

Energie in Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft
und Gesellschaft

Carl Christian von Weizsäcker
Dietmar Lindenberger
Felix Höffler *Hrsg.*

Interdisziplinäre Aspekte der Energiewirtschaft

Energie in Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft

Weitere Informationen zu dieser Reihe finden Sie unter
<http://www.springer.com/series/14344>

Die Frage nach der Energieversorgung ist entscheidend dafür, wie sich die Zukunft gestaltet – sowohl was technische Entwicklungsarbeit betrifft als auch wirtschaftliche Konzepte oder einen gesellschaftlichen Wandel. Je nach räumlicher Betrachtungsebene (global, national oder regional) stehen unterschiedliche Fragestellungen, Sichtweisen oder Herausforderungen im Vordergrund.

Die Titel dieser Buchreihe wollen auf neue Perspektiven aufmerksam machen, und in interdisziplinärer Weise Facetten rund um die Energieerzeugung, -nutzung, -verteilung, -wirtschaft und Wirtschaftlichkeit sowie zur Bedeutung für Umwelt und Gesellschaft beleuchten.

Um dies zu erreichen, bearbeiten in der Reihe *Energie in Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft* Autoren aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen zusammen ein Thema und entzünden gemeinsam eine Diskussion zu energiespezifischen Fragestellungen aus mehreren Blickwinkeln.

Carl Christian von Weizsäcker
Dietmar Lindenberger • Felix Höffler (Hrsg.)

Interdisziplinäre Aspekte der Energiewirtschaft

Herausgeber

Carl Christian von Weizsäcker
Bonn, Deutschland

Felix Höffler
Universität Köln
Energiewirtschaftliches Institut (EWI)
Köln, Deutschland

Dietmar Lindenberger
Universität Köln
Energiewirtschaftliches Institut (EWI)
Köln, Deutschland

ISSN 2366-6242 ISSN 2366-6250 (electronic)
Energie in Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft
ISBN 978-3-658-12725-1 ISBN 978-3-658-12726-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-12726-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Vorwort

Die Transformation des Energiesystems hin zu einer CO₂-neutralen Versorgung mit Strom, Wärme und Kraftstoffen ist mit großen Herausforderungen verbunden. Diese schließen die Suche nach neuen technischen Lösungen ebenso ein wie Anforderungen an deren Wirtschaftlichkeit. Denn letztlich müssen sich alle möglichen Lösungen – wenn sie erfolgreich sein wollen – im Wettbewerb um die beste Alternative behaupten. Dieser Wettbewerb findet freilich unter einem weiter zu entwickelnden Ordnungsrahmen statt, der die neuen Anforderungen berücksichtigen muss. Die Transformation des Energiesystems ist somit eine grundlegende Aufgabe, die sowohl technische und wirtschaftliche als auch politische und gesellschaftliche Aspekte umfasst.

Der vorliegende Band „Interdisziplinäre Aspekte der Energiewirtschaft“ versucht der Nachfrage nach einem übergreifenden Blick auf diese Herausforderungen zu begegnen. Dazu enthält er eine Auslese von Beiträgen aus der am Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität zu Köln (EWI) angesiedelten Zeitschrift für Energiewirtschaft. Dass die Thematik aufgrund der grenzüberschreitenden Energiemärkte sowie der europäischen und internationalen Energie- und Klimapolitik einer internationalen Ausrichtung bedarf, findet seinen Ausdruck auch in einigen englischsprachigen Beiträgen. Die Zuordnung der Beiträge zu einzelnen Disziplinen ist naturgemäß nicht eindeutig, wir haben sie aber ihrem jeweiligen Hauptaugenmerk entsprechend in drei Blöcke gegliedert: i) Politik und Gesellschaft, ii) Wirtschaft und iii) Technik.

Im Wesen der Politik liegt das Konfliktäre. So behandeln die Beiträge des ersten Blocks (Interessen-) Konflikte und Spannungen, die mit der Transformation des Energiesystems verbunden sind und bei denen es vielfach auch um Verteilungsfragen geht. Bardt und Niehues starten mit einer Analyse der „Verteilungswirkungen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes“, Klinglmair und Bliem setzen fort mit einer Untersuchung von Zielkonflikten zwischen dem Erneuerbaren-Ausbau und ökologischen Schutzzielen am Beispiel der österreichischen Wasserkraft. Derartige Spannungen lassen sich im Zuge der Transformation des Energiesystems nicht vollständig vermeiden, aber durchaus einfacher managen, wenn die Technologiewahl das Ergebnis eines geordneten Wettbewerbsprozesses ist. Frondel, Schmidt und aus dem Moore schlagen einen „Wettbewerbsrahmen für die Stromversorgung mit alternativen Technologien“ vor. Aus der Perspektive des Binnenmarktes sollte dieser freilich EU-weit angelegt sein. „Wieviel Europa braucht die Energiewende?“ fragen dazu Gawel, Strunz und Lehmann. Eine konkrete Quantifizierung der Vorteile eines europäischen Ansatzes bei der Erneuerbaren-Förderung nehmen dann Unteutsch und Lindenberger vor: „Promotion of Electricity from Renewable Energy Sources in Europe post 2020 – the Economic Benefits of Cooperation“. So wichtig Effizienzvorteile auch sind, wenn die Transformation des Energiesystems ein gelingendes gesellschaftliches Projekt werden soll, ist Rückhalt in der Bevölkerung essentiell. Menges und Beyer fragen, ob Erdkabel zur Akzeptanz des Ausbaus von Übertragungsnetzen beitragen können. Dabei ist klar, dass wir es mit überregionalen Aufgaben in einem europäischen Kontext zu tun haben. Drasdo, Karasz und Pustisek diskutieren beispielhaft für den europäischen Gasmarkt Herausforderungen, die mit der Notwendigkeit EU-weit einheitlicher Standards der Transportinfrastruktur verbunden sind.

