Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Landesentwicklung

HESSEN

Faktenpapier Windenergie an Land: Energiewirtschaft und Systemintegration

Bürgerforum Energieland Hessen

www.energieland.hessen.de

Bei uns hat ENERGIE ZUKUNFT

Inhalt

1 Einführung 3

2 Die wichtigsten Erkenntnisse des Faktenpapiers auf einen Blick 4

3 Einleitung 5

3.1 Ausgangssituation 6

3.2 Faktencheck: Windenergie an Land – Energiewirtschaft und Systemintegration 7

4 Fachliche Ergebnisse 10

4.1 Ein Systemvergleich 11

4.2 Nachhaltigkeit: Wie viel CO_2 spart das neue System? 14

4.3 Wirtschaftlichkeit: Ist das neue System kosteneffizient? 18

4.4 Versorgungssicherheit: Wie sicher funktioniert das neue System? 22

5 Ausblick 24

6 Zum Weiterlesen 28

1 Einführung

Das Landesprogramm Bürgerforum Energieland Hessen (BFEH) unterstützt die Energiewende in Hessen durch zielgerichtete Informations- und Dialog-Angebote für Kommunen sowie Bürgerinnen und Bürger zu Themen rund um Energieeffizienz und regenerative Energien.

Der größte Beratungsbedarf seitens der Kommunen besteht derzeit beim Thema Windenergie. Dabei unterstützt das Bürgerforum bei fachlichen Fragestellungen und beim Umgang mit gegebenenfalls vor Ort auftretenden Konflikten. Das BFEH ist flexibel bezüglich der nachgefragten fachlichen Schwerpunkte (z. B. Artenschutz, Landschaftsbild oder Gesundheit) und bezüglich des Formats – von großen Dialogveranstaltungen über Energie-Coaching bis hin zu Mediation und Konfliktbearbeitung im kleineren Kreis.

Themen von landesweiter Bedeutung wie z. B. Infraschall oder Wirtschaftlichkeit werden in zentralen Faktenklärungsprozessen mit renommierten Experten diskutiert und aufbereitet.

Das Ergebnis eines solchen Prozesses ist das vorliegende Faktenpapier zum Thema der volks- und energiewirtschaftlichen Bedeutung der Windenergie an Land. Inhaltliche Grundlagen für das Papier sind Aussagen von führenden deutschen Experten, die im Rahmen eines am 16. Juni 2015 in Kassel durchgeführten Expertengesprächs unter Einbeziehung von Bürgermeisterinnen und Bürgermeistern sowie Vertreterinnen und Vertretern von Verbänden getroffen wurden.

Das Landesprogramm Bürgerforum Energieland Hessen wird im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL) von der HA Hessen Agentur GmbH umgesetzt, die sich dabei eng mit den Regierungspräsidien und dem Regionalverband FrankfurtRheinMain abstimmt. Drei Projektpartner (team ewen mit Genius, IFOK und DIALOG-BASIS) übernehmen Organisation, Moderation und Beratung vor Ort in den Kommunen und bei den landesweiten Faktenklärungen.

Seit Mitte 2013 wurden etwa 30 Veranstaltungen in rund 25 hessischen Kommunen vorbereitet, durchgeführt und dokumentiert. Dabei wurden bisher etwa 3.000 Bürgerinnen und Bürger unmittelbar erreicht. Das von den beteiligten Bürgermeisterinnen und Bürgermeistern als hilfreich bewertete Landesprogramm ist für neue Kommunen weiterhin offen.

2 Die wichtigsten Erkenntnisse des Faktenpapiers auf einen Blick

- Obwohl Windenergie- und Solaranlagen vom Wetter abhängig sind (die Einspeisung fluktuiert), ist die Versorgungssicherheit des Stromsystems aktuell nicht gefährdet. Es ist richtig: Es gibt immer wieder Tage, an denen man weder Wind noch Sonne „ernten" kann (Dunkelflaute). Daher benötigt man bis auf Weiteres flexible Kraftwerke (Gas, Kohle, Biomasse) als Partner in der Stromversorgung. Jedenfalls solange man Strom nicht kostengünstig speichern kann.

- Dank Windenergie- und Solaranlagen lässt sich der Atomausstieg in Deutschland mit dem Klimaschutz vereinbaren. Die fossilen Kraftwerke sind zwar noch nötig, sie müssen aber mit jeder neu installierten Windenergieanlage weniger Stunden laufen. Das heißt, es wird immer weniger Kohle und Gas verbrannt und damit weniger CO_2 emittiert.

- In den Jahren 2009 bis 2013 stieg die CO_2-Freisetzung der deutschen Stromproduktion an – obwohl Windenergie- und Solaranlagen gebaut wurden. Der Grund: Billiger Kohlestrom verdrängt relativ saubere Gaskraftwerke aus dem Markt. Dies überlagerte den Klimaschutzeffekt von Windenergie- und Solaranlagen. Seit 2014 sinken die CO_2-Emissionen wieder. Der Grund: alte und daher emissionsintensive Steinkohlekraftwerke werden zurückgefahren.

- Vor allem Braunkohlekraftwerke produzieren äußerst günstigen Strom. Wenn sie den in Deutschland nicht mehr komplett verkaufen können – weil Wind- und Solarstrom Vorrang haben – gehen sie damit ins Ausland. Dann werden auch im nahen Ausland klimafreundlichere Gaskraftwerke stillgelegt – und die CO_2-Mengen steigen. Klar ist: Hier besteht Handlungsbedarf.

