

Welchen globalen Wohlfahrtsgewinn bringt die Preissenkung für Photovoltaische Anlagen?

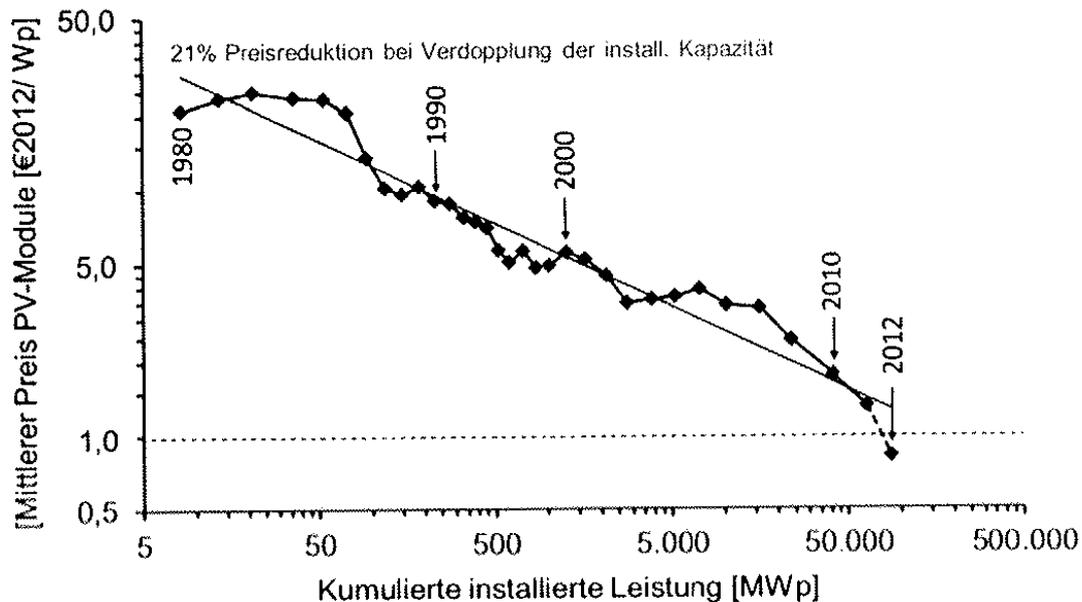
Notiz, Paul H. Suding, ¹ Fassung März 2014

Stark sinkende Preise, sehr hohe Zubauraten und eine sprunghaft steigende Umlage zur Deckung der Vergütung für die Stromerzeugung aus ebensolchen Anlagen, ermöglicht durch das Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und seine Handhabung, prägen seit vielen Monaten die Entwicklung bei photovoltaischen Anlagen (PV) in Deutschland. In der Diskussion um die hohe Belastung der deutschen Stromverbraucher, die bei der Verkündung der Sätze für 2014 einen neuen Höhepunkt erreichte, war auch die Vermutung zu hören, dass Deutschland mit dieser hohen Nachfrage eine Senkung der Stromerzeugungskosten aus photovoltaischen Anlagen (PV) induziert hat, und damit einen erheblichen Beitrag zur globalen Entwicklung geleistet habe. Gegebenenfalls stellt dieser Beitrag einen Zusatznutzen dar, der in eine Bewertung der Kosten-Nutzen Betrachtung einzubeziehen wäre, aber bisher fehlt. Daher stellt sich die Frage, wie hoch dieser Zusatznutzen ist. In diesem kurzen Papier wird ein ökonomischer Ansatz zur Quantifizierung erkundet und die Ergebnisse werden in eine politische Perspektive gestellt.

¹ Dank an GIZ Kollegen Sebastian Hack und Klas Heising für Hinweise und Witold Teplitz für kritische Kommentierung. Der Autor ist Mitarbeiter der GIZ und in der Interamerikanischen Entwicklungsbank tätig. Diese Notiz ist in einer persönlichen Initiative entstanden und die Ergebnisse werden vom Autor allein verantwortet.