Die Beiträge des zweiten Blocks legen ihr Hauptaugenmerk auf Fragen der Wirtschaftlichkeit. Dies beginnt mit der Thematik von Investitionen in Energieeffizienz. Hier wird gelegentlich proklamiert,

diese seien vielfach profitabel (das Geld liege also gewissermaßen auf der Straße) und würden in der Praxis nur deshalb nicht realisiert, weil dem sog. Hemmnisse entgegenstünden. Was aber genau sind diese Hemmnisse und was kostet ihre Beseitigung? Mai et al. beleuchten Energieeffizienzinvestitionen in Unternehmen unter dem Blickwinkel von Transaktionskosten. Um Wirtschaftlichkeitsanalyse in Gegenwart von Hemmnissen geht es auch im Beitrag von Loßner et al., in Bezug auf den Einsatz von Biomethan in Neubauten auf der Grundlage des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes. Eine regulatorisch diffizile Gemengelage besteht im Bereich der Stromeigenerzeugung, da hier vielfach eine ineffiziente Regulierung – vor allem nicht kostenreflektierende Netzentgelte und Ausnahmeregelungen bei Steuern, Abgaben oder Umlagen – bestehen. Vor diesem Hintergrund analysieren Bardt et al. „Eigenerzeugung und Selbstverbrauch von Strom – Stand, Potentiale und Trends“. Damit zusammen hängen auch „Rollenmodelle zur Einbindung der Endkunden in eine smarte Energiewelt“ (Hillemacher et al.) sowie die Wirtschaftlichkeit von Speichern, wozu Kondziella et al. eine aktorsbasierte Analyse beisteuern. Der Block mit wirtschaftswissenschaftlichem Fokus schließt mit zwei Beiträgen zum Strommarktdesign. Cramton und Ockenfels untersuchen grundlegend „Economics and Design of Capacity Markets for the Power Sector“, während Höwedes, Breuer und Madlener sich empirisch und aus europäischer Perspektive dem regionalen Aspekt der Thematik zuwenden: „Techno-ökonomische Bewertung eines veränderten Zuschnitts von Marktgebieten für elektrische Energie in Mitteleuropa“.

Der dritte Block bündelt schließlich eher technisch orientierte Fragestellungen, wobei der Fokus auch die Bereiche Verkehr und Wärme einschließt. Fragen der Elektromobilität untersuchen Pregger et al.: „Optimierte Integration der Elektromobilität in das Stromversorgungssystem bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien“, sowie Schraven, Kley und Wietschel: „Techno-ökonomische Bewertung des induktiven Ladens von Elektromobilen“. Es schließen sich Wulf und Kaltschmitt an mit „Wasserstoff als Kraftstoff im deutschen Verkehrssektor“. Zum Wärmesektor untersuchen Bruns et al. die Rolle von erneuerbaren Energien in Wärmenetzen. Da Optionen der Energiebereitstellung immer auch mit Effizienzmaßnahmen konkurrieren, präsentieren Soukup, Hanke und Viebahn eine Langfristanalyse zu „Wärmedämmungsstrategien im Haushaltssektor und ihrem Beitrag zu Materialeffizienz und Emissionsminderung“. Wir schließen den Band mit einem sektorübergreifenden Beitrag von Trost et al.: „Erneuerbares Methan – Analyse der CO₂-Potenziale für Power-to-Gas Anlagen in Deutschland“. Das mag etwas Visionäres an sich haben, bietet aber Chancen, die mit einer noch weit stärkeren Integration des Energiesystems verbunden sind, beispielsweise mit Blick auf die langfristig avisierte Dekarbonisierung auch des Industriesektors.

Wir hoffen, dass das inhaltlich bewusst breit gewählte Spektrum dieses Bandes seinen Adressaten in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft im komplexen Feld der Gestaltung der „Energiewende“ die eine oder andere Anregung oder gar Einsicht zu geben vermag, jedenfalls sollte der Band zur weiteren Diskussion ermuntern. Er ist der erste in der neuen Buchreihe „Energie in Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und Gesellschaft“ des Springer-Verlages, dem wir ausdrücklich dafür danken, den Blick in dieser Form auf die interdisziplinären Aspekte der Energiewirtschaft gerichtet zu haben.

Die Herausgeber

Inhaltsverzeichnis

Politik und Gesellschaft	1
Verteilungswirkungen des EEG	3
Die Erschließung vorhandener Wasserkraftpotenziale in Österreich im Spannungsfeld von Energiepolitik und ökologischen Schutzziele	11
Marktwirtschaftliche Energiewende: Ein Wettbewerbsrahmen für die Stromversorgung mit alternativen Technologien.....	25
Wie viel Europa braucht die Energiewende?	41
Promotion of Electricity from Renewable Energy in Europe Post 2020 – The Economic Benefits of Cooperation.....	61
Energiewende und Übertragungsnetzausbau: Sind Erdkabel ein Instrument zur Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz des Leitungsbaus? Eine empirische Untersuchung auf Basis der Kontingenten Bewertungsmethode.....	79
Dis-harmony in European Natural Gas Market(s) – Discussion of Standards and Definitions	99
 Wirtschaft	113
Transaktionskosten bei Energieeffizienz-Investitionen in Unternehmen.....	115
Einsatz von Biomethan in Neubauten nach EEWärmeG – Eine Hemmnis- und Wirtschaftlichkeitsanalyse	127
Eigenerzeugung und Selbstverbrauch von Strom – Stand, Potentiale und Trends	145
Ein Rollenmodell zur Einbindung der Endkunden in eine smarte Energiewelt	163
Stromspeicher für die „Energiewende“ – eine aktorsbasierte Analyse der zusätzlichen Speicherkosten	179
Economics and Design of Capacity Markets for the Power Sector	191
Techno-ökonomische Bewertung eines veränderten Zuschnitts von Marktgebieten für elektrische Energie in Mitteleuropa	213
 Technik	227
Optimierte Integration der Elektromobilität in das Stromversorgungssystem bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien.....	229
Induktives Laden von Elektromobilen – eine techno-ökonomische Bewertung	239
Wasserstoff als Kraftstoff im Deutschen Verkehrssektor	251
Erneuerbare Energien in Wärmenetzen – eine realistische Perspektive?.....	267
Wärmedämmungs-Strategien im Haushaltssektor und ihr Beitrag zu Materialeffizienz und Emissionsminderung –eine Langfristanalyse bis zum Jahr 2050	281
Erneuerbares Methan: Analyse der CO2-Potentiale für Power-to-Gas Anlagen in Deutschland	295
 Autorenverzeichnis	313