- Deutschland spart zunehmend Importe von Gas und Kohle. Aufgrund der hohen Investitionen schlagen diese eingesparten Kosten in der volkswirtschaftlichen Bilanz der Energiewende derzeit aber noch nicht durch. Szenarien zeigen ein Bild, wonach mittel- bis langfristig gesehen das Energiewende-System im Vergleich zu einem fortgeschriebenen fossilen Stromsystem deutlich billiger sein wird.

- Das neue Stromsystem mit vielen dezentralen Windenergie- und Solaranlagen muss sorgfältiger gesteuert werden als das alte System. Dies geschieht auch. Laut Bundesnetzagentur nehmen die Versorgungsstörungen nicht zu.

3

Einleitung

3.1 Ausgangs-situation

Das Land Hessen hat sich für die Energiewende ehrgeizige Ziele gesetzt. Zwei Prozent der Landesfläche sollen als Vorranggebiete für den Ausbau der Windenergie vorgesehen werden. Derzeit ist die Regionalplanung in den drei hessischen Regierungsbezirken dabei, Teilregionalpläne Energie aufzustellen, in denen konkrete Flächen als Vorranggebiete ausgewiesen werden. Parallel bauen und betreiben Unternehmen und Stadtwerke Windparks in Hessen. Derzeit befinden sich 405 Windenergieanlagen im Genehmigungsverfahren (Stand Juni 2015).

Während Genehmigung, Bau und Betrieb von Windenergieanlagen in einigen Kommunen geräuschlos vor sich gehen, gibt es andernorts auch Proteste. Der Teilregionalplan Nordhessen beispielsweise sieht sich in seiner 2. Offenlegung mit einer Vielzahl an Einwendungen konfrontiert (über 30.000, davon viele inhaltsgleich).

Die Proteste beziehen sich häufig auf die konkrete Situation vor Ort: Es gibt die Sorge, dass der Schall der Anlagen gesundheitliche Folgen hat. Es besteht Sorge um bedrohte Tierarten, insbesondere Vögel und Fledermäuse. Man befürchtet eine nachteilige Veränderung der Landschaft, einen Rückgang des Wertes von Immobilien oder auch das Ausbleiben von Touristen.

Neben diesen konkreten Sorgen geht es aber immer wieder auch um grundsätzliche Fragen: Funktioniert eine Energiewende, bei der der Strom zunehmend aus Windenergie- und Solaranlagen kommt? Handelt man sich damit nicht Probleme bei der Versorgungssicherheit ein? Viele Menschen sehen die Energiewende als notwendig an und sind bereit, die Windenergieanlagen in ihrer heimatlichen Landschaft zu akzeptieren. Diese Bereitschaft schwindet, wenn man davon ausgeht, dass die Energiewende von falschen Voraussetzungen ausgeht.

In den Diskussionen vor Ort werden zu diesen Fragen oft einseitige und wissenschaftlich wenig fundierte Positionen vertreten. Da man nicht zu jeder lokalen Diskussion national renommierte Experten einladen kann, hat das Bürgerforum Energieland Hessen die vor Ort gestellten Fragen gebündelt und einer landesweiten Klärung zugeführt.

3.2 Faktencheck: Windenergie an Land – Energiewirtschaft und Systemintegration

Die Energiewende gerät ins Schlingern, sagen die einen. Sie ist auf einem guten Weg, sagen die anderen. Was stimmt nun? Und was heißt das für den Ausbau der Windenergie in Hessen?

Das Bürgerforum Energieland Hessen hat zu diesen Fragen fünf renommierte Experten mit unterschiedlichen Ansichten gewinnen können. Rund 75 Vertreterinnen und Vertreter der hessischen Kommunal- und Landespolitik sowie der Regierungspräsidien und Mitglieder von Verbänden folgten am 16. Juni 2015 der Einladung des Bürgerforums Energieland Hessen. Ziel der Veranstaltung war es, durch den Austausch von Informationen und Erfahrungen eine belastbare Grundlage für die Diskussion vor Ort zu schaffen. Das vorliegende Faktenpapier sowie ein kurzes Video fassen die Ergebnisse zusammen und stellen sie der interessierten Öffentlichkeit online zur Verfügung: **www.energieland.hessen.de/kassel**

Die fünf Experten wurden bewusst aus unterschiedlichen Denk- und Fachrichtungen gewählt. Sie alle haben einen wissenschaftlichen Hintergrund und sind auch in der Politik-Beratung tätig.

Um den Experten zu vermitteln, welche Fragen in den Kommunen vor Ort diskutiert werden, erläuterten zu Beginn der Veranstaltung Frau Bürgermeisterin Kram (Ebersburg), Herr Bürgermeister Lang (Haunetal), Herr Bürgermeister Hix (Bad Sooden-Allendorf) und Herr Bürgermeister Quentin (Wahlsburg) ihre kommunale Situation im Hinblick auf den Ausbau der Windenergie. Sie erklärten, dass bei ihnen vor Ort die Frage im Raum stehe, wie man sich als Kommune finanziell beteiligen könne und solle. Dabei halten sie es für wichtig, dass die Bürgerinnen und Bürger in ihren Kommunen verstehen, wie die Energiewende voranschreitet und in welchem Maße Windenergieanlagen konkret zum Klimaschutz beitragen.

Im Anschluss an die Expertenvorträge wurden die einzelnen Aspekte durch Fragen aus dem Publikum vertieft. Hier stand insbesondere die Frage im Mittelpunkt, ob denn Anlagen mit fluktuierender Stromerzeugungsrate eine tragfähige Basis für ein Stromsystem sein können. Am Ende ging es dann um Grundsätzliches. Kritiker der Energiewende sprachen den Endausbauzustand der Energiewende mit mehreren tausend Windenergieanlagen in Hessen an. Auf die Frage, wie man stattdessen den Energiebedarf decken solle, wichen die Kritiker aus oder empfahlen eine Rückkehr zur fossilen und nuklearen Stromversorgung.

