der EEG-Umlage, unabhängig vom prozentualen Anteil der EEG-Umlage, zu einer weiteren Verschlechterung

rung der finanziellen Situation. Infolgedessen erzielt die Anlage ihren Gewinn aus dem Verkauf der Abwärme. Diese hier dargestellte schlechte wirtschaftliche Stellung der betrachteten Biogasanlagen ist dadurch zu begründen, dass die Anlagen allein zur Erzeugung von

Strom genutzt werden. Erlöse für die entstehende Wärme fallen dadurch weg und machen heutzutage keinen profitablen Betrieb mehr möglich.

In der heutigen Zeit werden Biogasanlagen ausschließlich mit der Auskopplung und dem Verkauf oder der Eigennutzung von Wärme betrieben. Da die Wirtschaftlichkeit erheblich von den Betriebsstunden und den Rohstoffkosten der eingesetzten Energiepflanzen und sonstiger Inputstoffe abhängig ist, sind allgemein gültige Feststellungen über den finanziellen Erfolg von Biogasanlagen nicht möglich. Um genaue Aussagen treffen zu können, müssen projektspezifische Analysen über beispielsweise den zu erwartenden Wärmebedarf oder -absatz sowie die lokal stark variierenden Rohstoffkosten erstellt werden. Sollte es möglich sein, den Wärmepreis an den Preis der Inputstoffe zu koppeln, ist dies eine optimale Grundlage für den langfristig wirtschaftlichen Betrieb.

5.2.2 Biomasse-Heizkraftwerke

Vor der Betrachtung der Stromgestehungskosten auf Basis von Biomasse (hier Holz) wird vorab auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen hingewiesen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die gesetzlichen Regelungen in Bezug auf die Biomasse vereinfacht wurden. Innerhalb der Biomasseverordnungen sind die als Biomasse anerkannten und nicht-erkannten Stoffe gleich geblieben. Die Vergütungssätze haben sich wie folgt entwickelt.

Tabelle 5-2: Zusammenfassung des Einflusses der EEG-Gesetzesänderung auf die Vergütung

§ 27 EEG-2012 (Biomasse)	§ 44 EEG-2014 (Biomasse)
Auswertung in Bezug auf die Nutzung von Holz als Biomasse	
Für Strom aus Biomasse nach der Biomasseverordnung liegt die Vergütung bis zu einer Bemessungsleistung von:	Für Strom aus Biomasse nach der Biomasseverordnung liegt die Vergütung bis zu einer Bemessungsleistung von:
→ 150 kW bei 14,3 €-Cent/kWh	→ 150 kW bei 13,66 €-Cent/kWh
→ 500 kW bei 12,3 €-Cent/kWh	→ 500 kW bei 11,78 €-Cent/kWh
→ 5 MW bei 11,0 €-Cent/kWh	→ 5 MW bei 10,55 €-Cent/kWh
→ 20 MW bei 6,0 €-Cent/kWh	→ 20 MW bei 5,85 €-Cent/kWh

Fortsetzung Tabelle 5-2: Zusammenfassung des Einflusses der EEG-Gesetzesänderung auf die Vergütung

Diese Vergütung erhöht sich entsprechend dem jeweiligen Einsatzstoff-Energieertrag für die Einsatzstoffvergütungsklasse I bis zu einer Bemessungsleistung von: ➔ 500 kW um 6,0 €-Cent/kWh ➔ 750 kW um 5,0 €-Cent/kWh ➔ 5 MW um 4,0 €-Cent/kWh ➔ Im Falle von Strom aus Rinde und Waldrestholz gilt abweichend bis zu einer Bemessungsleistung von 5 MW eine Erhöhung um 2,5 €-Cent/kWh Diese Vergütung erhöht sich entsprechend dem jeweiligen Einsatzstoff-Energieertrag für die Einsatzstoffvergütungsklasse II bis zu einer Bemessungsleistung von: ➔ 5 MW um 8,0 €-Cent/kWh	Die Einsatzstoffvergütungsklassen sind weggefallen.
--	--

Zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit von Biomasse-Heizkraftwerken wurden zahlreiche Recherchen durchgeführt. Auf Datengrundlage der Einsatztagebücher, Betriebskosten und Betriebsstunden bereits existierender Biomasse-Heizkraftwerke wurde versucht, einen zu den anderen Stromerzeugungstechnologien vergleichbaren Stromgestehungspreis zu ermitteln. Dies ist jedoch bei Biomasse-Heizkraftwerken auf Grund zahlreicher Faktoren nicht möglich. Der wichtigste Grund hierfür ist die direkte Kopplung der errechneten Kosten an den angenommenen Brennstoffpreis. Eine geringe Veränderung der Brennstoffkosten führt zur sofortigen Änderung der Situation in Bezug auf Rentabilität. Dies ist zusätzlich von enormer Relevanz für die Anlagen, da sie häufig für eine Nutzungsdauer von ca. 20 Jahren ausgelegt werden. Für diesen Zeitraum kann nicht von einer Konstanz der Brennstoffpreise ausgegangen werden. In Abbildung 5-3 ist die Verteilung der Betriebskosten eines Biomasse-Heizkraftwerkes dargestellt. Anhand dieser Abbildung wird ersichtlich, dass die Betriebskosten sich zu fast drei Viertel aus Aufwendungen für Brennstoffe zusammensetzen. Bei unterschiedlichen Annahmen über die Höhe der Ausgaben führt dies zu erheblichen Abweichungen in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

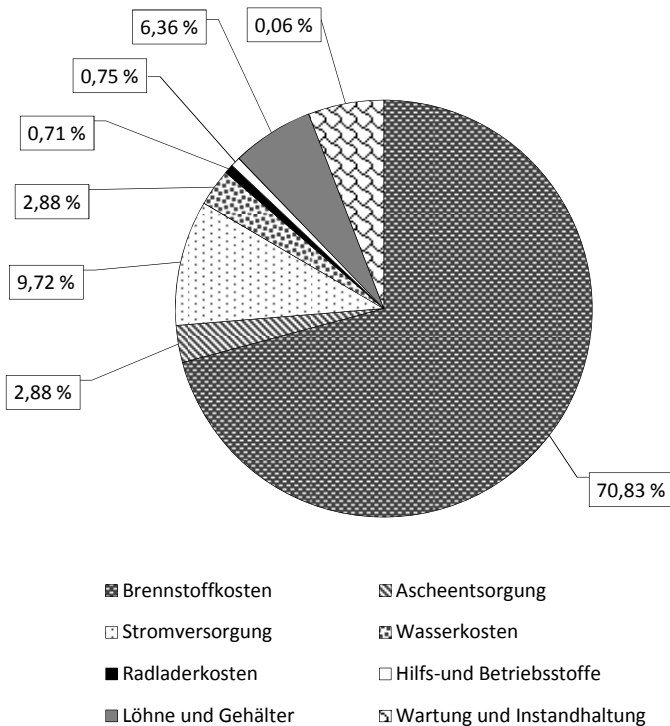


Abbildung 5-3: Verteilung der Betriebskosten eines Biomasse-Heizkraftwerkes (eigenes Bsp.)

Die Berechnung bezieht sich auf ein Kraftwerk mit ca. 5 MW elektrischer und 20 MW thermischer Leistung sowie einem spezifischen Invest von rund 3.600 €/kW_{el}. Für die Anzahl der Betriebsstunden wurde mit der Annahme einer stromgeführten Fahrweise mit 8.000 Volllastbetriebsstunden gerechnet.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass diese Form der Stromerzeugung wirtschaftlich nur in Verbindung mit der Verwendung von Wärme betreibbar ist, da die reinen Stromgestehungskosten ohne Einsatz der Wärme oberhalb der Vergütungssätze und des Strombezugspreises für Industriekunden liegen. Daher sollte bereits bei der Auslegung der Schwerpunkt auf den Wärmebedarf gelegt werden. Auf Grund der enormen Menge an Wärme ist eine Kopplung eines Biomasse-Heizkraftwerkes an Industriezweige mit erhöhtem Wärmebedarf als Grundlast anzustreben. Solche Industriezweige sind zum Beispiel die Papier-, Nahrungsmittel- und Kraftfahrzeugindustrie. Ebenso haben lackverarbeitende Betriebe mit Tauchbädern sowie Reinigungsmittel- und Kosmetikerhersteller einen sehr hohen Wärmebedarf (Grundlast) und kommen als potentielle Abnehmer der Wärme in Frage.

Im Falle der Eigenversorgung mit Strom ist eine zusätzliche Belastung dieser Kraftwerke mit der EEG-Umlage kritisch einzuschätzen, da bei reiner stromge-

fürher Fahrweise jetzt schon kein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Wie für Biogasanlagen gilt auch für Biomasseheizkraftwerke, dass erst dann optimale Bedingungen vorliegen, wenn der Wärmepreis an den Brennstoffpreis gekoppelt werden kann. In der Praxis ist dies jedoch kaum durchsetzbar.

5.2.3 Zusammenfassung Stromerzeugungsanlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe

Für beide Technologien gilt, dass sich die errechneten Kosten stark proportional zu den Rohstoffkosten verhalten. Im Gegensatz zu den erneuerbaren Energien Sonne und Wind besteht der erhebliche Nachteil darin, dass die Energie-Rohstoffe nicht kostenlos beziehbar sind. Dadurch sind ökonomische Betrachtungen nur eingeschränkt möglich, da die Brennstoffpreise schwierig vorhersehbar sind. So verschiebt sich der Fokus der Betrachtung von den Investitions- und Kapitalkosten sowie der Anlagenutzungsdauer auf die zusätzlich anfallenden Brennstoffkosten.

Ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlagen ist derzeit lediglich denkbar für Anlagen, die eine Nutzung der Abwärme realisieren, da ein rein stromgeführter Betrieb Stromgestehungskosten erzeugt, die deutlich über den Strombezugspreisen für Industriebetriebe und der entsprechenden EEG-Vergütung liegen.

5.3 Photovoltaik

Für die Erzeugung von Strom mit Photovoltaik-Anlagen gibt die Studie des Fraunhofer Institutes Stromentstehungskosten in Höhe von 0,078 €/kWh bis 0,142 €/kWh für Freiflächen- und kleine Dachanlagen an. Dabei wurden mittlere Einstrahlungswerte von 1.000 kWh/m²a bis 1.200 kWh/m²a und ein spezifischer Invest von 1.000 €/kWp bis 1.800 €/kWp ermittelt (vgl. [5.2]). Die gemittelten Kosten liegen demnach bei 11,00 €-Cent/kWh.

Die Stromgestehungskosten sind zusammen mit den Vergütungen in Abbildung 5-4 dargestellt. Wurde der Strom nach EEG-2012 eingespeist, war sowohl für kleine als auch für große Anlagen ein profitabler Betrieb möglich. Bei der Vergütung nach dem EEG-2014 ist ein wirtschaftlicher Betrieb, basierend auf dem durchschnittlichen Stromgestehungspreis der Studie, nur für kleinere Anlagen realisierbar. Für größere Anlagen reicht die Vergütung auf Basis der genannten Stromgestehungskosten nicht aus, um mit Hilfe dieser die Kosten der Erzeugung zu decken. Wird berücksichtigt, dass mit steigender Anlagengröße der spezifische Invest sinkt, kann für Großanlagen der niedrigere Stromgestehungspreis gemäß der Studie in Höhe von 7,8 €-Cent/kWh angenommen werden (in Abbildung 5-4 gestrichelt dargestellte Stromgestehungskosten). Diese Betrachtung führt zu einem kostendeckenden und gewinnerzielenden Betrieb auch von Photovoltaik-Großanlagen und scheint der Realität zu entsprechen, da ein zunehmender Ausbau von Photovoltaik-Großanlagen beobachtet werden kann. Wird zu den Stromgestehungskosten die EEG-Umlage anteilig addiert, erhöht sich der Preis für jede

selbsterzeugte und -genutzte Kilowattstunde Strom von durchschnittlich 11,00 €-Cent/kWh (EEG-2012 ohne Umlage) um ca. 17 % auf 12,85 €-Cent/kWh für die Jahre 2014/15 und um 20 % auf 13,16 €-Cent/kWh für das Jahr 2016. Ab dem 1. Januar 2017 liegt, nach aktueller Gesetzeslage, der Strompreisanstieg bei ca. 22 % auf 13,47 €-Cent/kWh. Für stromkostenintensive Unternehmen liegt er bei 8 % auf 11,93 €-Cent/kWh.

Die Änderung des Strombezugspreises in Folge der Erhebung der anteiligen EEG-Umlage auf eigenerzeugten Strom ist in der Tabelle 5-3 zusammengefasst.

