

# Ausbau der Erneuerbaren zentral für Energiewende

Zu: F. Wagner, Physik Journal, Oktober 2019, S. 43

In seinem Artikel konstruiert Friedrich Wagner aufgrund der Korrelation des sichtbarsten Ergebnisses der Energiewende – dem anfangs dynamischen Ausbau der erneuerbaren Energien – und der insgesamt geringen CO<sub>2</sub>-Reduktion einen falschen kausalen Zusammenhang. Deshalb kommt er zu einer einseitig negativen Bewertung des Ausbaus erneuerbarer Energien. Richtig ist stattdessen, dass ein deutlich beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien, eine wirksame CO<sub>2</sub>-Bepreisung und weitere flankierende Maßnahmen zentral für die Einhaltung der internationalen Verpflichtungen Deutschlands und seinen Beitrag zur Begrenzung des Klimawandels auf deutlich unter 2 °C sind.

Um dies zu verstehen, müssen einzelne Aspekte differenzierter betrachtet werden:

■ Die weiterhin hohe Produktion von Kohlestrom bis einschließlich 2018 hat wenig mit fluktuierenden erneuerbaren Energien zu tun. Stattdessen richtet sich die Kohlestromproduktion nach den Börsenstrompreisen in Deutschland und den Nachbarländern und dem CO<sub>2</sub>-Preis des EU Emission Trading Systems. Das führt dazu, dass auch bei hoher Einspeisung erneuerbarer Energien insbesondere noch Braunkohlestrom produziert wird, wenn er in Nachbarländer verkauft werden kann. Leider geht Prof. Wagner nicht auf die Verhältnisse im ersten Halbjahr 2019 ein, als die Braunkohle erstmals durch den CO<sub>2</sub>-Preis aus dem Markt gedrängt wurde (–20,7 %) und dadurch die Exporte schlagartig zurückgingen. Gleichzeitig stieg die Produktion aus Gaskraftwerken [1]. Diese Lenkungswirkung trat ein, obwohl die CO<sub>2</sub>-Preise im Emissionshandel zwischen 20–30 €/tCO<sub>2</sub>e noch deutlich unter den vom Umweltbundesamt mit 180 €/tCO<sub>2</sub>e abgeschätzten Schadenskosten liegen.

■ Der Mangel an einer rechtzeitigen Lenkung seitens der Politik und ein Unterschätzen des dynamischen Potenzials der erneuerbaren Energien in Teilen der Wirtschaft haben

dazu geführt, dass ein erhebliches volkswirtschaftliches Verlustrisiko entstand. So können seit den 2000er-Jahren geschaffene Kohlekraftwerkskapazitäten nicht bis zum Ende ihrer technischen Möglichkeiten betrieben werden. Entsprechend sind die Börsenwerte der Energieversorger, die stoisch in fossile Kapazitäten investierten, massiv eingebrochen, während europäische Wettbewerber, die seit den 2000er-Jahren konsequent in erneuerbare Energien investierten, deutliche Zunahmen verzeichneten. Solche Fehler werden nun mit zusätzlichen Milliarden an Subventionen aus Steuergeldern im Rahmen des Kohlekompromisses wieder ausgeglichen. Dies gilt es in Zukunft zu vermeiden und jetzt die entsprechenden Leitplanken zu setzen. Durch eine Verknappung der Zertifikate oder die Einführung eines Mindestpreises kann eine starke Lenkungswirkung und eine schnell erreichbare, spürbare Emissionsreduktion erreicht werden.

■ Gleichzeitig müssen die erneuerbaren Energien, insbesondere Photovoltaik und Windenergie schnell massiv ausgebaut werden. Durch zahlreiche gesetzgeberische Eingriffe ist der Ausbau stark ausgebremst worden. Glücklicherweise sind neue Photovoltaik- und Windkraftanlagen die beiden kostengünstigsten Stromerzeugungsformen in Deutschland, mit 4,9 Cent/kWh als durchschnittlichem Zuschlagswert in der letzten Ausschreibungsrunde. Dies gilt für die meisten anderen Länder weltweit [2, 3] und trotz der von Herrn Wagner beschriebenen Entwicklung des Haushaltsstrompreises. Der Anstieg der EEG-Umlage war viel stärker ausgeprägt (Faktor 4,6 seit 2009) als die Vergütung, die an die Betreiber von Anlagen ausbezahlt wurde (Faktor 2,3). Der Grund für den starken Anstieg war, dass die größten Stromverbraucher von der Umlage befreit wurden. Die Last wurde den privaten Haushalten und Gewerbebetrieben aufgetragen, während sehr große Verbraucher von den durch die Einspeisung erneuerbarer Ener-

gien gesunkenen Börsenstrompreisen profitierten. Diese substanzielle Fehllenkung gilt es zu korrigieren. Im Vergleich zu anderen Energieträgern muss Strom auch im Verkehrs-, Wärme- und Industriesektor günstiger werden, um auch hier die Dekarbonisierung vorantreiben zu können [4, 5].