In der Abschlussrunde der Bürgermeister war die Rückmeldung eindeutig: Durch die Argumente der Experten fühlte man sich bestätigt, die Energiewende stelle den richtigen Weg dar. Eine vernünftige Alternative zum eingeschlagenen Weg sei nicht erkennbar. Die Kritik der mangelnden ökonomischen Effizienz greife zu kurz, denn Effizienz sei nicht alles. Es gebe politische und gesetzlich fixierte Ziele, die wichtiger seien. Und sicherlich gebe es auch den Bedarf nach Nachsteuerung. Daran arbeite die Politik derzeit.

Die Experten

Dr. Patrick Graichen

ist seit Januar 2014 Direktor von Agora Energiewende. Agora Energiewende ist eine „Denk- und Politikwerkstatt", die Dialog und wissenschaftliche Expertise bereitstellt. Sie wird von Stiftungen finanziert und hat einen Beirat („Rat der Agora"), der Akteure mit unterschiedlichen energiepolitischen Vorstellungen zusammenbringt. Dr. Graichen war vor 2014 im Bundesumweltministerium tätig, das Ministerium hat ihn für seine Tätigkeit bei Agora Energiewende beurlaubt. Er hat Volkswirtschaftslehre und Politikwissenschaft studiert.

Dr. Graichen wird immer wieder, auch in der Präsentation von Prof. Alt, mit der Aussage aus „DIE ZEIT" vom Dezember 2014 zitiert: *„Graichen sagt, kurz gefasst: Wir haben uns geirrt bei der Energiewende. Nicht in ein paar Details, sondern in einem zentralen Punkt."* Zu Beginn seiner Präsentation machte er deutlich, dass er diese Worte nicht gesagt hat. Diese Aussage ist kein autorisiertes Zitat, sondern die Zusammenfassung eines Gesprächs aus Sicht des Autors des Zeit-Artikels, die Herr Dr. Graichen als nicht zutreffend bezeichnet.

Prof. Dr. Helmut Alt

war von 1975 bis 2006 Mitarbeiter der RWE AG. Von 1993 bis 2006 war er Honorarprofessor an der FH Aachen. Er studierte Allgemeine Elektrotechnik und Reaktortechnik und promovierte 1975 zum Thema „Beitrag zur Spannungs-Blindleistungsregelung mit gesteuerten Netzkennlinien". Er hält vielfach Seminare und Vorträge zum Thema Windenergie und Energiewende.
Prof. Alt wurde auf Vorschlag des Vereins „Vernunftkraft Hessen", einem Bündnis hessischer Bürgerinitiativen, eingeladen. Prof. Alt macht in seinen Beiträgen jeweils deutlich, dass viele Entscheidungen der deutschen Energiepolitik von Personen getroffen würden, die sich fachlich und praktisch nicht mit dem Betrieb von Kraftwerken auskennen. Diese Entscheidungen seien zwar demokratisch legitimiert, er gibt aber der Hoffnung Ausdruck, dass die Vernunft, wie er sie sieht, sich durchsetzen werde.

PD Dr. Christian Growitsch

ist seit September 2014 Direktor und Sprecher der Geschäftsführung des Hamburgischen WeltWirtschaftsInstituts – seine Forschungsschwerpunkte dort sind Energiewirtschaft, Regulierung und Industrieökonomik. Von 2010 bis 2014 war er tätig im Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität zu Köln

als Direktor für Anwendungsforschung und Mitglied der Geschäftsleitung. Er ist Privatdozent für Volkswirtschaftslehre an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln. Studiert hat er Betriebswirtschaftslehre sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.
Dr. Growitsch sieht marktwirtschaftliche Instrumente als am ehesten geeignet, ökonomisch effiziente Klimapolitik zu betreiben. Darüber hinaus ist ihm wichtig, dass Maßnahmen zum Klimaschutz eng mit den europäischen Nachbarn abgestimmt sind.

Prof. Dr. Uwe Leprich

ist seit April 1995 Hochschullehrer an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (HTW), Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Er ist Mitbegründer des Instituts für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), Saarbrücken, und seit Oktober 2008 Mitglied dessen wissenschaftlicher Leitung. Prof. Leprich ist häufig nachgefragter Sachverständiger in Kommissionen zu Energiepolitik und Energiewirtschaft (z. B. Enquete-Kommission des 14. Deutschen Bundestages „Nachhaltige Energieversorgung“ (2001 – 2002)), vielfach gutachterlich tätig für das Bundesumwelt- und das Bundeswirtschaftsministerium und kommt als Experte häufig auch in den Medien zu Wort. Er ist promovierter Volkswirt (Universität Bielefeld, 1994).
Prof. Leprich sieht die abstrakte ökonomische Effizienz nicht als alles entscheidendes Kriterium zur Beurteilung von Instrumenten zum Klimaschutz an; genauso wichtig seien Effektivität, Praktikabilität und Akzeptanz.

Uwe van den Busch

ist seit 1990 tätig bei der HA Hessen Agentur GmbH in Wiesbaden in der Abteilung Wirtschaftsforschung und Landesentwicklung. In dieser Position berät er die Hessische Landesregierung in Fragen des demographischen und ökonomischen Wandels (Analysen, Langfristprognosen). Aktueller Schwerpunkt seiner Arbeit ist das Energiemonitoring – er arbeitet an gesamtwirtschaftlichen Analysen zu den Auswirkungen der Energiewende für Hessen und seine Regionen. Herr van den Busch ist studierter Volkswirt.

