

Pittel, Karen

Article

Perspektive der Wissenschaft: Auf dem Weg zur »Energiewende XXL« – wo stehen wir, und wie geht es weiter?

ifo Schnelldienst

Provided in Cooperation with:

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

Suggested Citation: Pittel, Karen (2018) : Perspektive der Wissenschaft: Auf dem Weg zur »Energiewende XXL« – wo stehen wir, und wie geht es weiter?, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 71, Iss. 18, pp. 43-46

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/198658>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Karen Pittel*

Perspektive der Wissenschaft

Auf dem Weg zur »Energiewende XXL« – wo stehen wir, und wie geht es weiter?



Karen Pittel

Obwohl scheinbar trivial, beginnt dieser Beitrag mit einer einfachen Frage: Über was wird eigentlich gesprochen, wenn über »Energiewende« diskutiert wird? Machen wir es uns einfach und schauen in *die* Wissensquelle des 21. Jahrhunderts: Wikipedia. Dort wird unter Energiewende allgemein »der Übergang von der nicht-nachhaltigen Nutzung von fossilen Energieträgern sowie der Kernenergie zu einer nachhaltigen Energieversorgung mittels erneuerbarer Energien bezeichnet«. Des Weiteren: »Ziel der Energiewende ist es, die von der konventionellen Energiewirtschaft verursachten ökologischen, gesellschaftlichen und gesundheitlichen Probleme zu minimieren und die dabei anfallenden, bisher im Energiemarkt kaum eingepreisten, externen Kosten vollständig zu internalisieren« (Wikipedia 2018).

Trotz dieser Betonung des Systemcharakters der Energiewende und der entstehenden externen Kosten wurde die Energiewende lange auf das Ziel eines Ausbaus erneuerbarer Energien im Stromsektor reduziert. Erfolge wurden nicht an der Reduktion der externen Kosten gemessen, sondern daran, wieviel Solar- und Windstrom in einem Jahr zugebaut wurde. Dass die energiebedingten Treibhausgasemissionen trotz des Ausbaus der Erneuerbaren stagnierten, wurde lange Zeit zumindest von der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen. Auch dass das kurzfristige Ziel der deutschen Politik, die deutschen Treibhausgasemissionen im Jahr 2020 um 40% gegenüber 1990 zu senken, trotz erheblicher finanzieller Anstrengungen und trotz eines steigenden Anteils Erneuerbarer verfehlt werden wird, wurde vielen erst langsam bewusst.

* Prof. Dr. Karen Pittel ist Leiterin des ifo Zentrums für Energie, Klima und Ressourcen und Professorin für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Energie, Klima und erschöpfbare natürliche Ressourcen, an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Wird das deutsche und europäische Klimaziel einer 80%–95%igen Emissionsreduktion bis zum Jahr 2050 (BMUB 2018) ernstgenommen, ist es daher unabdingbar zu reflektieren, inwieweit der stagnierende Fortschritt bei der Reduktion der deutschen Emissionen ein Versagen der Energie- und Klimapolitik darstellt oder lediglich reflektiert, dass im Zuge einer gemeinsamen europäischen Klimapolitik, die Emissionen in den verschiedenen Regionen Europas nicht notwendiger Weise im Gleichschritt sinken.

Experten in Wissenschaft, Politik und Medien gehen in ihrer Beurteilung der Energiewende stark auseinander. Die einen nennen die Energiewende ein globales Friedensprojekt (vgl. Kemfert 2017), andere halten sie für einen die europäischen Klimaziele gefährdenden deutschen Alleingang (vgl. Interview mit Joachim Weimann, Sarmani 2015). Die einen sagen, die Energiewende wird an der mangelnden Verfügbarkeit von Speichern scheitern, die anderen sagen genau das Gegenteil. Die Liste lässt sich fast beliebig fortsetzen: Arbeitsplätze, die geschaffen oder vernichtet werden; Innovationskraft, die gestärkt oder geschwächt wird; Wettbewerbsfähigkeit, die leidet oder gefördert wird. Weder Wissenschaft noch Politik sind sich in ihrer Beurteilung einig. Was ist also richtig und was nicht? Eine allumfassende Antwort darauf ist, wie so häufig, kaum möglich. Die Dekarbonisierung der Energieversorgung im Sinne einer zunehmenden Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energieträger ist natürlicherweise ein höchst komplexer Prozess. Allerdings wird diese Komplexität häufig mit der Notwendigkeit assoziiert, ein ebenso komplexes System an Regulierung, Subventionierung und Besteuerung zu schaffen.