Politik und Gesellschaft

Verteilungswirkungen des EEG

Hubertus Bardt · Judith Niehues

Online publiziert: 28. Mai 2013
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2013

Zusammenfassung Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist bislang eine der wesentlichen Grundlagen der Energiewende in Deutschland gewesen. Durch das EEG wurde die Produktion von Strom aus regenerativen Quellen erheblich gesteigert. Da insbesondere die teureren Formen erneuerbarer Energien verstärkt genutzt wurden, sind die durchschnittlichen Kosten nicht gesunken, sondern deutlich gestiegen. Das Wachstum führte zu einem rasanten Anstieg der Subventionen für erneuerbare Energien, die auf Stromverbraucher in Wirtschaft und Haushalten umgelegt werden. Dabei darf aber nicht nur die absolute Höhe der Belastungen berücksichtigt werden. Kritisch an der bisherigen Förderung ist auch die mit dem EEG verbundene Verteilungswirkung zu sehen. Da der Stromverbrauch sich mit dem Einkommen kaum verändert, sinkt die Bedeutung der Stromkosten mit steigendem Einkommen. Dadurch werden die einkommensschwächeren Haushalte stark überproportional mit den Kosten der Förderung erneuerbarer Energien belastet. Gleichzeitig profitieren die Haushalte mit einem höheren Einkommen eher von der Förderung durch das EEG, weil sie entsprechende Investitionen in erneuerbare Energien finanzieren können.

Distribution Effects of the Renewable Energies Act

Abstract The Renewal Energies Act has so far been one of the cornerstones of the energy revolution. As a result of the Act the production of electricity from renewable sources has been considerably increased. As the most expensive forms of renewable energies have grown fastest, average costs have

not shrunk but have risen significantly. The ongoing growth led to increasing subsidies for renewable energies and growing costs for electricity consumers in business and private households. It would be insufficient to look at absolute cost developments only, as distribution effects may be critical. As electricity consumption only slightly depends on household income, higher income leads to lower significance of electricity costs. Therefore, low income households bear a relatively higher burden of costs for renewable energies. Furthermore, wealthy households could benefit from the subsidies as they can invest in renewable energy systems.

1 Erfolge und Nebenwirkungen des EEG

Die Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG ist unter Kosten- und Effizienzgesichtspunkten Gegenstand vielfältiger Diskussionen. Dabei bleibt die Verteilungswirkung oftmals unterbelichtet. Der vorliegende Aufsatz benennt wesentliche Wirkungen des EEG und konzentriert sich auf die Analyse der Verteilungseffekte.¹

Ziel des EEG ist es, den Ausbau und Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen zu fördern und dadurch mittelbar den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern. Oftmals wird es als Erfolgsmodell bezeichnet, das weltweit von vielen Ländern kopiert wurde. Hintergrund ist der starke und dauerhafte Ausbau erneuerbarer Energien. Die durch erneuerbare Energien gewonnene Strommenge hat sich im Zeitraum 2000 bis 2011 mehr als verdreifacht (AG Energiebilanzen 2012). Auf der anderen Seite stehen die Ausgaben. Mit dem steigenden Anteil erneuerbarer Energien an

H. Bardt (✉) · J. Niehues
Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Postfach 10 19 42,
50459 Köln, Deutschland
e-mail: bardt@iwkoeln.de

¹Eine ausführlichere Analyse, die zusätzlich internationale Erfahrungen mit alternativen Förderverfahren (Quotenmodellen) aufgreift, findet sich in Bardt et al. (2012b).

der Stromversorgung sind auch die Kosten gestiegen. Nachfolgend werden die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland und die damit verbundenen Ausgaben beschrieben. Dabei wird insbesondere auf die Auswirkungen auf den Strommarkt sowie auf Verteilungswirkungen innerhalb der Bevölkerung eingegangen.

Mit der Zunahme der Mengen sind die Preise für Erneuerbare-Energien-Anlagen gesunken. Zugleich konnte ihr Wirkungsgrad erhöht werden. Diese Faktoren wirken sich positiv auf die Erträge der Anlagenbetreiber aus. Der Gesetzgeber berücksichtigt diese Entwicklung durch regelmäßige Anpassungen der Vergütungssätze. Das ursprüngliche EEG aus dem Jahr 2000 wurde im Laufe seiner Geschichte mehrmals novelliert. Umfassende Novellen gab es in den Jahren 2004, 2009 und 2012. Darüber hinaus wurden einige kleinere Änderungen vorgenommen. Im Jahr 2004 wurde die jährliche Degression für die Vergütungssätze eingeführt. So sinken die gezahlten Vergütungen für neu installierte Anlagen um einen festgelegten Prozentsatz. Der Prozentsatz ist technologieabhängig. Aktuell liegt er in der Regel zwischen jährlich 1 Prozent (Wasserkraft, § 20 EEG) und monatlich 1 Prozent (Photovoltaik, unter der Voraussetzung, dass der Zubaukorridor eingehalten wird, § 20a EEG). Bei der Photovoltaik kann der Prozentsatz seit der Novelle im Jahr 2011 – abhängig vom Zubau neuer Anlagen – angehoben oder abgesenkt werden.