Beobachtung der globalen Marktentwicklung für PV Module

Wie die von FhG ISE² stammende Grafik illustriert, wurden zu Beginn der 1990'er Jahre weltweit jährlich ca. 100 MW PV Anlagen installiert, verteilt auf viele Anwendungen, einschließlich Installationen in netzfernen Orten und Einrichtungen in Entwicklungsländern. Der Preis für ein PV-Panel, dem zentralen Baustein der Anlage, lag bei umgerechnet 8000 Euro pro installierte kW maximale Leistung (€/kWp). Die Preise fielen rapide auf umgerechnet ca. 3000 €/kWp im Jahr 2000. Seit 1997 begann das Zubauvolumen zu steigen³.

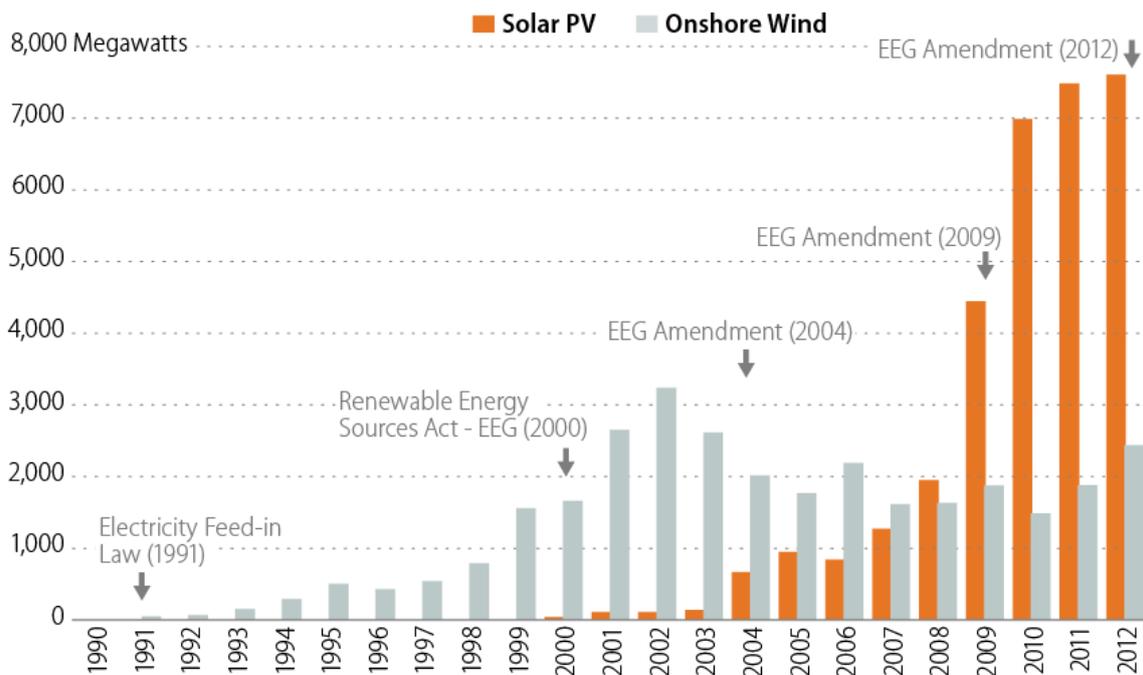


In Deutschland allein wurden in den Jahren 1999 bis 2003 im Rahmen des 100.000 Dächer Programms 300 MW installiert. Diese Förderung wurde in ihrer Wirkung durch eine stark erhöhte garantierte Vergütung von ca. 49 Eurocent für Strom aus PV durch das EEG abgelöst. Die Kapazitäts- Zuwächse allein in Deutschland erreichten rasch ca. 1000 bis 2000 MW/a, schon 2008 und 2009 ca. 2000 bzw. über 4000 MW/a, um ab 2010 auf ca. 7000 und 8000 MW/a zu springen, trotz einer jährlichen Anpassung der Vergütung für PV-Strom nach

² Fraunhofer ISE, Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, 2012, <http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>, wo PSE AG/FhG ISE und Strategies Unlimited/Navigant Consulting 2011 als Quelle angegeben wird. Alle Preise sind umgerechnet in Euro von 2010; es handelt sich um Durchschnittspreise, den „Global Module Price Index (vgl.; <http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56776.pdf>)

³ Zu den jährlichen Zubauraten vgl. http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf

unten. Die Preise für PV Panels hatten von 2000 bis 200/08 auf dem Niveau von etwa 3000 €/kWp stagniert, um dann sehr rasch bis 2011 auf etwa 1100 (€/kWp). zu fallen, und 2012 unter 1000 €/kWp und 2013 noch weiter zu sinken.