4

Fachliche Ergebnisse

4.1 Ein System-vergleich

Der Wind weht nicht permanent, und auch die Sonne scheint nicht durchgängig. Es treten immer wieder Stunden und Tage auf, in denen die erneuerbaren Energien nur sehr wenig zur Deckung des Strombedarfs in Deutschland beitragen. Die Kritiker der Energiewende sagen: Ein Stromsystem, das nicht dauerhaft die volle nachgefragte Leistung bringt, ist nicht tauglich. So argumentiert Prof. Dr. Helmut Alt: „Es gibt immer wieder Zeiten, und wenn es nur eine Stunde im Jahr ist, wo das der Fall ist (wo der graue Pfeil der Abbildung 02 berechtigt ist), so kann ich Ihnen als Praxis-Fachmann sagen, dann können Sie diese Energiequelle vergessen. Denn Sie dürfen auch in dieser Stunde, die dann möglicherweise um 11 Uhr auftritt, z. B. am Dienstag den 3. Januar, die Fabriken in Deutschland nicht stillsetzen. Sie müssen die weiterbetreiben. Sie müssen dann Leistung erzeugen, und das können dann keine Windenergie- und Sonnenanlagen sein." Man brauche demzufolge dauerhaft konventionelle Kraftwerke, um Versorgungslücken abzudecken. Denn die Technologie der Speicher werde sich nicht so schnell weiterentwickeln und der Netzausbau werde nicht so zügig vorangehen, wie von den Befürwortern der Energiewende angenommen.

Die Befürworter halten dagegen: Auf lange Sicht würden diese Lücken durch Speicherung, durch den Transport von Strom aus anderen Regionen (Netze) sowie durch eine flexible Steuerung der Nachfrage gedeckt. „Nein, Wind und Solar sind nicht in der Lage, uns in der Novemberwochen-Flaute mit Strom zu versorgen", sagt Dr. Graichen. „Wir haben regelmäßig im System eine Situation, wo wir Windstille haben, und es stimmt, dass das dann meistens für Gesamt-Westeuropa gilt. Zudem scheint im Winter halt wenig Sonne. Was die Erneuerbaren aber leisten, ist, die Produktionszeiten von Kohle- und Gaskraftwerken drastisch zu reduzieren. Die fossilen Kraftwerke selbst werden wir noch eine Weile brauchen, auch im Jahr 2040 wird es noch ziemlich viele Kohle- und Gaskraftwerke geben. Sie werden aber nicht wie bisher 5.000 bis 6.000 Stunden im Jahr laufen (bei 8.760 Stunden im Jahr), also fast rund um die Uhr, sondern sie werden nur noch 500 oder 1.000 Stunden im Jahr laufen. Wir werden sie bereithalten in einer Art Feuerwehrfunktion, für die Zeiten, in denen weder Wind noch Sonne verfügbar sind."

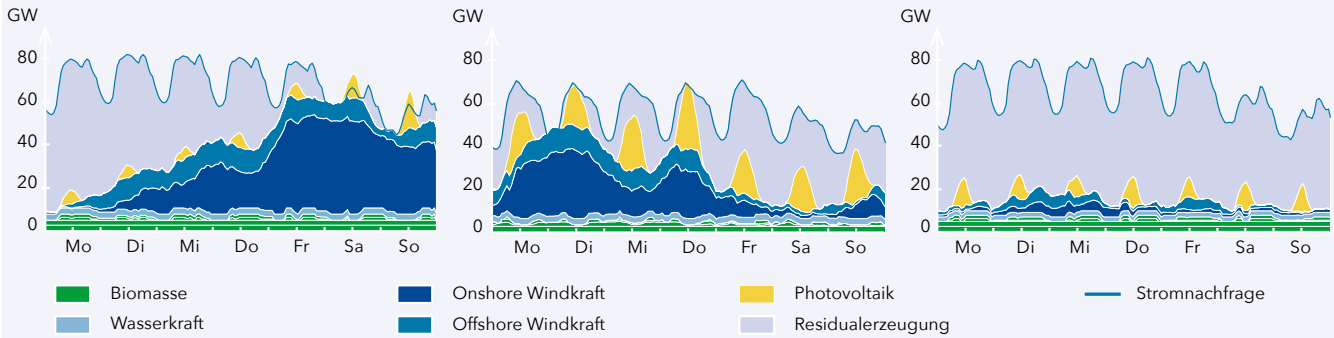


Abbildung 01: Beiträge der einzelnen Energieträger zur Stromversorgung in drei beispielhaften Wochen geschätzt für das Jahr 2023, nach Präsentation Graichen