Klar ist, dass der Weg hin zu einer dekarbonisierten Wirtschaft und damit vor allem einer dekarbonisierten Energieversorgung noch weit ist. Im Jahr 2017 betrug der Anteil von Wind- und Solarenergie am deutschen Primärenergieverbrauch gerade mal 4% (vgl. BMWi 2018). Da das Ausbaupotenzial anderer erneuerbarer Energien wie Wasserkraft und Biomasse begrenzt ist, Atomkraft für Deutschland wohl keine Alternative mehr darstellt und auch die unterirdische Lagerung von CO₂ bisher keine Akzeptanz findet, muss der Anteil an Wind- und Solarenergie ganz erheblich steigen, um die Klimaziele zu erreichen.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Verkehr und Wärme den Strombedarf voraussichtlich stark steigen lassen wird. So berechnen Ausfelder et al. (2017), dass sich die Stromnachfrage bei einer Emissionsreduktion um 90% auf bis zu 1150 TWh erhöhen könnte (zum Vergleich: Der Stromverbrauch im Jahr 2017 betrug 530 TWh, vgl. BDEW 2018). Die für einen solchen Anstieg notwendige installierte Kapazität von Wind- und Solarenergie würde sich gegenüber dem Jahr 2017 versechsfachen, sofern keine erheblichen Mengen an erneuerbarer Energie, z.B. in Form von Wasserstoff, aus dem Ausland importiert werden. Selbst bei Berücksichtigung solcher Importe kommt eine vom Bund der deutschen Industrie beauftragte Studie zu einem Strombedarf von 715 TWh bei einer 95%igen Emissionsreduktion, wobei zusätzlich synthetische Kraft- und Brennstoffe im Umfang von 340 TWh aus dem Ausland importiert werden müssen (vgl. Gerbert et al. 2018).

Sollen die langfristigen Klimaziele erreicht werden, ist also noch viel zu tun. Dies gilt grundsätzlich unabhängig davon, ob sich Deutschland wie bisher eigene Ziele setzt oder, wie aus ökonomischer Sicht sinnvoll, EU-weit oder global bei der Erreichung einer Emissionsreduktion kooperiert wird. Soll überhaupt noch eine Chance bestehen, die globale durchschnittliche Erwärmung auf 2°C zu beschränken, werden die Emissionsreduktionen in den kommenden Jahren erheblich steigen müssen.

Inwieweit die notwendigen Emissionsreduktionen technisch umsetzbar sind und welche Belastungen dabei auf die deutsche Volkswirtschaft zukommen, ist schwer abschätzbar, weil komplex, mit hoher Unsicherheit verbunden und in hohem Maße von der Wahl geeigneter Politikinstrumente abhängig. Eine solche Beurteilung bedarf der Expertise unterschiedlicher Disziplinen – von Ingenieuren über Ökonomen bis hin zu Sozial- und Politikwissenschaftlern. Einige der Aspekte und Schwierigkeiten werden in der Folge diskutiert. Ein Anspruch auf Vollständigkeit besteht nicht.

TECHNISCHE UMSETZBARKEIT

Die technische Erreichbarkeit der Klimaziele zu beurteilen, ist schwierig, insbesondere in einem so komplexen System wie der Stromversorgung. Die Beurteilung, ob eine Dekarbonisierung ohne Atomkraft und CCS gelingen kann, muss sich notwendigerweise auf die Aussagen von Ingenieuren stützen; Disziplinen wie die Ökonomie können hier nur sehr beschränkt Einsichten liefern. Studien, die die Entwicklung des zukünftigen Energiesystems simulieren und zum Teil sehr detailliert Wärme-, Verkehrs- und Stromerzeugungstechnologien integrieren, scheinen zu bestätigen, dass eine 80–95%ige Emissionsreduktion technisch möglich ist – bzw. bei einer entsprechenden Weiterentwicklung von Technologien möglich sein wird (vgl. z.B. Ausfelder et al. 2017 und darin enthaltene Literatur).

Aufgrund der Vielzahl der zu berücksichtigenden Technologien und ihrer Interaktionen weisen die für die Simulation genutzten Modelle notwendigerweise eine hohe Komplexität auf. Auswirkungen von Annahmen über die Entwicklung verschiedener Systemkomponenten sind entsprechend schwer nachvollziehbar. Sensitivitätsanalysen, bei denen Annahmen über beispielsweise Technologieentwicklung und Energienachfrage variiert werden, können nur bedingt Abhilfe schaffen. Nichtsdestotrotz ist eine detailreiche Abbildung der Prozesse notwendig, um technische Machbarkeit auch nur ansatzweise abschätzen zu können.