1991 Electricity Feed-in Law	<ul style="list-style-type: none"> • Wind and solar electricity receives FiT equal to 90% of average retail rate. 	<ul style="list-style-type: none"> • 5% renewables penetration cap
2000 Renewable Energy Sources Act - EEG	<ul style="list-style-type: none"> • FiTs adjusted based on electricity generation costs; solar = 51€cent/kWh, average wind = 8.4€cent/kWh. 	<ul style="list-style-type: none"> • 5% annual degression. • Solar quotas and project size limits.
2004 EEG Amendment	<ul style="list-style-type: none"> • New rates for solar PV (46-62 €cent/kWh) depending on system size and installation type. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cap and system size limits removed. • Variable FiT rates for wind projects. • 5.5% to 6% annual degression.
2009 EEG Amendment	<ul style="list-style-type: none"> • FiT rates for wind power increased (9.2 €cent/kWh for first 5 year, 5.02 €cent for years 6 through 20). 	<ul style="list-style-type: none"> • FiT rates reduced for all solar PV projects. • Corridor degression for PV introduced. • FiTs for on-site consumption introduced.
2012 EEG Amendment	<ul style="list-style-type: none"> • Expresses goal for electricity supply from renewables to reach 35% in 2020, 50% by 2030, 65% by 2040, and 80% by 2050. • Market premium option introduced for all renewable sources of electricity as a way to address market integration of renewables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wind power FiTs annual declines increased to 1.5% per year, up from 1.0% prior. • Modified corridor degression for solar: 9% base-case annual degression, adjusted up or down depending on actual installation levels.

Quelle: Zusammengestellt mit Material des BMU, von Phillip Brown, European Union Wind and Solar Electricity, Policies: Overview and Considerations Congressional Research Service, 7-5700 , August 7, 2013 www.crs.gov, R43176

Dieser zweite Preissenkungsschub ab 2008 fällt mit der extremen Ausweitung des weltweiten Kapazitätszubaues für PV Anlagen zusammen, der anfangs zu mehr als der Hälfte in Deutschland stattfindet. Das gibt Anlass zu den Vermutungen, dass a) die Preissenkungen auf Kostensenkungen aufgrund von Skaleneffekten⁴ in einem sprunghaft in eine andere Größenordnung expandierten Markt zurückzuführen waren und b) dass dies hauptsächlich der deutschen Entwicklung⁵ zuzurechnen ist, und damit als ein –weiterer - Zusatznutzen den Kosten der deutschen PV-Förderung gegenübergestellt, bzw. als Entwicklungsbeitrag Deutschlands betrachtet werden kann.

Fragestellung: wie hoch ist der Wohlfahrtsgewinn der PV Modulpreissenkungen?

In diesem Papier wird nicht diskutiert, ob dieser Vermutungen zutreffen. Es wird hier vielmehr der Versuch unternommen, den Nutzen der Preissenkungen zu quantifizieren, unabhängig davon wem er zuzuschreiben ist. Wenn diese Nutzenschätzung allerdings eine nicht vernachlässigbare Größenordnung ergibt, erhalten die Fragen Relevanz, inwiefern es sich um einen Skaleneffekt handelt, und inwieweit er als Wirkung der deutschen Volkswirtschaft und ihren Akteuren zugerechnet werden kann, die dann vertieft diskutiert werden können.

Zu einer solchen ersten Abschätzung des Nutzens der Preissenkungen soll hier der ökonomische Evaluierungsansatz der Konsumentenrente⁶ verwendet werden, beruhend auf dem *willingness-to-pay* Gedanken.⁷ Gegenstand der Betrachtung ist dabei der Weltmarkt zur **Schätzung des Welt-Wohlfahrtsgewinns** durch die Preissenkung der PV-Anlagen. Später, wenn man einen Beitrag für die Entwicklungsländer ermitteln will, kann dann ein Teil den zugeordnet werden.