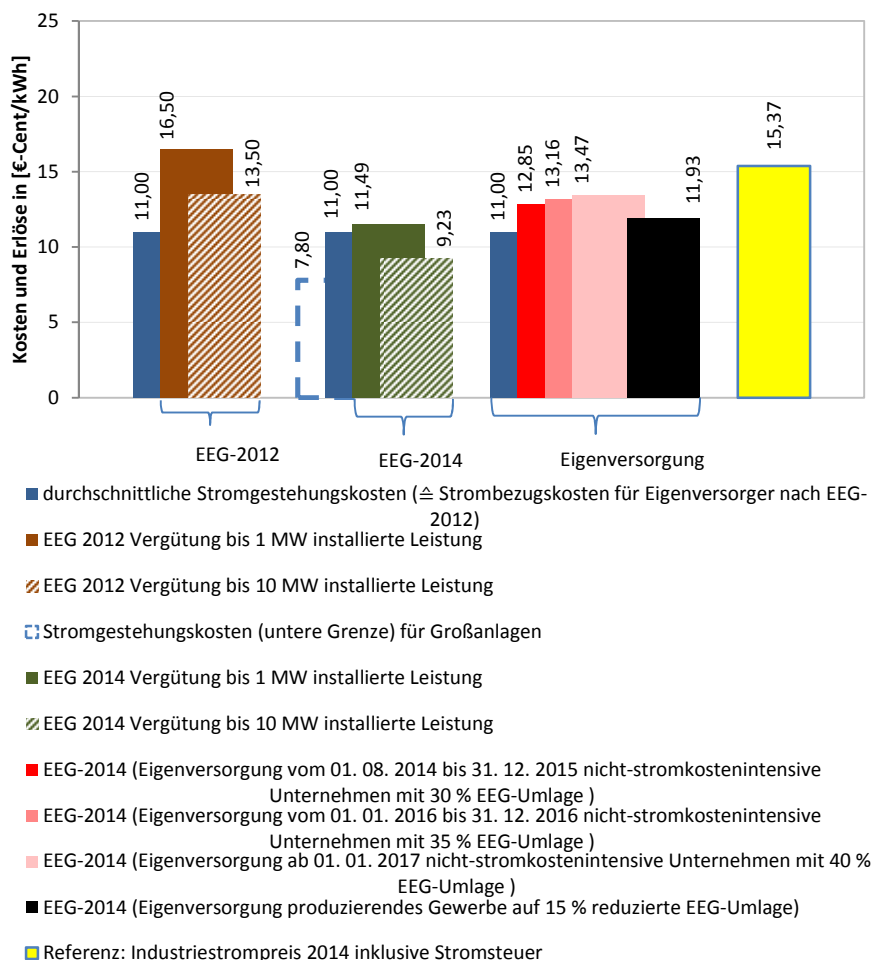


Abbildung 5-4: Stromkosten für Industriekunden im Jahr 2013 nach BDEW im Vergleich zur Nutzung einer Photovoltaik-Stromerzeugungsanlage und der Effekt der Gesetzesänderung vom EEG-2012 auf EEG-2014 (Datengrundlage Industriestrompreis [5.1], Stromgestehungskosten [5.2])

Tabelle 5-3: Zusammenfassung der Preissteigerung in Folge der Beaufschlagung der EEG-Umlage (bezogen auf den durchschnittlichen Stromgestehungspreis der Studie von 11,00 €/Cent/kWh)

Eigenversorger	Stromgestehungskosten in €-Cent/kWh gemäß ...		Anstieg
	EEG-2012	EEG-2014	
nicht-produzierendes Gewerbe (EEG-2012) entspricht nichtstromkostenintensives Unternehmen (EEG-2014)	11,00	12,85 (30 % Umlage) 13,16 (35 % Umlage) 13,47 (40 % Umlage)	17 % (01.08.14 – 31.12.15) 20 % (01.01.16 – 31.12.16) 22 % (ab 01.01.2017)
produzierendes Gewerbe (EEG-2012) entspricht stromkostenintensives Unternehmen (EEG-2014)	11,00	11,93 (15 % Umlage)	8 % (ab 01.08.14)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Eigenversorgung mit Photovoltaik-Anlagen wirtschaftlich ist, wenn die Dach- oder Freilandflächen den Anforderungen des Systems entsprechen. Zu diesen Anforderungen gehört systembedingt ein geeigneter sonnenreicher Standort mit entsprechender, zur Sonne ausgerichteter Neigung.

5.4 Heizkraftwerke auf Basis von Gasturbinen (5-10 MW_{el})

Die durch das EEG-2014 geregelte EEG-Umlage betrifft ebenfalls nicht regenerativ betriebene Stromerzeugungsanlagen. So wurden viele Investitionsentscheidungen zurückgehalten, die beispielsweise Heizkraftwerke auf Basis von Erdgasturbinen oder -motoren betrafen, bis das neue EEG verabschiedet wurde. Erst ab diesem Zeitpunkt bestand Rechtssicherheit hinsichtlich der Höhe der EEG-Umlage mit der durch diese Anlagen erzeugter Strom belastet wird, was entsprechenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Projekte hat. Bezüglich der Investitionskosten wurde davon ausgegangen, dass Bestandskessel ersetzt werden, die jedoch für die Redundanz sowie für Spitzen- und Niederlast noch verfügbar sind. Daher wurde die Kosten für Peripherie wie Wasseraufbereitung etc. nicht berücksichtigt.

In den Abbildungen 5-5 und 5-6 ist der Stromgestehungspreis von Blockheizkraftwerken auf Basis eines gasturbinenbetriebenen Generators im Leistungsbe-
reich von 5 MW_{el} bis 10 MW_{el} auf Basis eigener Berechnungen dargestellt. Dabei

Energieerzeugung nach Novellierung des EEG
Konsequenzen für regenerative und nicht regenerative
Energieerzeugungsanlagen

Döring, S.

2015, IX, 213 S. 71 Abb., 19 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-642-55170-3