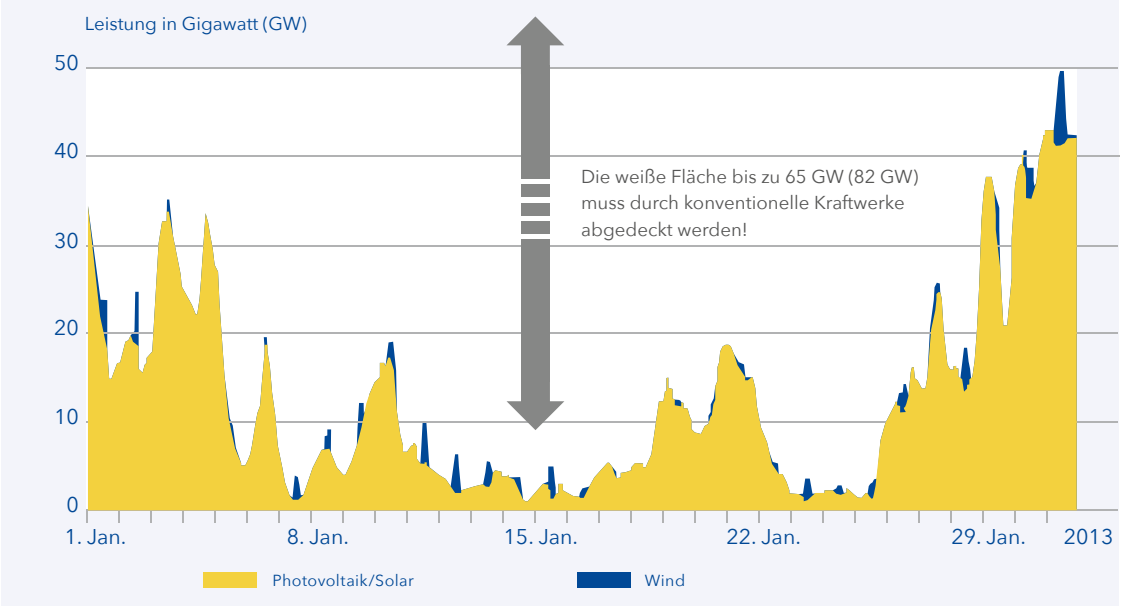


Abbildung 02: Beiträge von Windenergie- und Solaranlagen zum Strombedarf in einer beispielhaften Woche, nach Präsentation Alt

Das mag derzeit noch funktionieren, sagen die Kritiker. Aber je mehr Windenergieanlagen gebaut würden, desto deutlicher stelle sich das Grund-Problem der Windenergie: Ein maßgeblich auf Wind gestütztes Stromsystem müsse bei zunehmendem Ausmaß damit leben, dass eine hohe Leistung der Anlagen auf einen kleinen Teil der Jahresstunden konzentriert sei. Mehr als die Hälfte des Jahres sei die Wind-Ernte gering, und das ändere sich auch nicht durch viele neue Anlagen. Das seien wenn überhaupt Zukunftsprobleme, die sich die nächsten zehn Jahre nicht stellen, so die Befürworter. Auf lange Sicht werde man in der Tat zeitweise mehr Windstrom haben als das Stromsystem benötige. Diesen könne man dann mit „power-to-heat“[1] oder „power-to-gas“[2] sinnvoll einsetzen.

In einem Punkt sind sich beide Seiten einig: Derzeit funktioniert das System – und bis auf Weiteres wird man auf konventionelle Kraftwerke nicht verzichten können.

Einigkeit besteht auch darin, dass man Systeme vergleichen muss, nicht einzelne Stromerzeugungsarten:

- **Nachhaltigkeit:** Wie viel CO_2 spart das neue System im Vergleich zum alten System? (und nicht etwa: wie viel CO_2 setzen Windenergieanlagen und Gaskraftwerke im Vergleich frei?)

- **Wirtschaftlichkeit:** Was kostet das neue Energiesystem im Vergleich zum alten? Das bedeutet: Beim den Kosten des Energiewendesystems müssen die oben genannten Residualkraftwerke mit bilanziert werden. Und umgekehrt: Bei den Kosten des „alten Systems“ muss der Bau neuer und moderner fossiler Kraftwerke eingerechnet werden.

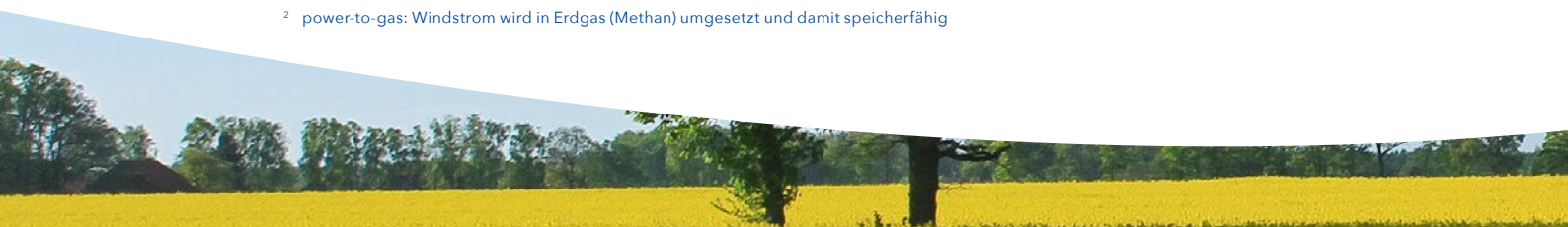
- **Versorgungssicherheit:** Nicht die Frage, ob Windräder kontinuierlich und sicher liefern, ist maßgeblich, sondern die Frage, ob das neue System sicher Strom liefert.

Bleibt die Frage des **Vergleichsmaßstabs**. Viele scheinbar widersprüchliche Aussagen kommen daher, dass man hier unterschiedliche Maßstäbe anlegt.

- Redet man über das **neue Energiewendesystem**, so muss klar sein: Meint

[1] power-to-heat: Windstrom wird in Wärme umgesetzt (Prinzip Tauchsieder)

[2] power-to-gas: Windstrom wird in Erdgas (Methan) umgesetzt und damit speicherfähig



man den heutigen (unfertigen) Ausbauzustand, oder redet man von der komplett umgesetzten Energiewende z. B. im Jahr 2050?