⁴ Skaleneffekt bezeichnet die Kostendegression aufgrund sprunghafter Expansion der Produktionskapazitäten, bei denen kostengünstigere Verfahren und Faktoren genutzt werden können, im Fall der PV-Panels die Massenproduktion in Ostasien. Ein Teil der Preissenkungen wird auch auf die Schaffung erheblicher Überkapazitäten in der Panelproduktion und die zur Auslastung resultierenden Preiskämpfe zurückgeführt, bei denen auf die Deckung der, Gestehungsvollkosten verzichtet wird. Die zwischen EU und China kürzlich ausgehandelten Mindestpreise für nach Europa gelieferte PV Module von 56 Cent/W_p können als Indikator für die gegenwärtigen (Juli 2013) Produktionskosten dienen. Es wird befürchtet, dass die Preise für PV Module wieder ansteigen, wenn die Kapazitäten besser ausgelastet sind. Ein Teil der Preissenkungen mag auch mag auch durch von m Skaleneffekt unabhängigen technologischen Fortschritt erreicht worden sein.

⁵ Neben Deutschland haben auch andere Länder substantielle, doch deutlich geringere Zuwächse der installierten PV Leistung erreicht und damit Beiträge zur Ausweitung des Welt-Marktvolumens geleistet, die dann die Errichtung großer Angebotskapazitäten induziert hat, namentlich Italien, Japan, China, USA und Spanien.

⁶ Der Ansatz der Konsumentenrente gilt als das direkteste Verfahren zur wirtschaftlichen Bewertung von Politiken, Programmen und Projekten in den Infrastruktursektoren, aber auch der ökonomischen Analyse von Umweltdienstleistungen; Standardwerk dazu Dixon, J. et al., *Economic Analysis of Environmental Impacts*, Earthscan November 1, 1994. Dieses Verfahren ist einfach, beruht aber auf einer Reihe von Behelfsannahmen, und ist daher manipulierbar. Daher ist er seit den 1990er Jahren ein wenig aus der Mode gekommen.

⁷ Die Konsumentenrente ergibt sich aus der Summe des Nutzens, den diejenigen Käufer haben, die das betreffende Gut, also hier das PV-Panel, auch zu einem höheren als dem effektiven Kaufpreis erworben hätten. Deren jeweiliger Nutzen wird daran gemessen, was sie für diese Gut zu zahlen bereit gewesen wären. Im Nachfrage-Angebots Konzept der Volkswirtschaftslehre, stellt die Nachfragekurve die „willingness- to- pay“ dar. Die Konsumentenrente wird gemessen als Fläche links von der effektiven Nachfragekurve.

Ermittelt wird dazu die Differenz zwischen der hypothetischen Konsumentenrente, die sich ergeben hätte, wenn die Preise für PV Anlagen nicht gesunken wären, und der aktuellen Konsumentenrente. Dabei wird nur die Konsumentenrente einbezogen, die sich ohne die gezielten kurzfristigen Förderpolitiken speziell Subventionsprogramme ergeben hätte.⁸

Zum Zweck der Abschätzung des Werts der Konsumentenrente benötigt man verschiedene globale Nachfrage- und Angebotsfunktionen für PV Module. Da die Schätzungen konkret und praxisrelevant sein sollen, müssen die Nachfrage- und Angebotskurven möglichst die PV-Modul-Marktsituation in einem aktuellen Jahr darstellen.⁹

Für 2013 wird nach Analysten Schätzungen¹⁰ ein Gesamtvolumen des PV Anlagenzubaues von 38-40 GW (aktualisiert im Juni 2013) erwartet, etwa 13 GW außerhalb von USA, Deutschland, Japan und China. Davon sollen ca. 60% sich ohne Subventionen ergeben. Für 2014 wird sogar ein Zubau von 45 GW prognostiziert, mit zunehmendem Anteil „ohne Subventionen“.