Eine hohe Lernrate lässt sich besonders bei der Photovoltaiktechnologie feststellen. Die Module werden international gehandelt. Zudem ist die Exportquote der deutschen Photovoltaikindustrie mit 55 Prozent recht hoch (BSW-Solar 2012, 2). Die Lernkurve ist also auf globaler Ebene zu betrachten. Seit dem Jahr 2006 hat sich die weltweit installierte Leistung drei Mal (bis 2008, 2010 und 2011) verdoppelt (EPIA 2012, 12). Die nächste Verdopplung der weltweit installierten Leistung dürfte im Jahr 2013 erfolgen (EPIA 2012, 45). Die Preise für Photovoltaikanlagen sind bis Mitte 2012 auf ein Drittel des Preises von Anfang 2006 gefallen. Das entspricht einer Kostensenkung von 25 Prozent bei jeder Verdopplung der ausgebrachten Menge. Bei einer Verdopplung der installierten Windenergieleistung beträgt dieser Wert 12 Prozent (Onshore) und 19 Prozent (Offshore; SRU 2011, 249). Insbesondere die Wasserkraft gilt hingegen als weitgehend ausgereifte Technologien. Die Kostensenkungspotenziale sind entsprechend gering.

Der starke Kostenrückgang bei Photovoltaikanlagen im Jahr 2009 hat zu einem unerwartet starken Ausbau der Kapazitäten geführt. Um die Ausgaben in Grenzen zu halten, wurden die Einspeisevergütungen im Jahr 2010 unterjährig angepasst. Abgesehen von den gesenkten Vergütungssätzen zur Jahresmitte 2010 und im Jahr 2011 ist es der Politik allerdings in den letzten Jahren nicht gelungen, den

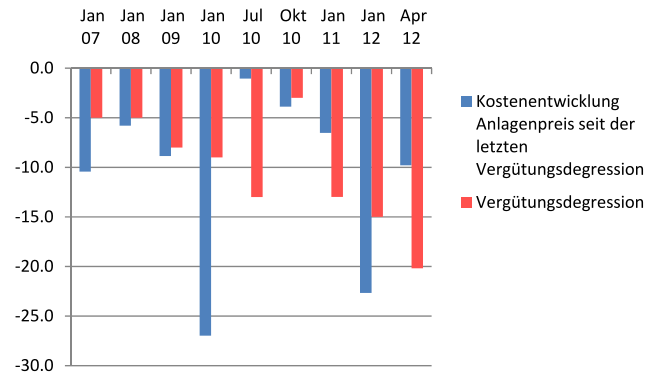


Abb. 1 Vergütungsdegression und Kostenrückgang einer 10-Kilowatt-Photovoltaik-Dachanlage (in Prozent). Quellen: BSW-Solar 2012; EEG in den jeweiligen Fassungen (Farbig online)

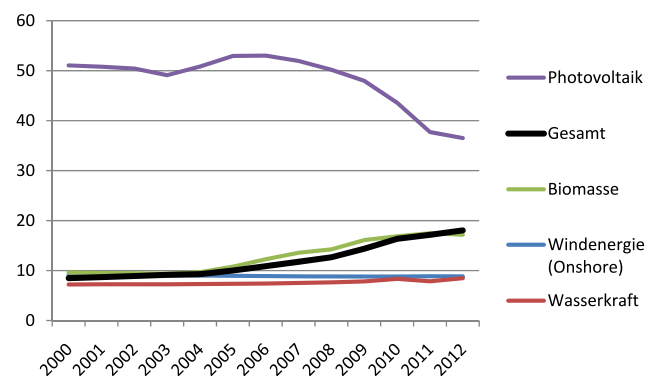


Abb. 2 Durchschnittliche EEG-Vergütungssätze. Ausgewählte Technologien, in Cent pro Kilowattstunde. Quelle: BDEW 2012 (Farbig online)

Kostenrückgang bei Photovoltaikanlagen durch Kürzungen der Förderung angemessen zu berücksichtigen. Vor allem im Jahr 2007 sowie Anfang 2010 und 2012 war die Degression bei der Vergütung deutlich geringer als der Rückgang der Anlagenpreise. Die Bundesregierung reagierte daher mit einer zusätzlichen Einmalabsenkung im April 2012, um die Vergütungen nachträglich anzupassen (Abb. 1). Seit Mai 2012 werden die Vergütungssätze monatlich um 1 Prozent abgesenkt.

Durch die regelmäßige Degression der Vergütungssätze und weitere Anpassungen wachsen die Kosten des EEG nicht proportional zur erzeugten Strommenge. Je nachdem wann eine Anlage ans Netz gegangen ist, erhält der Betreiber einen anderen Vergütungssatz. Für die Gesamtkosten des EEG sind daher die durchschnittlichen Vergütungssätze relevant. Insgesamt sind diese seit der Einführung des EEG kontinuierlich angestiegen (Abb. 2). Die mit Abstand höchsten durchschnittlichen Sätze entfallen weiterhin auf die Photovoltaik; jedoch sind diese unter anderem durch die im Jahr 2009 beschlossenen Kürzungen ab 2010 deutlich gesunken.