■ Der massive Ausbau an CO<sub>2</sub>-freier Stromproduktion kann wirtschaftlich nicht durch Kernkraft erfolgen. Da die Stromgestehungskosten neuer Kernkraftwerke mit >10 Cent/kWh deutlich über diejenigen erneuerbarer und anderer Technologien mit ~5 Cent/kWh liegen [6], werden neue Kernkraftwerke nur dort gebaut, wo der Staat aufgrund anderweitiger strategischer Interessen massiv eingreift. Auch der Vergleich der Stromkosten mit Frankreich ist verzerrend. In Deutschland stieg der Strompreis z. T. aufgrund von Investitionen in Zukunftstechnologien, während in Frankreich die massiven finanziellen Lasten des Rückbaus der Kernkraftwerke und der Endlagerung des Atommülls in Zukunft noch erheblich mehr Ressourcen verschlingen werden als in Deutschland.

■ Wichtig ist noch zu erwähnen, dass entgegen dem von Herrn Wagner erweckten Eindruck die Versorgungssicherheit nicht schlechter geworden ist. Richtig ist, dass der dafür maßgebliche SAIDI-Wert (System Average Interruption Duration Index) seit 2006 gefallen ist, das heißt, dass die Versorgungssicherheit trotz aller zweifelsohne vorhandenen Herausforderungen mit den fluktuierenden erneuerbaren Energien gestiegen ist [7].

Mit dem massiven Ausbau der erneuerbaren Energien zu Beginn dieses Jahrtausends hat Deutschland einen entscheidenden Beitrag zur Bekämpfung des globalen Klimawandels geleistet und die Weichen in die richtige Richtung gestellt. Durch die Schaffung eines Marktes in einer kritischen Phase wurden die Kostensen-

---

Die Redaktion behält sich vor, die Leserbriefe zu kürzen.

kungen ermöglicht, die dazu geführt haben, dass jetzt weltweit Strom aus Wind und Photovoltaik kostengünstig zur Verfügung steht [8, 9]. An diese frühen Erfolge gilt es anzuknüpfen und die Energiewende konsequent auf alle Sektoren auszudehnen und CO<sub>2</sub>-Neutralität deutlich vor 2040 zu erreichen, damit das Paris-Ziel noch erreicht werden kann. Mit einer international führenden Forschung im Bereich der erneuerbaren Energien und aller für die Sektorenkopplung notwendigen Technologien einschließlich der von Prof. Wagner zurecht genannten Wasserstofftechnologie ist die Ausgangslage dafür ausgezeichnet.

**Dr. Jan Christoph Goldschmidt,**

**Dr. Andreas Bett, Prof. Dr. Bruno Burger, Prof. Dr. Hans-Martin Henning,**

Fraunhofer ISE, Freiburg,

**Prof. Dr. Christian Breyer,** LUT

University, Finnland und

**Prof. Dr. Felix Creutzig,** Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Berlin

- [1] B. Burger, Stromerzeugung in Deutschland im ersten Halbjahr 2019, Fraunhofer ISE (2019), [bit.ly/2OuhQun](https://bit.ly/2OuhQun)
- [2] D. Bogdanov et al., Nat. commun. **10**, 1077 (2019)
- [3] N. M. Haegel et al., Science **364**, 836 (2019)
- [4] M. Ram et al., Global Energy System based on 100% Renewable Energy, Studie (2019), [bit.ly/2XsrIsw](https://bit.ly/2XsrIsw)
- [5] H.-K. Bartholdsen et al., Energies **12**, 2988 (2019)
- [6] M. Ram et al., J. Clea. Prod. **199**, 687 (2018)
- [7] Bundesnetzagentur, Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Strom, [bit.ly/341nuKN](https://bit.ly/341nuKN)
- [8] F. Creutzig et al., Nat. Energy **2**, 17140 (2017)
- [9] G. F. Nemet, How Solar Energy Became Cheap: A Model for Low-Carbon Innovation, Routledge (2019)