Die Angebots- und Nachfragekurven in Bild x sind mit dieser Schätzung in etwa konform, eher ein wenig vorsichtiger angesetzt. Es werden zwei Nachfragekurven für das Jahr 2013 konstruiert, eine für die effektive Welt-Gesamtnachfrage und eine für die nicht p durch kurzfristige Politik getriebene nachhaltige¹¹ Weltnachfrage. Die Gesamt-Nachfrage trifft bei ca. 30000 MW auf die Angebotsfunktion, die nachhaltige Nachfrage bei ca. 20000 MW, also bei zwei Dritteln der Gesamtmenge und bei einem Preis von 620 €/kW_p.

Für die beiden Nachfragekurven wird jeweils eine stark konvexe funktionale Form angenommen¹². Die Begründung für diese Form ist, dass die Nachfrage über weite Strecken der oberen Preislagen niedrig bleibt, dann aber sehr stark ansteigt, sobald wenn die PV Module so niedrige Preise erreichen, dass die PV Stromerzeugung konkurrenzfähig wird.

Für die nachhaltige Nachfragekurve wird unterstellt, dass bei einem Modulpreis von unter 1100 €/kW_p die Nachfrage von 1300 MW zunehmend stark ansteigt und dies den Wendepunkt der Kurve bildet.

⁸ Es geht ja hier um die Ermittlung eines Zusatznutzens in Form eines günstigeren Zugangs für alle Verbraucher einschließlich der ausländischen unabhängig von der Förderpolitik. Die direkten Nutzen der Förderpolitik des jeweiligen Landes müssten in einer anderen speziellen Analyse ermittelt werden. (vgl. Fußnote 15)

⁹ Die Verwendung eines einzigen Weltmarkt- Preises für PV Module ist offensichtlich eine starke Vereinfachung. Nicht nur sind die Preise in Wirklichkeit nach Qualitäten sehr verschieden. Auch gelten örtlich sehr verschiedene Preise.

¹⁰ Meistzitiert als Quelle die Deutsche Bank Research <http://cleantechnica.com/2013/07/08/world-solar-pv-market-to-hit-45-gw-in-2014-deutsche-bank-forecasts/>

¹¹ Wir übernehmen hier die Terminologie „sustainable“ oder „not sustainable“ mit der die Studie der Deutschen Bank zitiert wird. Sustainable ist demnach eine Nachfrage bei einer tragfähigen Politik, wozu auch die Abschaffung von Marktbarrieren gehört.