Tab. 1 Steigende EEG-Belastungen: EEG-Umlage für Haushalte in Euro, inkl. Mehrwertsteuer

	EEG-Umlage (Cent je kWh)	1 Person	2 Personen	3 Personen	4 + Personen
Jährlicher Verbrauch		2050 kWh	3440 kWh	4050 kWh	4940 kWh
2000	0,200	4,76	7,98	9,40	11,46
2001	0,25	5,95	9,98	11,75	14,33
2002	0,35	8,32	13,97	16,44	20,06
2003	0,42	9,99	16,76	19,73	24,07
2004	0,51	12,13	20,35	23,96	29,23
2005	0,69	16,41	27,53	32,42	39,54
2006	0,88	20,93	35,12	41,34	50,43
2007	1,02	24,26	40,70	47,92	58,45
2008	1,16	27,58	46,29	54,50	66,47
2009	1,31	31,15	52,27	61,54	75,07
2010	2,05	48,75	81,80	96,31	117,47
2011	3,53	83,94	140,86	165,84	202,28
2012	3,592	87,63	147,04	173,12	211,16
2013	5,277	128,73	216,02	254,33	310,21
Mehrkosten 2013 gegenüber 2012	1,685	41,11	68,98	81,21	99,05

Quellen: BDEW, eigene Berechnungen

Das rasante Wachstum der subventionierten erneuerbaren Energien schlägt sich natürlich auch in den Kosten nieder. Was als kleiner Betrag auf der Stromrechnung anfing, hat sich zu einem erheblichen Kostenblock entwickelt. Anfang des letzten Jahrzehnts lag die EEG-Umlage gerade einmal bei 0,2 Cent je Kilowattstunde. Für einen Durchschnittshaushalt waren das gerade einmal 7 Euro im Jahr zuzüglich Mehrwertsteuer von damals noch 16 Prozent. 2012 belief sich die Umlage schon auf 3,592 Cent je Kilowattstunde. Gemäß der von BDEW ermittelten Stromverbräuche nach Haushaltsgrößen lagen die Zusatzkosten für einen 2-Personen-Haushalt damit bei 124 Euro plus Steuer, die inzwischen auf 19 Prozent angehoben wurde. Insgesamt lag die Belastung also bei 147 Euro, für einen 3-Personen-Haushalt sogar bei 173 Euro (Tab. 1).

Um die steigenden Förderkosten zu decken, wurde die EEG-Umlage zum Jahresbeginn 2013 auf 5,277 Cent angehoben. Darin enthalten ist eine Nachzahlung für das Jahr 2012, da es hier zu einer unerwartet hohen Einspeisung von EEG-Strom kam. Ohne diesen Effekt hätte die Umlage 2013 nur bei rund 4,6 Cent gelegen. Insgesamt erhöhte sich die Umlage um fast die Hälfte innerhalb eines Jahres. Für einen Haushalt mit zwei Personen beläuft sich die EEG-Rechnung in 2013 inklusive Mehrwertsteuer auf 216 Euro. Ein Drei-Personen-Haushalt muss schon 254 Euro aus dem versteuerten Einkommen hinlegen. Und für Haushalte mit vier Personen steigen die EEG-Kosten inklusive Mehrwertsteuer von 211 Euro auf 310 Euro. Das bedeutet allein jetzt Mehrkosten von fast 100 Euro im Jahr.

2 Verteilungswirkungen der EEG-Umlage

Das EEG ist mit nicht unerheblichen Verteilungswirkungen verbunden, die zunehmend kontrovers diskutiert werden (Bardt et al. 2012a; Gawel und Korte 2012; Löschel et al. 2012; Techert et al. 2012). Diese erwachsen aus den Zahlungen der Stromverbraucher auf der einen Seite und den Einnahmen der Anlagenbetreiber auf der anderen Seite. Dabei ist die Einnahmenseite kaum hinreichend zu erfassen, da hier nicht nur die privaten Eigentümer von Erneuerbare-Energien-Anlagen berücksichtigt werden müssten, sondern auch die Eigentümerstruktur größerer Unternehmen, die beispielsweise Windparks betreiben, Solaranlagen auf Werkstdächern installieren oder Biomasseanlagen besitzen. Möglich ist aber eine Betrachtung der Verteilungswirkungen, die aus den Zahlungen der privaten Haushalte für das EEG resultieren. Dem Anteil der EEG-Umlage für die Photovoltaikförderung lassen sich beispielhaft die durchschnittlichen Einnahmen privater Photovoltaikanlagen gegenüberstellen. Neben der Verteilung zwischen Einkommensgruppen können auch noch andere Verteilungsaspekte relevant sein, beispielsweise zwischen Unternehmen und Haushalten, zwischen energieintensiven und weniger energieintensiven Unternehmen, zwischen Regionen (BDEW 2012) oder zwischen verschiedenen Produzenten von Strom. Diese werden an dieser Stelle jedoch nicht weiter untersucht.

Die folgenden Berechnungen basieren auf den Befragungswellen des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) der Jahre 2003 und 2010, da in diesen Jahren die monatlichen

Tab. 2 Verteilung der Stromkosten und der EEG-Umlage (pro Monat und pro Person (bedarfsgewichtet) nach Einkommensdezilen, in Euro)

Einkommensdezil	2011		2013	
	Stromkosten	EEG-Umlage	Stromkosten	EEG-Umlage
1.	41,34	5,85	44,45	8,75
2.	40,00	5,66	43,00	8,47
3.	40,63	5,75	43,68	8,60
4.	40,76	5,77	43,81	8,63
5.	40,77	5,77	43,86	8,63
6.	43,68	6,18	46,93	9,24
7.	42,31	5,99	45,47	8,95
8.	44,99	6,37	48,35	9,52
9.	44,61	6,31	47,97	9,44
10.	50,86	7,20	54,67	10,76

Die Haushalte werden gemäß der Höhe ihrer bedarfsgewichteten Nettoeinkommen sortiert und in zehn gleich große Gruppen eingeteilt (Dezile); Stromkosten und EEG-Umlage sind ebenfalls bedarfsgewichtet; alle Werte beziehen sich auf Monatsangaben und Durchschnitte in den jeweiligen Dezilen; die Einkommen und Stromkosten für das Jahr 2013 basieren auf Prognosewerten. Quellen: Sozio-oekonomisches Panel, eigene Berechnungen