Es hat mich gefreut, einen Artikel zum Thema Energiewende zu lesen, leider kam er mir jedoch teilweise etwas einseitig vor. So werden zwar die Kosten der Energiewende betont, die gesamtgesellschaftlichen Kosten für Strom aus Kohle- und Atomkraftwerken hingegen nicht erwähnt. Dies liegt möglicherweise daran, dass ein Großteil der Förderungen für erneuerbare Energien mit der EEG-Umlage direkt über den Strompreis ersichtlich

ist. Staatliche Förderungen für Kohle- und Atomkraft sowie ihre externen Kosten (also Folgekosten durch Umwelt- und Klimaschäden sowie die mit der Atomenergie verbundenen Risiken) sind hingegen weit weniger transparent. Summiert man für die verschiedenen Stromquellen Verkaufspreis, staatliche Förderungen und externe Kosten, ergaben sich 2016 für Windstrom Kosten von 9 Ct/kWh, für Wasserstrom 8,9 Ct/kWh, für Photovoltaik 29,7 Ct/kWh, für Braun- und Steinkohlestrom 14,3 bzw. 13,4 Ct/kWh und für Atomstrom mindestens 15,1 Ct/kWh [1]. Diese Werte zeigen, dass einige erneuerbare Energien heute schon günstiger als konventionelle Energieträger sind, wenn die gesamtgesellschaftlichen Kosten betrachtet werden. Trotzdem äußert sich der Autor im Artikel mehrfach positiv zu Kernkraft. Dabei vergisst er, die Risiken eines atomaren Unfalls, die negativen Folgen des Uranabbaus für Umwelt und Gesundheit der Menschen in den Abbaugeländen und die ungeklärte Endlagerung zu erwähnen.

**Milena Merkel, Münster**

- [1] R. Wronski und S. Fiedler, Was Strom wirklich kostet, Studie im Auftrag von Greenpeace Energy eG (2017)

### Erwiderung von Friedrich Wagner

Die geballte Gegenrede der Herren Goldschmidt, Bett, Burger, Henning,

Breyer und Creutzig hat mich beeindruckt. Lassen Sie mich wie folgt auf die einzelnen Punkte eingehen.

■ Dass sich der Kraftwerksbetrieb wirtschaftlich rechnen muss, ist selbstverständlich. Dass dennoch der Betrieb von Kraftwerken nicht von wirtschaftlichen Erwägungen alleine abhängt, belegen schon die Begriffe preiselastische und preisunelastische Produktion. Ein rein wirtschaftlicher Betrieb würde negative Strompreise nicht erlauben. Die Zwangsbedingungen für ihr Zustandekommen habe ich dargestellt. Bis September 2019 erreichte die Zahl der Stunden mit negativen Börsenpreisen einen neuen Rekordwert. Der volkswirtschaftliche Schaden wird auf mehr als 2,4 Milliarden Euro geschätzt.

■ Natürlich wurden die klassischen Versorger durch die politischen Entscheidungen wirtschaftlich geschädigt. Die Gründe für die Börsenentwicklung multinationaler Firmen kann ich nicht beurteilen. Jedenfalls gegensätzlich zu den im Leserbrief genannten verlief das Schicksal deutscher Wind- und PV-Unternehmen, die weitgehend vom Markt wieder verschwunden sind.

■ Der Ausbau von Wind und PV wurde durch die politische Bewertung der hohen EEG-Kosten begrenzt. Daneben ist das Ausbaupotenzial in Deutschland limitiert. Nach meinen Rechnungen lassen sich vielleicht 800 TWh durch Wind und PV erzeugen.

## Spitzenforschung an Fachhochschulen

**Zu: U. Radtke, Physik Journal, November 2019, S. 3**

Ich bin Prodekan an der HTW Berlin – also einer Hochschule für angewandte Wissenschaften. Ich bin wie Prof. Radtke ein Befürworter kooperativer Promotionen. Allerdings registriere ich auch am eigenen Leib, dass hier noch hohe Hürden bei den Universitätsprofessoren zu überwinden sind. Viele weigern sich, kooperative Promotionen zu betreuen. Der wahre Grund hinter meist vorgeschobenen Gründen ist die Missachtung der Forschungsleistung an „Fach“-Hochschulen. Selbst Prof. Radtke hat dieses Vorurteil noch nicht überwunden, denn er schreibt wörtlich: „Denkbar wären dann Wissenschaftskarrieren, bei denen

FH/HAW-Professor\_innen berufen werden, die niemals mit universitärer Spitzenforschung in Berührung gekommen sind.“ Den Satz kann man nur so interpretieren, dass Prof. Radtke meint, dass JEDE universitäre Forschung und KEINE FH/HAW-Forschung „Spitzenforschung“ betreibt. Ich bin der festen Überzeugung, dass sowohl das eine wie auch das andere falsch ist! Beweis: Ich habe an der TU Berlin in Physik promoviert, würde meine damalige Forschung nicht als „Spitzenforschung“ bezeichnen; an der HTW Berlin gibt es dagegen einige Professoren (z. B. im Bereich regenerativer Energien), die sehr wohl „Spitzenforschung“ betreiben.

**Prof. Dr. Stephan Seeck, HTW Berlin**

gen mit Schwankungen von  $\pm 20\%$  von Jahr zu Jahr. „Bessere Zahlen“ erhält man durch freiere Annahmen über die Höhe zukünftiger Volllaststunden. Selbst bei dem geforderten „massiven“ Ausbau der erneuerbaren Energien wird letztlich die Qualität des Energieimports über den Erfolg der Energiewende entscheiden.