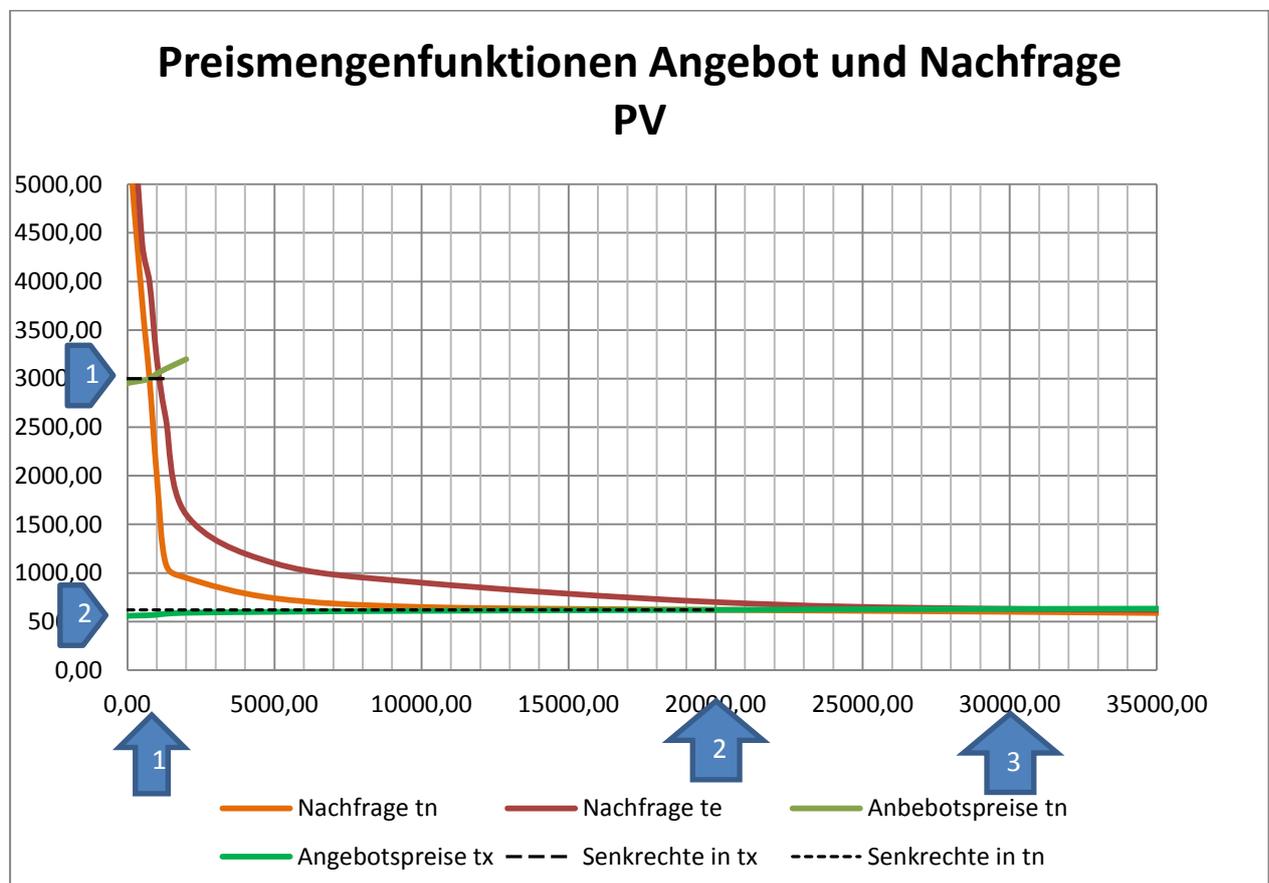
¹² Die funktionale Form der Nachfragekurve ist ein Schlüsselfaktor für die Bestimmung des Wertes der Konsumentenrente. In ökonomischen Evaluierungen Projektevaluierungen in der EZ wurde in den 90er Jahren nicht selten eine lineare Nachfragefunktion unterstellt, die eine extreme Aufblähung der geschätzten Konsumentenrente ergab. Das nährte den Verdacht der Manipulation zum Zweck, ein Projekt über die Hürde der volkswirtschaftlichen Mindestrendite zu hieven. Dieser Trick war eine der Erfahrungen, wegen der die ökonomische Evaluierung von Projekten ihre Bedeutung verlor, da sie manipulierbar erschien und somit angreifbar war.

Als dritter Anhaltspunkt zur Konstruktion der Kurve wird eine Nachfrage von 0 bei einem Preis von 6300 €/kW_p angenommen.

Die effektive Nachfragekurve wird rechts von der nachhaltigen konstruiert. Sie spielt für die weitere Kalkulation keine Rolle.

Die gesamte Konsumentenrente für das Jahr 2013 ergibt sich aus der Fläche links der nachhaltigen Nachfragekurve, oberhalb des (Markträumungs-) Preises von 620 €/kW_p.

Um die hypothetische, ohne die jüngste Preissenkung entstandene nachhaltige Marktsituation zu ermitteln wird die entsprechende Angebotskurve bei Preisen von ca. 3000 €/kW_p eingeführt. Diese trifft bei ca. 750 MW auf die nachhaltige Nachfragekurve. Die Fläche links von der Nachfragekurve oberhalb dieses Punktes entspräche der Konsumentenrente ohne die Preisdegression.



Zur Quantifizierung werden nun einfach die Werte der Konsumentenrente bei derzeitigen Angebotspreisen ermittelt und davon die Konsumentenrente ohne die Preisdegression abgezogen.

Für die hier dargestellte Situation errechnen sich Werte von ca. 4 Mrd. €¹³ (effektive nachhaltige Konsumentenrente). minus 1 Mrd. € (hypothetische Konsumentenrente bei PV Modulpreisen von 2008. Das ergibt einen globalen Wert von ca. 3 Mrd. € für die von der jüngsten PV-Modul Preisdegression geschaffene Konsumentenrente, als erste Schätzung des jährlichen Zusatznutzen für die Weltwirtschaft bzw. Weltbevölkerung.