- Und wenn das **alte System** als Vergleichsmaßstab herangezogen wird – welches System meint man dann? Ein System mit Atomkraftwerken (wie vor Fukushima), oder ein System, das auf Kernkraftwerke verzichtet? Hier gibt es bei den Kritikern der Energiewende unterschiedliche Aussagen, welches System ihnen als Alternative vorschwebt.

- Häufig wird auch **Strom und Gesamtenergie** durcheinander geworfen. Neben dem Strom muss beim Blick auf die Gesamtenergie, die in Deutschland verbraucht wird, auch die direkt erzeugte Wärme (vor allem Erdgas) und die Mobilität (vor allem Benzin und Diesel) betrachtet werden. Strom steht für etwa ein Fünftel der Gesamtenergie in Deutschland. Wenn mittlerweile etwa 12 % des Stroms in Deutschland aus Windenergieanlagen an Land gewonnen werden, dann bedeutet das 2,5 % bezogen auf die Gesamtenergie.

Zusammenfassung: Energiewende beim Strom bedeutet, dass das herkömmliche Stromsystem allmählich durch ein neues System ersetzt wird. Es heißt nicht, dass 1:1 alte (fossile oder nukleare) Kraftwerke durch neue (Windenergie- und Solar-) Anlagen ersetzt werden.

Im alten Stromsystem erzeugten Atom- und Braunkohlekraftwerke die dauerhafte Grundlast. Spitzen wurden durch Gaskraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke abgedeckt.

Der Begriff der „Grundlast" ist ein Begriff aus der „alten Welt". Die „neue Welt" redet von „Residual-Kraftwerken" in einem fluktuierenden Stromsystem. Diese springen an, wenn sie nötig sind. Und je seltener sie anspringen, desto mehr fossiler Brennstoff (und damit CO_2) wird eingespart.

Im neuen System gibt es eine fluktuierende Erzeugung. Windenergie- und Solaranlagen (und Wasserkraft und Biomasse) speisen ein, wann immer sie Strom erzeugen. Bis auf Weiteres werden die Lücken im System durch fossile Kraftwerke (Kohle und Gas) aufgefüllt.

4.2 Nachhaltigkeit: Wie viel CO_2 spart das neue System?

Das aktuelle Energiesystem produziert deutlich weniger CO_2 als ein Stromsystem, das stattdessen komplett auf Kohle und Gas setzt. Nimmt man den Atomausstieg als gegeben an, besteht die Alternative zu erneuerbaren Energieträgern darin, Strom aus Kohle und Gas zu erzeugen. Laut Zahlen des Umweltbundesamtes haben Anlagen der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2014 fast 150 Mio. Tonnen CO_2 vermieden – Windenergieanlagen an Land allein 40 Mio. Tonnen. Dabei unterstellt man, der Strom wäre sonst teilweise aus Kohle, teilweise aus Gas produziert worden (siehe Abbildung 03).

Geht man aber davon aus, dass die Alternative ein System mit Atomkraft wäre, dann gibt es bislang keine CO_2-Vermeidung. Dr. Graichen spricht von 100 Mio. Tonnen eingesparter Emissionen durch erneuerbare Energien. Prof. Dr. Alt führt hierzu aus: „Diese 100 Millionen Tonnen CO_2 sind natürlich kompensiert worden, weil die Ethik-Kommission uns elf sichere Kernkraftwerke abgeschaltet hat – und genau die 100 Millionen CO_2 sind dann mehr erzeugt worden, weil die Kernenergie, die ja auch CO_2-frei ist, jetzt durch Kohle, Gas und Wind ersetzt werden musste."

Abbildung 04 zeigt: In der „alten Welt" war Erdgas dafür da, die Spitzen abzudecken. Jetzt gibt es keine regelmäßigen freien Spitzen mehr – sondern Residuallasten, die entweder von Kohle oder von Gas abgedeckt werden. Das Problem für die Gaskraftwerke: Einen großen Teil der in der Vergangenheit mit Gas-Strom abgedeckten Nachfragespitzen über Mittag deckt inzwischen die Solarenergie ab. Der Preisunterschied zwischen Spitze (Peak) und Tal (Base), an dem die Gaskraftwerke verdient hatten, nivelliert sich immer mehr. Eine wesentliche Erlösquelle für Gaskraftwerke schwindet und treibt sie weiter in die Unwirtschaftlichkeit. Dazu kommt: Kohle ist in den letzten Jahren billiger geworden, Gas teurer.

Wäre diese Residuallast in Deutschland durch CO_2-arme Gaskraftwerke abgedeckt worden, wären die CO_2-Emissionen gesunken, trotz Ausstieg aus der Kernenergie. Diese Last wird aber komplett durch Kohlestrom abgedeckt. Daher stiegen die CO_2-Emissionen im Stromsektor in Deutschland in den Jahren von 2009 bis 2013 – trotz Ausbau von Solar- und Windenergieanlagen.