Es ist mir nicht klar, was die Kostendegression von Wind und PV „für die meisten anderen Länder“ mit der Entwicklung des Haushaltsstroms in Deutschland zu tun haben soll. Die Entwicklung von China – um ein für das Weltklima entscheidendes Land herauszugreifen – ist geprägt vom Ausbau praktisch aller Energieerzeugungsformen. 2018 wurden 41 GW fossile, 11 GW nukleare, 21 GW Wind und 45 GW PV-Anlagen in Betrieb genommen. Laut South China Morning Post sind derzeit weitere 121 GW Kohlekraftwerke im Bau. In China hat man offensichtlich eine andere Kostenbasis und auch ein anderes Verständnis von „Verlustisiken“.

Nach meinen Unterlagen wurden 2009 etwa 11 Milliarden Euro und 2018 etwa 32 Mrd € an die Anlagenbetreiber ausbezahlt (Faktor 2,9). Dass die energieintensive Industrie mit einem wettbewerbsfähigen Strompreis im internationalen Wettbewerb steht, halte ich nicht für eine „Fehlentwicklung“. In der Umlage-Befreiung den ausschließlichen Grund für die im Le-

serbrief genannte Anstiegsdiskrepanz zu sehen, negiert den Umstand, dass die PV-Vergütung von 47,9 C/kWh in 2009 auf 27,5 C/kWh in 2018 fiel. Eine 2009 eingefrorene Vergütung hätte für PV zu 40 Milliarden Euro Mehrlage geführt – ein Betrag vergleichbar mit dem Industrierabatt.

■ Rückbau- und Endlagerkosten für Frankreich sind an anderer Stelle kommentiert.

■ Der hohe Aufwand für ein sicheres Netzmanagement führt zu den niedrigen SAIDI-Werten. Der Hinweis der Autoren erinnert mich an das Beispiel der besseren Gesundheit von Mitarbeitern in Kernkraftwerken. Diese sind bekanntlich gesünder als der Durchschnitt, aber nicht wegen möglicher hormonetischer Effekte, sondern wegen der engeren medizinischen Überwachung.

Man darf im Zusammenhang mit der von den Autoren angesprochenen Versorgungssicherheit die im Januar und im Juni 2019 aufgetretenen kritischen Netzzustände nicht verschweigen. An vier Tagen konnte ein kritisches Absinken der Netzfrequenz nicht mehr aus eigener Kraft verhindert werden.

Die abschließende Bewertung der deutschen Beiträge zur Bekämpfung des Klimawandels kann ich nicht teilen. Deutschland hat die Risiken des Klimawandels durch den Abgleich mit denen der Kernenergie relativiert.

### Zu Frau Merkels Zuschrift

Die Ermittlung – was Strom wirklich kostet – beruht nicht auf exakter Wissenschaft. Es ist schwierig, gleichartige Bewertungskriterien für die unterschiedlichen Technologien zu finden. Man muss bei den Kosten für eine intermittierende Versorgung das gesamte System betrachten einschließlich der Systeme, die gesicherte Leistung liefern. Für den fiktiven Fall, dass 500 TWh Wind und PV zusammen mit Wasserkraft den Strombedarf von 2018 abdecken, lässt sich die volle Last nicht an 4700 h, die halbe Last nicht an 1803 h und nicht einmal 20 % der Last an 278 h abdecken. Wie hoch sind die Kosten für den Betrieb des Backup-Systems oder, alternativ, die wirtschaftlichen Schäden?

Der Untertitel meines Berichts lautete: „Ein Diskussionsbeitrag“. Vielleicht hat er diesen Zweck erfüllt. Jedenfalls bedanke ich mich bei allen Diskussionsteilnehmern.

### Hinweis

Hiermit möchten wir die Diskussion um den Beitrag von Friedrich Wagner und die zugehörigen Leserbriefe abschließen.

## Tausende Produkte auf Lager



und verfügbar mit PhotonSpeed™

- **Schnelle Auswahl** – Optimierte Such- und Filterfunktionen
- **Schnelle Lieferung** – Gratis Express-Lieferung für Newport Produkte\*
- **Schnelle Ergebnisse** – Top-Produkte und Service für Ihre Forschung

Jetzt mit Newport auf die Überholspur. An die Forschung, fertig, los!  
Mehr auf [www.newport.com](http://www.newport.com)



Weitere Informationen über MKS Newport finden Sie unter [www.newport.com](http://www.newport.com).

\* Weitere Informationen und Bedingungen finden Sie auf [www.newport.com/free2day](http://www.newport.com/free2day).  
Nur gültig für Bestellungen aus und innerhalb den USA und Europa.



**Schnelle Auswahl. Schnelle Lieferung. Schnelle Ergebnisse.**