Stromkosten der Haushalte abgefragt wurden. Für die weiteren Jahre wird das Einkommen jeweils mit der Veränderungsrate des verfügbaren Einkommens aus den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) fortgeschrieben (Statistisches Bundesamt 2011) und bei den Stromkosten werden jeweils die Steigerungsraten der Strompreise verwendet. Weil die Haushalte je nach Verbrauch und Anbieter unterschiedlichen Strompreisen unterliegen, wird auf den durchschnittlichen Strompreis für einen Drei-Personen-Haushalt mit einem Jahresverbrauch von 3.500 kWh zurückgegriffen. Dieser stieg von 17,96 Cent/kWh im Jahr 2004 auf 24,95 Cent/kWh im Jahr 2011 (BDEW 2012). Auch der Verbrauch wird anhand dieser unterstellten Durchschnittspreise ermittelt, weil die Mikrodaten nur Angaben über die monatlichen Stromkosten der Haushalte enthalten. Der Strompreis für das Jahr 2013 basiert auf einer linearen Fortschreibung der Durchschnittstrompreise für die letzten Jahre (BDEW 2012) und wird mit 26,82 Cent/kWh angesetzt.

Wie in Verteilungsanalysen üblich, wird ein bedarfsgewichtetes Haushaltsnettoeinkommen verwendet, um unterschiedliche Haushaltsgrößen und Skaleneffekte innerhalb von Haushalten zu berücksichtigen. Zur Bedarfsgewichtung wird wie bei den offiziellen Verteilungsindikatoren der EU die modifizierte Äquivalenzskala der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) herangezogen (Hagenaars et al. 1994). Nach dieser Bedarfsgewichtung erreicht ein Zweipersonenhaushalt einen ähnlichen Lebensstandard wie ein Alleinlebender, wenn er über das Anderthalbfache des Single-Einkommens verfügt. Für jedes weitere Haushaltsmitglied ab 14 Jahre erhöht sich dieser Faktor um 0,5. Für Kinder unter 14 Jahre wird ein geringerer Bedarf von 0,3 unterstellt. Ein Paar mit einem

Kleinkind muss daher ein 1,8-mal so hohes Einkommen haben wie ein Einpersonenhaushalt, um auf das gleiche bedarfsgewichtete Einkommen zu kommen. Das resultierende Äquivalenzeinkommen wird schließlich jedem Haushaltsmitglied zugeordnet und lässt sich als bedarfsgemäß modifiziertes Pro-Kopf-Einkommen interpretieren. Auch die Stromkosten und die anteiligen EEG-Kosten werden bedarfsgewichtet, weil der Stromverbrauch zwar mit zunehmender Haushaltsgröße steigt, jedoch nur unterproportional.

Das durchschnittliche bedarfsgewichtete Nettoeinkommen der ärmsten 10 Prozent der Bevölkerung (Dezil 1) beträgt 706 Euro, das des obersten und damit reichsten Dezils (Dezil 10) 4.744 Euro. [Tabelle 2](#) zeigt für die Jahre 2011 und 2013 die Höhe der durchschnittlichen monatlichen Stromkosten sowie der EEG-Umlage nach Dezilen. Zwar liegen die Stromkosten in den oberen Dezilen etwas höher als in den unteren. Im Vergleich zu den Einkommen ist dieser Unterschied jedoch gering. Bei einem mehr als sechsmal so hohen Einkommen sind die Stromkosten nur um rund ein Viertel höher. Entsprechend verhält es sich mit der EEG-Umlage. Für die ärmere Hälfte liegt die bedarfsgewichtete Pro-Kopf-EEG-Umlage knapp unter sechs Euro, die reichsten 10 Prozent der Bevölkerung zahlen 7,20 Euro. 2013 liegen die Werte zwischen 8,75 und 10,76 Euro im Monat. Da das durchschnittliche Bedarfsgewicht in Deutschland rund 1,5 beträgt (gegenüber einer durchschnittlichen Haushaltsgröße von etwa zwei Personen), sind die entsprechenden Haushaltswerte ungefähr um den Faktor 1,5 höher.

Während also mit zunehmenden Einkommen die absoluten EEG-Kosten der Haushalte leicht steigen, verdeutlicht eine relative Betrachtung die unverhältnismäßig hohe Belastung der Haushalte mit niedrigem Einkommen. [Abbildung 3](#) veranschaulicht die Anteile der EEG-Kosten der Haushal-

te an deren jeweiligem Nettoeinkommen: Bei den einkommensschwächsten 10 Prozent floss im Jahr 2011 beinahe 1 Prozent des Einkommens in die EEG-Finanzierung, bei den einkommensstärksten 10 Prozent war dieser Anteil mit nur 0,17 Prozent deutlich geringer. Mit steigender Umlagenhöhe wächst auch die Belastung der einkommensschwachen Haushalte. Setzt man für das Jahr 2013 den Wert von 5,28 Cent/kWh für die EEG-Umlage an, müssen die Haushalte des untersten Dezils bereits 1,32 Prozent ihres Einkommens für die EEG-Finanzierung aufwenden.

Verteilungswirkungen sind nicht nur anhand des Einkommens zu beschreiben, vielmehr ergeben sich unterschiedliche Belastungen auch für verschiedene Haushaltstypen. Besonders belastet werden 2013 auch Alleinerziehende. Sie müssen im Durchschnitt fast 0,9 Prozent ihres Einkommens für die Umlage aufbringen – im Verhältnis zu ihrem Einkommen doppelt so viel wie kinderlose Paare (Tab. 3).