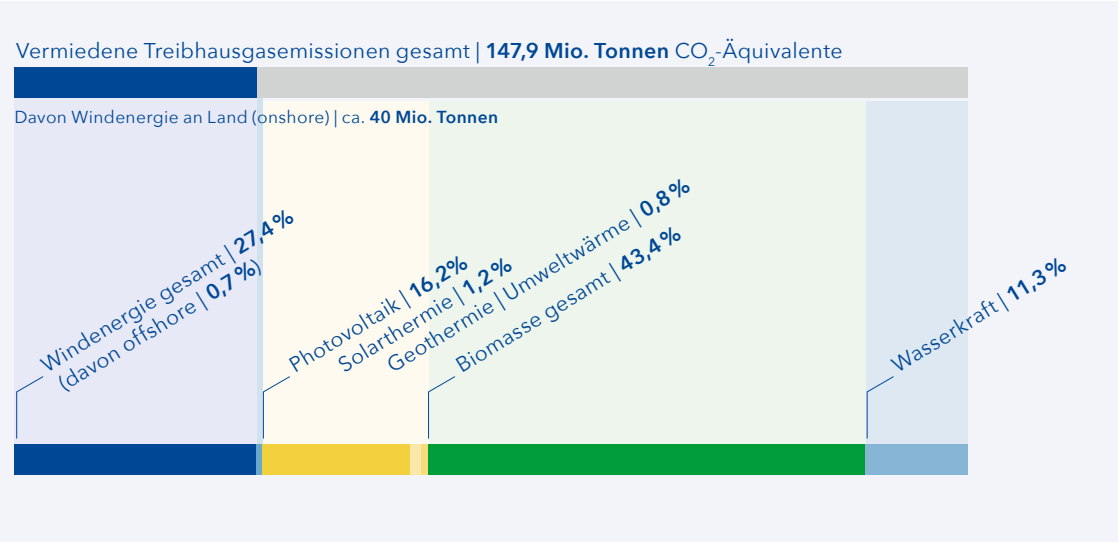


Abbildung 03: Vermiedene CO_2-Freisetzungen im Jahr 2014, nach Präsentation Leprich

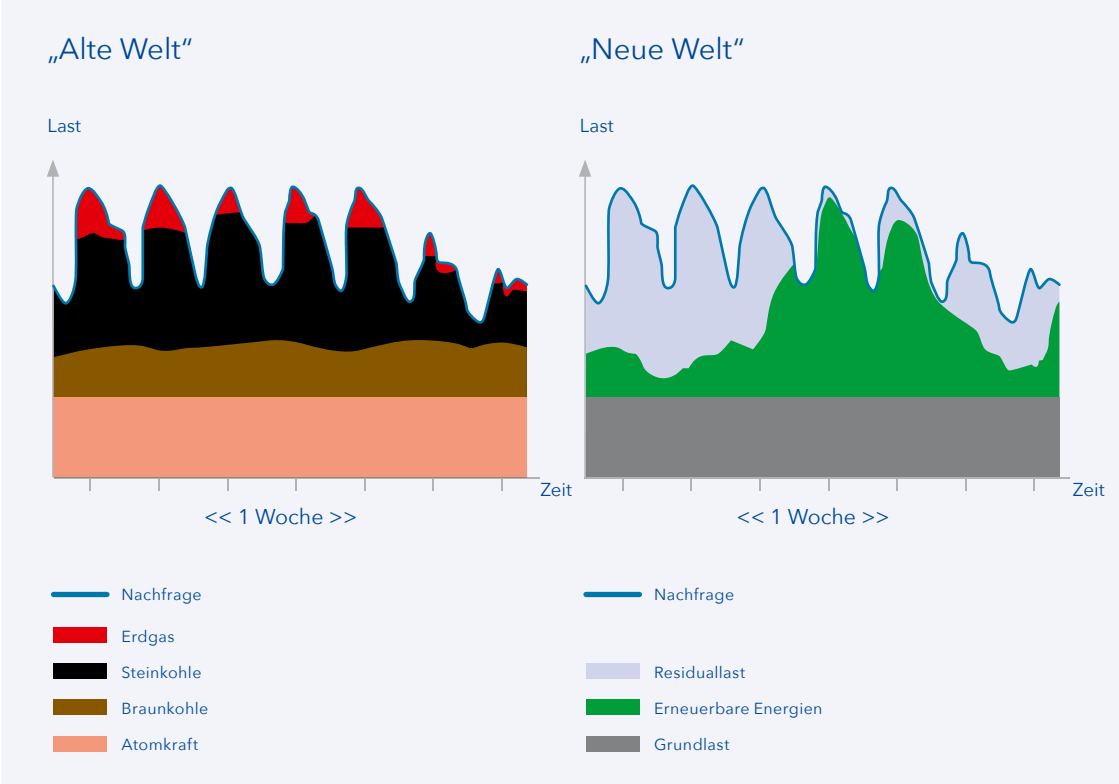


Abbildung 04: Beiträge der einzelnen Energieträger in zwei beispielhaften Wochen, nach Präsentation Leprich

Auch zu diesem Punkt liegen Pro- und Contra-Argumente vor. Die eine Seite sagt: Die Windenergie sei schuld daran, dass im In- und Ausland hochmoderne Gaskraftwerke stillgelegt werden bzw. nicht in Betrieb gehen. Ohne Windenergie hätten wir im In- und Ausland deutlich mehr Strom aus Gas. „Das EEG hat vielleicht national einen Effekt, aber europäisch eben nicht. Damit ist es klimapolitisch wirkungslos. Es ist völlig unerheblich, ob wir in Deutschland weniger CO_2 emittieren, wenn dann Polen oder Tschechen oder Franzosen oder Belgier oder wer auch immer mehr CO_2 emittieren“, so Dr. Growitsch. Die andere Seite sagt: Es sei das Versagen der Politik, dass Kohlestrom so billig ist. Die CO_2-Zertifikate (siehe Kapitel 4.3) seien so billig, und eine Kohleabgabe nicht in Sicht. Würde die Politik dem Kohlestrom die von ihm verursachten Umwelteffekte anlasten, könnte er den Strom aus hocheffizienten Gaskraftwerken nicht verdrängen. Bilanziert man Pro und Contra, dann wird deutlich: Dass trotz Ausstieg aus der Kernenergie die CO_2-Emissionen im Stromsektor von 2009–2013 nur moderat gestiegen sind und seit 2014 fallen, ist ein Erfolg der Energiewende. Dass die Emissionen im Ausland steigen und im Inland nicht deutlicher fallen, hat in erster Linie mit dem billigen Kohlestrom zu tun. Hier gibt es Handlungsbedarf auf Seite der Politik – sei es, dass das EEG geändert wird oder sei es, dass Kohlestrom gesetzlich limitiert wird.