Ein gutes Beispiel für die Komplexität der zukünftigen technischen Lösungen stellt der Ausgleich der fluktuierenden Einspeisung von Wind- und Solarenergie bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien dar. Damit diese gelingt, wird es einer Kombination aus einer Vielzahl verschiedener Speichertechnologien und Infrastruktur bedürfen.

Dieses Beispiel macht aber ebenfalls deutlich, dass das Vorhandensein der Technologien zwar die Grundvoraussetzung für die Dekarbonisierung darstellt, die Auswahl der Technologien aber primär ökonomischer Logik folgen wird. So wird es auch bei technologischer Verfügbarkeit von Speichern zu Abregelungen erneuerbaren Energien kommen, wenn sich Investitionen in Speicher für extreme Erzeugungsspitzen nicht mehr rentieren und die Strompreise aufgrund des Überangebots negativ werden. Eine solche Abschaltung der Anlagen bei negativen Preisen ist ökonomisch durchaus sinnvoll, selbst wenn die Grenzkosten der Stromerzeugung von Wind- und Sonnenenergie null sind – vergleichbar einer Leistungsdrosselung eines Kohle- oder Gaskraftwerkes, wenn die Strompreise die variablen Kosten nicht mehr decken.

KOSTEN DER ENERGIEWENDE

Welche gesamtwirtschaftlichen Kosten durch die Energiewende entstehen, ist mindestens ebenso umstritten wie der Technologiemitx der Zukunft. Typische Energiesystemmodelle berechnen in diesem Kontext die minimalen Kosten, die bei aktuellen Schätzungen über die Technologieentwicklung und Erreichung gesetzter Emissionsreduktionsziele entstehen. Kostenprognosen variieren dabei stark in Abhängigkeit von Modellen und Annahmen. So berechnen Ausfelder et al. (2017) beispielsweise kumulative systemische Gesamtkosten des Energiesystems bis 2050, die bei einer 85%igen Emissionsreduktion um mehr als 1,5 Billionen Euro variieren können – je nach zugrunde gelegter Technologieentwicklung und Regulierung. Auch die Ergebnisse von Gerbert et al. (2018) weisen hohe Spannbreiten auf, z.B. beim Vergleich nationaler Alleingänge mit globalen Klimaschutzszenarien.

Damit der erzeugungsbedingte Teil der gesamtwirtschaftlichen Kosten überhaupt korrekt prognostiziert wird, muss die zukünftige Technologieent-

wicklung allerdings auch den Pfaden folgen, die bei heutigem Wissensstand vorhergesagt werden. In den Modellrechnungen wird dies in der Regel als sicher angenommen. In der Realität sind diese Entwicklungen jedoch von hoher Unsicherheit gekennzeichnet. Die Kostendegression im Bereich der Solarenergie (vgl. Creutzig et al. 2017) ist ein prominentes Beispiel dafür, dass erwartete und tatsächliche Entwicklung stark divergieren können.

Wie schnell die Kosten von Technologien aufgrund von Lernkurveneffekten sinken, hängt in hohem Maße von der Geschwindigkeit ihres Ausbaus ab – so auch im Falle der Solarenergie. Da Lernkurven allerdings nur schwer prognostizierbar sind, ist kaum zu erwarten, dass zu jedem Zeitpunkt in die »richtigen« Technologien investiert wird. Viele Technologien sind darüber hinaus von entsprechenden Infrastrukturen abhängig. Wird zu früh oder zu spät in diese investiert oder werden Marktentwicklungspotenziale falsch eingeschätzt, können sich wiederum erhebliche Zusatzkosten ergeben.

Welche Entscheidungen zu welchem Zeitpunkt getroffen werden, hängt zudem stark von den regulatorischen Rahmenbedingungen ab. Auch hier können durch die Auswahl der Instrumente ebenso wie durch Unsicherheit über zukünftige Regulierungen die gesamtwirtschaftlichen Kosten erheblich steigen. Welche Art der Regulierung mit welchen Anreizwirkungen und Kosten einhergehen, ist allerdings ein Thema, das die Expertise von Ökonomen und weniger von Ingenieuren erfordert. Erst im Zusammenspiel beider Disziplinen und unter Einbeziehung gesellschaftlicher und politischer Aspekte wird eine holistische Sicht auf zu erwartende Systementwicklungen und damit auch auf die zu erwartenden Kosten der Transformation möglich.

detaillierte Wiederholung dieser Diskussion erscheint an dieser Stelle kaum notwendig. Auf einen Aspekt soll allerdings noch kurz eingegangen werden: Die starke Fokussierung auf den Stromsektor.