Es ist zu beachten, dass bei dieser Betrachtung nur die Verteilungswirkungen der direkten EEG-Kosten für die privaten Haushalte erfasst werden. Die Förderung hat auch indirekte Effekte auf die Strompreise. Diese ergeben sich etwa aus dem erforderlichen Netzausbau, aber auch aus der Mehrwertbesteuerung. Intertemporale Effekte ergeben sich aus möglichen Nachzahlungen, wenn die Einspeisemenge un-

terschätzt und damit die EEG-Umlage zu niedrig angesetzt wurde. Dies kann kurzfristig zu erheblichen Veränderungen der Umlage führen (Nagl et al. 2012). Bedeutend für die Belastung der Haushalte ist natürlich auch der Stromverbrauch, der vom Haushalt angepasst werden kann und vom Strompreis beeinflusst wird. In dieser Status-Quo-Betrachtung werden derartige Ausweichmöglichkeiten nicht analysiert. Veränderungen der Ausnahmeregelungen für energieintensive Industrieunternehmen bedeuten ebenfalls eine Änderung der Belastung privater Haushalte. Dabei wird hier auf den aktuellen Rechtsstand Bezug genommen und keine Analyse möglicher Verteilungswirkungen zwischen Industrie und Haushalten vorgenommen. Nicht berücksichtigt werden hier ferner mögliche preissenkende Effekte durch das Angebot erneuerbarer Energien auf dem Spotmarkt (Merit-Order-Effekt). Schließlich können private Stromkunden hiervon nur sehr eingeschränkt profitieren. Bei zusätzlicher Berücksichtigung der durch die EEG-Umlage verursachten höheren Mehrwertsteuerbelastung liegt der Anteil der EEG-Finanzierung bei den einkommensschwächsten Haushalten im Jahr 2013 schon bei 1,6 Prozent des verfügbaren Einkommens. Bezogen auf die Einkommen der privaten Haushalte wirkt die EEG-Umlage somit klar regressiv.

Verteilungseffekte entstehen aber nicht nur auf der Ausgabenseite der Haushalte, sondern auch bei möglichen finanziellen Vorteilen durch die EEG-Förderung. Die Einnahmen der Haushalte durch das EEG lassen sich anhand der Mikrodaten nicht vollständig abbilden. Sie können aber beispielhaft berechnet werden für die Haushalte mit privaten Photovoltaikanlagen (kurz: Solarhaushalte). Die Verteilung der Solarhaushalte wird auf Basis der SOEP-Daten ermittelt. Da in den Mikrodaten die Eigentümer von Solarthermieanlagen nicht eindeutig von Eigentümern von Photovoltaikanlagen zu unterscheiden sind, wird gemäß dem jährlichen Zubau von Anlagen bis 30 Kilowatt zufällig die entsprechende Zahl der Haushalte aus der Gesamtzahl der positiven Antworten der jeweiligen SOEP-Welle gezogen. Dieses Verfahren unterliegt der Annahme, dass sich die Verteilung von Solarthermiehaushalten nicht systematisch von Photovoltaikhaushalten unterscheidet. Robust gegenüber der zufälligen Auswahl zeigt sich bei der Verteilung der Haushalte

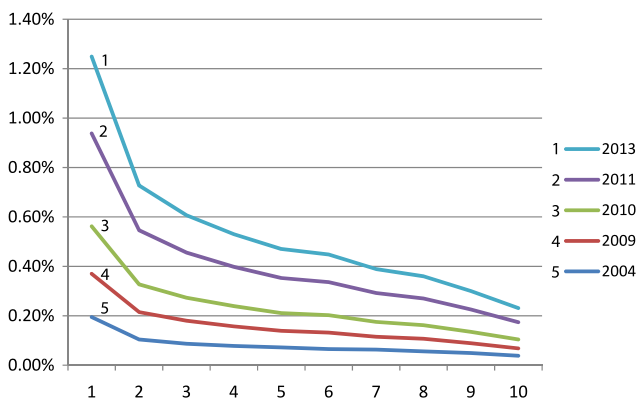


Abb. 3 Anteile der EEG-Umlage am Einkommen. Einkommensgruppen auf Basis bedarfsgemäßer Pro-Kopf-Einkommen in Euro. Quellen: Sozio-ökonomisches Panel, eigene Berechnungen (Farbig online)

Tab. 3 Verteilung der EEG-Umlage nach Haushaltstypen (Einkommen und Umlage pro Person (bedarfsgewichtet) je Monat)

	Durchschnittliche monatliche EEG-Umlage in Euro		Anteil der EEG-Umlage am Einkommen in %	
	2011	2013	2011	2013
Single	6,34	9,49	0,51	0,72
Paar ohne Kinder	6,47	9,68	0,31	0,44
Alleinerziehend	5,94	8,88	0,60	0,85
Paar mit Kindern	5,65	8,45	0,34	0,48

Alle Werte sind bedarfsgewichtet und beziehen sich auf Monatsangaben und Durchschnitte für die jeweiligen Haushaltstypen. Rentnerhaushalte werden bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt. Quellen: Sozio-ökonomisches Panel, eigene Berechnungen

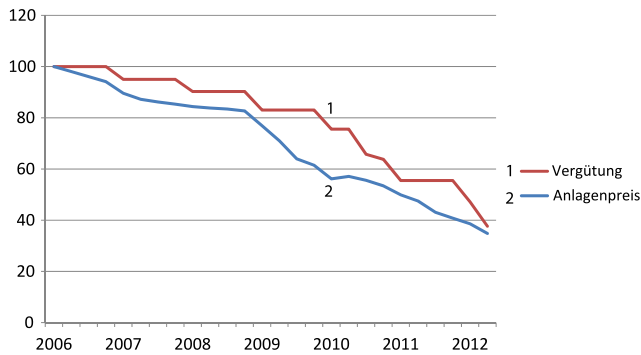


Abb. 4 Entwicklung von Endkundenpreis und Vergütungssätzen für Photovoltaikanlagen. Durchschnittlicher Endkundenpreis pro Kilowatt Peak (Systempreis, netto) für eine fertig installierte 10-Kilowatt-Photovoltaik-Dachanlage und Vergütung pro Kilowattstunde, Anfang 2006 = 100. Quellen: BSW-Solar 2012; EEG in den jeweiligen Fassungen (Farbig online)

mit Photovoltaikanlagen ein eindeutiges Bild: In den unteren Einkommensbereichen sind keine bis sehr wenige Solarhaushalte zu finden. Die Anzahl steigt beinahe kontinuierlich mit zunehmendem Einkommen an. Jeder fünfte Solarhaushalt gehört zu den reichsten 10 Prozent der Bevölkerung.