Wie viel davon als in EL anfallend betrachtet werden kann, hängt von weiteren Annahmen ab. Zählt man China zu den EL, kann man ein Viertel bis ein Drittel ansetzen.¹⁴

Gemäß Analysten Schätzungen wird die nachhaltige Nachfrage in den kommenden Jahren rasch ansteigen, was auch die jeweilige Konsumentenrente ansteigen lassen würde.

Kritische Punkte

Der methodische Ansatz ist zweifellos unvollständig und für eine globale komplexe Fragestellung kaum vertretbar.

- Partialbetrachtung; man betrachtet nur einen bestimmten Wirkungszusammenhang und blendet alle anderen aus; bei einer Gesamtbetrachtung wie beispielsweise mit einem *General Equilibrium Modell*, angenommen das würde existieren für die Weltwirtschaft würde man auch gegenläufige Effekte erfassen. Bei einem partialanalytischen Analyse müsste man alle signifikanten Wirkungsstränge verfolgen und dann die Resultate addieren, und das gleiche für das kontrafaktische Szenario machen, unter anderem auch schätzen, was die Mittel, die hierfür verwendet werden, unter anderem für die Umlage auf den Stromverbrauch nach EEG in einer anderen Verwendung bewirken würden. Ein Teil einer solchen Analyse, eine auf das deutsche Inland bezogene Kosten-Nutzen-Schätzung wurde bereits erarbeitet.¹⁵ Jene könnte sollte um eine Betrachtung der weltweiten Wohlfahrtseffekte ergänzt werden, wie sie in dieser Notiz hier angegangen wird.
- Anwendung des Berechnung der Konsumentenrente für eine extrem heterogenen weltweite Nachfrage, die man an sich nur für eine begrenzte homogenere lokale Nachfrage anwendet.

¹³ Zum Vergleich. das gesamte „nachhaltige“ Weltmarktvolumen, also 20000 MW zu 620€/kW_p beträgt in diesem Fall 12,4 Mrd. €.

¹⁴ Aus entwicklungspolitischer Sicht ist von Interesse, die Berechnung auf die Konsumentenrente zu beschränken, die in den Entwicklungsländern anfällt. Um diese zu kalkulieren, müsste man eine Nachfragekurve für Entwicklungsländer annehmen. Gemäß REN21 GSR wurden 2012 etwa 6,1 GW neue PV Kapazität außerhalb Deutschland, US und Japan errichtet. Aus den Marktanalysen (obenzierte DB) für 2013 lässt sich ableiten, dass dieser Wert noch steigen wird. Wenn einmal (vorsichtig) 5.000 MW_p als nachhaltige Nachfrage für EL angesetzt werden, eine Nachfragekurve. die im Vergleich zur globalen Kurve, die eine Markt Räumung bei 20.000 MW_p hat, eine um 75% kleinere Fläche unter sich vereint, käme man auf Werte von ca. 1. Mrd. € für die Konsumentenrente in EL und ca. 0,75 Mrd. € für den preissenkungsinduzierten Anteil.

¹⁵ Damit könnte die bisher auf das deutsche Inland bezogene Kosten-Nutzen-Schätzung um einen Aspekt ergänzt werden. Vgl. FhG -ISI, DIW, GWS, IZES, Monitoring der Kosten und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich im Jahr 2011, Untersuchung im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“, gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Saarbrücken, 16. Juni 2012
<http://www.bmu.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/kosten-und-nutzenwirkungen-des-ausbaus-erneuerbarer-energien-im-deutschen-strom-und-waermemarkt>

Wenn man den Ansatz trotz methodischer Bedenken wie in dieser Notiz einmal anwendet, hängt das Ergebnis von einer Reihe von Annahmen ab. In der vorliegenden Berechnung sind die wichtigsten:

- Nachhaltige Nachfrage (Markträumung ohne Förderung) bei 20.000 MW_p weltweit; Jede Verschiebung der Menge würde eine Veränderung der Konsumentenrente um ca. 0,1 Mrd. € bedeuten. Wenn das Volumen bei 10.000 MW_p angenommen wird, würde der Gesamtwert auf ca. 2 Mrd. € sinken; umgekehrt würde er entsprechend höher liegen, wenn wie für 2014 von den Analysten vorausgesagt, eine höhere nachhaltige Nachfrage eintritt.
- Funktionale Form der Nachfragekurve: wenn der Wendepunkt weiter links unten liegt, und die Nachfrage noch stärker konvex ist, fällt die Konsumentenrenten niedriger aus und umgekehrt.