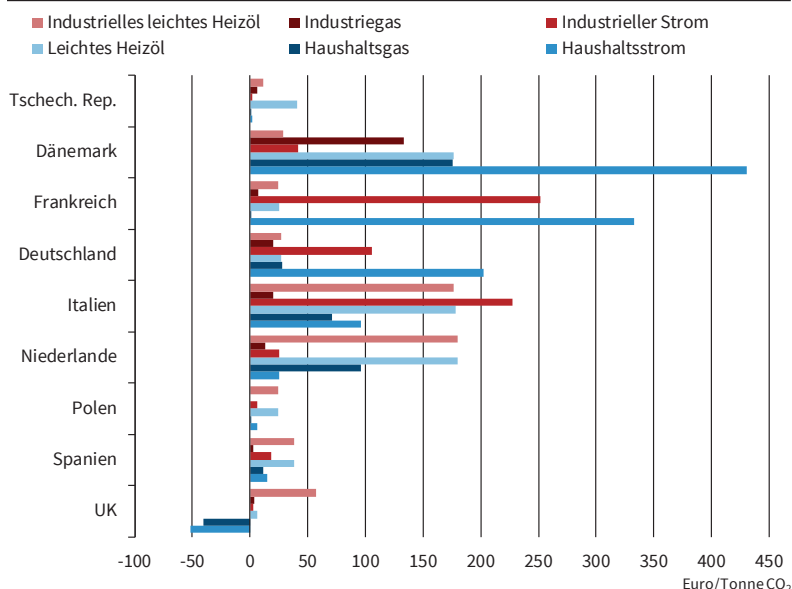
Soll eine langfristige Reduktion der Treibhausgasemissionen auf über 80% gelingen, müssen nicht nur der Stromsektor, sondern auch Verkehr und Wärme einen erheblichen Anteil leisten. Die Emissionen des Stromsektors sind zwar für 41% der CO₂-Emissionen des Energiebereichs verantwortlich, aber Wärme und Verkehr tragen auch mit mehr als der Hälfte dazu bei (vgl. Ausfelder et al. 2017). Im Gegensatz zum Stromsektor werden Verkehr und Wärme allerdings zum größten Teil nicht durch das EU-ETS erfasst. Zudem werden in den verschiedenen Sektoren (innerhalb und außerhalb des EU-ETS) weitere, den Energieverbrauch sehr unterschiedlich belastende, Steuern erhoben (vgl. Abb. 1). Der CO₂-Gehalt der jeweiligen Energieträger spiegelt sich entsprechend nicht mehr in den Kosten ihrer Nutzung wider; Entscheidungen über Investitionen und Einsatz verschiedener Technologien werden verzerrt und die Kosten der Dekarbonisierung steigen. Auch Entscheidungen darüber, ob und wann Strom im Zuge der sogenannten Sektorkopplung, also der Verknüpfung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr, eingesetzt wird, werden verzerrt, wenn CO₂-Emissionen im Strombereich wesentlich stärker belastet werden als beim Einsatz von Erdöl und Erdgas. Abbildung 1 zeigt deutlich, dass dies in Deutschland der Fall ist.

Soll die Transformation des gesamten europäischen Energiesystems, also quasi eine »Energiewende XXL« gelingen, ist eine Vereinfachung und Systematisierung der energiebezogenen Regulierung unabdingbar. Dies beinhaltet insbesondere die Einführung einer allgemeinen Abgabe auf CO₂, auch über das

POLITIKAEVALUATION UND WEITERENTWICKLUNG

In den vergangenen Jahren haben Ökonomen lautstark und wiederholt auf Ineffizienzen der Energie- und Klimapolitik hingewiesen. Dies betrifft insbesondere die starke Fokussierung auf den Stromsektor, das Zusammenspiel von Förderung erneuerbarer Energien und Europäischen Emissionshandelssystem (EU-ETS) und Ineffizienzen, die aus technologiespezifischen Förderungen resultieren. Stagnierende Emissionsreduktionen können dabei zumindest partiell auf die diskutierten Ineffizienzen zurückgeführt werden (vgl. beispielsweise EFI 2014). Eine

Abb. 1
Existierende Steuern^a auf den Verkauf von Energie an Haushalte und Industrie



^a Außer Umsatzsteuer.
Quelle: Smith (2017).