Aufgrund der Panelstruktur der Mikrodaten lässt sich ebenfalls abschätzen, zu welchem Zeitpunkt eine Anlage in Betrieb genommen wurde. Dies ist aus zwei Gründen relevant: Erstens entscheidet der Zeitpunkt der Inbetriebnahme darüber, mit welchem Betrag jede erzeugte kWh der Anlage über die nächsten 20 Jahre gefördert wird. Zweitens hängen die Investitionskosten für die Anlage und damit die Rentabilität für den Betreiber vom Anschaffungszeitpunkt ab. Im Zeitablauf sinken sowohl die Fördersätze als auch die Kosten für die Anlage. Eine hohe Bruttorendite erzielt ein Betreiber dann, wenn die Differenz zwischen der Förderung und dem Kaufpreis der Anlage möglichst groß ist. [Abbildung 4](#) stellt den Rückgang der Modulpreise und die Entwicklung der Fördersätze grafisch dar. So konnte zum Beispiel ein Betreiber einer Anlage bis 10 Kilowatt das beste Verhältnis zwischen Fördersatz und Anlagenpreis mit einer Inbetriebnahme zwischen der zweiten Jahreshälfte 2009 und der ersten Jahreshälfte 2010 erreichen. Ein (noch) hoher Fördersatz traf hier mit bereits deutlich gesunkenen Modulpreisen zusammen.

Wie bereits erwähnt, hängt der Ertrag einer Anlage außer vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme von weiteren Faktoren ab (Standort, Ausrichtung, verwendete Technologie etc.). Bei der folgenden Kapitalwertberechnung wird auf Durchschnittswerte zurückgegriffen. Dabei werden die Förderungen und Gewinne der Betreiber einer Photovoltaikanlage bis 30 Kilowatt gemäß dem jeweiligen Anschaffungsjahr berechnet. Es werden nur diese kleineren Anlagen betrachtet, weil sich die Analyse auf Privathaushalte beschränkt. Die Einnahmen ergeben sich aus einem durchschnittlichen Jah-

resertrag von 900 kWh pro installiertes Kilowatt Leistung sowie der für die Anlage gültigen Vergütung über 20 Jahre. Dabei wurde eine Diskontierungsrate von 2 Prozent angenommen, um die reale Rendite der Photovoltaikanlage darzustellen. 2 Prozent entsprechen etwa der durchschnittlichen Inflationsrate der vergangenen 20 Jahre von 1,9 Prozent.

Den Einnahmen werden die Installationskosten gegenübergestellt, die jeweils quartalsweise vorliegen (BSW-Solar 2012). Wegen technischer Alterung und Verschmutzungen der Anlagen wird außerdem angenommen, dass der Stromertrag jährlich um 0,2 Prozent sinkt. Auf der Ausgabenseite fallen neben der Anfangsinvestition jährliche Betriebskosten an. Bei Photovoltaikanlagen sind diese im Vergleich zu anderen Technologien zur Stromerzeugung gering. Sie wurden mit 30 Euro pro installiertes Kilowatt und Jahr bewertet. Es wird zudem unterstellt, dass die Betriebskosten jährlich um 2 Prozent steigen (Fraunhofer ISE 2012, 9 ff.).

Die Vergütungen der Anlagenbetreiber werden zu einem Großteil durch die EEG-Umlage finanziert. Bei der Photovoltaik liegt der Subventionsanteil bei rund 85 Prozent. Der Rest wird über die Erlöse des Photovoltaikstroms am Strommarkt finanziert. Um die Vergütungen auf die Anlagenstruktur in den Mikrodaten zu beziehen, wird zunächst die gesamte Vergütungssumme der Anlagen unter 30 Kilowatt durch die Anzahl dieser Anlagen geteilt. Jedem Solarhaushalt werden dann die durchschnittlich gezahlten Vergütungen gemäß Zeitpunkt der Inbetriebnahme zugewiesen. Insgesamt ergeben sich so Förderkosten (Differenzkosten) von jährlich knapp über 3 Milliarden Euro, die an die privaten Haushalte fließen. Dies entspricht rund 45 Prozent der gesamten Vergütungen für Photovoltaikstrom im Jahr 2011. Die Mikrodaten können somit den privaten Photovoltaikanteil sehr gut abbilden, da dieser mit rund 40 Prozent (Klaus Novy Institut 2011, 62) beziffert wird, kleinere Anlagen aber von höheren Fördersätzen profitieren.

Entsprechend der Verteilung der Solarhaushalte fließt die Fördersumme vorwiegend an die Haushalte mit höheren Einkommen. Stellt man diesen Vergütungen die EEG-Kosten der Haushalte gegenüber, die auf Photovoltaikanlagen zurückzuführen sind (im Jahr 2011 waren das approximativ 55 Prozent der gesamten EEG-Kosten), resultieren nur für die ärmsten 20 Prozent der Haushalte negative Finanzierungssaldos ([Abb. 5](#)): Das heißt, die Haushalte in den untersten zwei Dezilen zahlen über die EEG-Umlage mehr Vergütungen für Photovoltaikanlagen, als die Solarhaushalte in diesen Dezilen an Fördersummen erhalten. Insgesamt fließen durch den Betrieb von Photovoltaikanlagen mehr Vergütungen an die privaten Haushalte, als diese über die EEG-Kosten finanzieren. Das liegt daran, dass der Anteil privater Photovoltaikanlagen höher ist als der Finanzierungsanteil der privaten Haushalte an der EEG-Umlage. Der Stromverbrauch der privaten Haushalte entsprach 2011 rund einem Drittel des nicht-privilegierten Letztbedarfs, auf den die EEG-Kosten umgelegt werden (Prognos 2012).