Die funktionale Form der Angebotskurven spielt keine Rolle, da nur deren Schnittpunkte mit der Nachfragekurve von Bedeutung sind.

Fazit und mögliche Schlussfolgerungen

Angesichts der methodischen Bedenken und der Annahmen kann man das Ergebnis dieser kleinen Analyse nur als ersten Ansatz zur Ermittlung einer möglichen Größenordnung des globalen Nutzens der Preissenkung für PV Module betrachten. Diese Notiz mag daher als Anregung dienen, die Fragestellung mit einer wissenschaftlichen Studie vertieft zu bearbeiten und eventuell in eine globale Kosten-Nutzenanalyse der RE-Förderung einzubeziehen, und die bisher auf das deutsche Inland bezogene Kosten-Nutzen-Schätzung¹⁶ um einen Aspekt ergänzt werden.

Als Fazit dieser quantifizierten Überlegungen lässt sich festhalten, dass der Gesamtwert der jährlichen Konsumentenrente bei den derzeitigen PV-Systempreisen in der Größenordnung eines einstelligen Milliardenwerts in Euro liegen kann, der Orientierungswert ist 4 Mrd. € jährlich, und dass davon ein größerer Teil, etwa 3 Mrd. € auf PV Modulpreissenkungen seit 2007/08 zurückgeführt werden können.

Wenn man diese Zuordnung auf förderungsgetriebene Skaleneffekte und skalenunabhängigem technischen Fortschritt aufteilen möchte, kann man die Annahme treffen, dass die Preise für PV-Anlagen auch ohne die massive Ausweitung der Nachfrage auf ca. 2.000 statt etwa 3.000 €/kW_p gesunken wären. Das würde die zurechenbare (Differenz der) Konsumentenrente um ca. 0,75 Mrd. € senken, somit auf insgesamt 2,25 Mrd. €.

Wollte man einen Gesamtwert des volkswirtschaftlichen Nutzens der Preissenkungen von PV Panels über die Zeit errechnen, so könnte man jährliche Schätzungen für die vergangenen und künftigen Jahre anstellen und einen Gegenwartswert ermitteln. Das würde eine Reihe weiterer Annahmen zur Entwicklung über die Zeit erfordern, sowie auch zur Diskontrate etc. Dies würde in jedem Fall zu einem Wert in der Größenordnung eines zweistelligen Milliardenbetrages führen.

¹⁶ FhG -ISI, DIW, GWS, IZES, op cit.

Damit haben wir eine Größenordnung, die in die Diskussion der Kosten und Nutzen der PV Förderung auf der Nutzenseite eingebracht werden kann. Wie eingangs erwähnt, kann dieser kalkulatorische Nutzen für die Menschheit teilweise dem Größendegressionseffekt auf die Kosten der PV Panels und damit partiell und insofern dem EEG, der EEG-Umlage bzw. dem deutschen Stromkunden zugeschrieben werden, als gezeigt werden kann, dass die Preissenkungen vom EEG induziert wurden.

Ebenso mögen sie die Argumentation stützen, dass mit der RE-Förderung in Deutschland über die Entwicklungszusammenarbeit hinaus¹⁷ Entwicklungschancen im Ausland eröffnet und beträchtliche Wirkungen in Entwicklungsländern erzielt werden.

¹⁷ Die offizielle deutsche EZ beläuft sich z.Zt. auf knapp 12 Mrd. Euro jährlich. Für das Jahr 2011 gibt die OECD DAC Statistik rund 14,1 Mrd. USD an. <http://www.oecd.org/dac/stats/final2011oda.htm>