EU-ETS hinaus. Um die gesetzten Emissionsziele europaweit effizient zu erreichen, wäre aus ökonomischer Sicht eine Ausweitung des EU-ETS auf alle Sektoren optimal. Da bei einer europaweit einheitlichen Bepreisung der Ort der Emissionsreduktionen nicht mehr von nationalen Politiken bestimmt wird, bedeutet dies allerdings, dass die deutschen Klimaziele – gesamtwirtschaftlich wie auch sektoral – nicht notwendigerweise zu den anvisierten Zeitpunkten erreicht werden. Sollte eine Ausdehnung des EU-ETS politisch nicht realisierbar sein, können auch andere Alternativen zur Einführung von einheitlichen CO₂-Preisen in Betracht gezogen werden (vgl. beispielweise acatech 2017 für eine Diskussion verschiedener Ausgestaltungsvarianten).

Die Einführung eines einheitlichen, möglichst EU-weiten oder globalen CO₂-Preises wird von vielen Vertretern Wirtschaft wie Wissenschaft und Nichtregierungsorganisationen gefordert (vgl. z.B. Klimaretter 2017; VCI 2018). Was fehlt, ist der politische Wille, diese Forderung auch umzusetzen und damit einen entscheidenden Schritt in Richtung einer »Energiewende XXL« zu tun, bei der XXL nicht für die schiere Anzahl an Förder- und Regulierungsmaßnahmen, sondern für die Menge an CO₂-Emissionsreduktionen steht.

LITERATUR

acatech (2017), »Sektorkopplung« – Optionen für die nächste Phase der Energiewende, Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft, acatech, München.

Ausfelder et al. (2017), »Sektorkopplung« – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems, Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft, acatech, München.

BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2018), »Stromverbrauch in Deutschland – Zehnjahresvergleich«, verfügbar unter:

https://www.bdew.de/media/documents/Nettostromverbrauch-nach-Verbrauchergruppen-Vgl-10J-o_online-jaehrlich_Ki_27042018.pdf.

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018), *Klimaschutz in Zahlen: Klimaziele Deutschland und EU*, verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutz_in_zahlen_klimaziele_bf.pdf, aufgerufen am 6. August 2018.

BMW – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018), »Primärenergieverbrauch in Deutschland 2017«, verfügbar unter: <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/Energiedaten/Energiegewinnung-und-Energieverbrauch/energiedaten-energiegewinnung-verbrauch-03.html>, aufgerufen am 6. August 2018.

Creutzig, F., P. Agoston, J. Goldschmidt, G. Luderer, G. Nemet und R. C. Pietzcker (2017), »The underestimated potential of solar energy to mitigate climate change«, *Nature Climate Change*, Article number 17140.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2014), *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014*, verfügbar unter: https://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2014/EFI_Gutachten_2014.pdf.

Gerbert, Ph., P. Herhold, J. Burchardt, St. Schönberger, F. Rechenmacher, A. Kirchner, A. Kemmler und M. Wunsch (2018), »Klimapfade für Deutschland«, verfügbar unter <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/media-weitere-downloads/2018-01-18-bdi-studie-klimapfade-fuer-deutschland.pdf>.

Kemfert, C. (2017), »Die Energiewende ist ein Friedensprojekt«, *Der Tagesspiegel*, 19. April, verfügbar unter: <http://www.claudiakemfert.de/wp-content/uploads/2016/03/20170419-Tagesspiegel.pdf>.

Klimaretter (2017), »Experten fordern CO₂-Preis«, verfügbar unter: <http://www.klimaretter.info/wirtschaft/hintergrund/23756-experten-fordern-co2-preis>.

Sarmadi, D. (2015), »Interview mit Joachim Weimann »Klimaschutz: Ohne weltweiten Emissionshandel scheitert COP21««, verfügbar unter: <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/klimaschutz-ohne-weltweiten-emissionshandel-scheitert-cop21/>.

Smith, S. (2017), »Carbon pricing and taxation: overcoming obstacles to policy reform in the EU«, in: K. Pittel, I. Parry und H. Vollebergh (Hrsg.) (2017), *Energy Tax and Regulatory Policy in Europe: Reform Priorities*, MIT Press, Cambridge.

VCI (2018), »VCI fordert Einführung eines einheitlichen Kohlendioxid-Preises in den G20-Staaten«, verfügbar unter: <https://www.vci.de/presse/pressemitteilungen/vci-fordert-einfuehrung-einheitlicher-co2-preis-in-g20-staaten-zusammenarbeit-globaler-klimaschutz.jsp>.

Wikipedia (2018), »Energiewende«, verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Energiewende>.