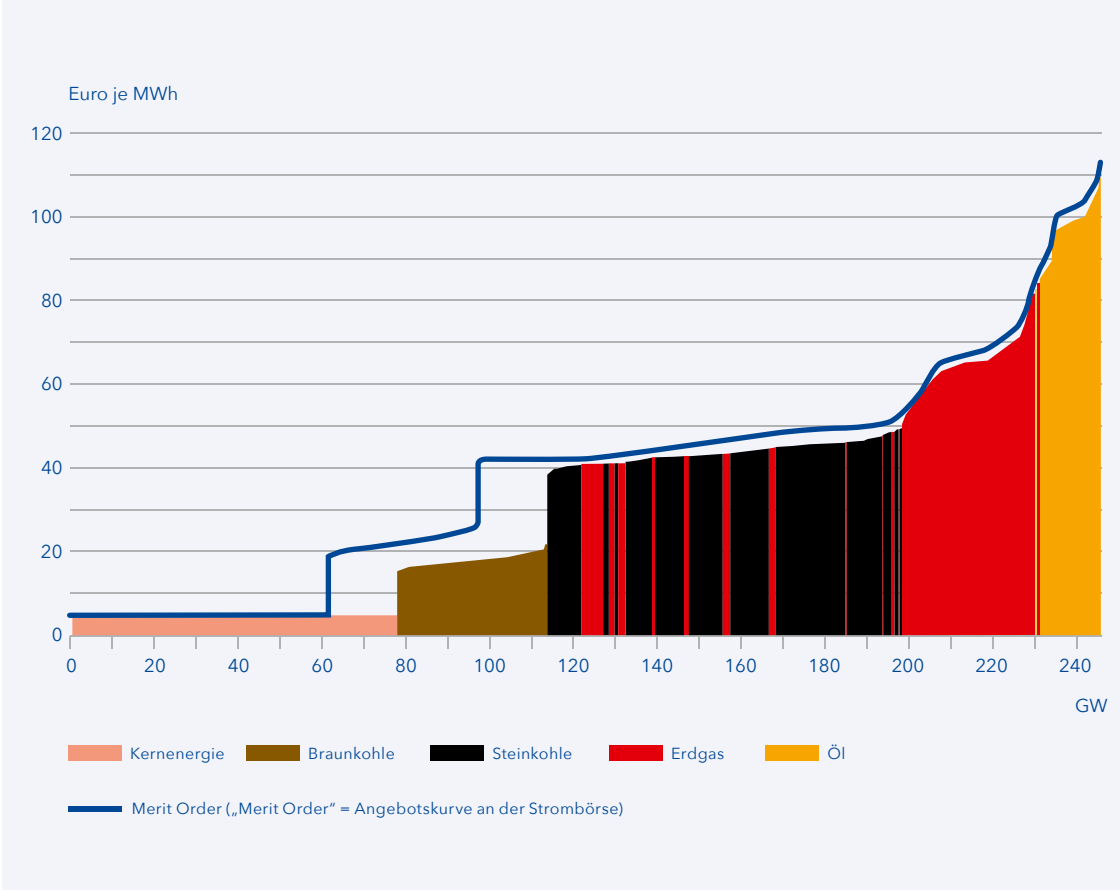


Abbildung 05: Merit-Order an der Strombörse, nach Präsentation Leprich

Wie funktionieren Angebot und Nachfrage beim Strom in Deutschland? (das Prinzip „Merit Order")

Wie die Nachfrage nach Strom in Deutschland befriedigt wird, entscheidet die Strombörse. Sie fordert je nach Nachfrage der Reihe nach die einzelnen Kraftwerke an. Erneuerbare Energieträger werden immer als erste eingespeist. Die dann folgende Reihe entscheidet sich nach den „Stromgestehungskosten". Das sind nicht die Gesamtkosten, sondern die Kosten, die aktuell entstehen (die Investitionskosten für den Bau sind nicht einbezogen). Bei den aktuellen Preisen kommen als nächstes Strom aus Kernkraft, dann aus Braunkohle, dann aus Steinkohle und dann erst aus Gas (siehe Abbildung 05).

Die Folge: Wind- und Solarstrom haben in Deutschland Gaskraftwerke verdrängt. Mittlerweile (2014) gibt es keinen Strom aus Gas mehr zu verdrängen, jetzt beginnt die Verdrängung der Kohle. Die Folge: Seit 2014 sinken die strombedingten CO_2-Emissionen in Deutschland.

Bläst der Wind und scheint die Sonne, haben die Braunkohlekraftwerke billigen Strom übrig. Den verkaufen sie ins nahe Ausland – zu Preisen, bei denen die dortigen Gaskraftwerke nicht mithalten können. Dort steigen die CO_2-Emissionen.

Und wie sehen die Perspektiven aus? Das Problem wird sich über die Zeit lösen, doch in welche Richtung, darüber wird gestritten. Schon heute sind Windenergie- und Solaranlagen an guten Standorten – auch ohne Förderung durch den Staat – günstiger als neue nukleare oder fossile Kraftwerke. Wenn die alten laufenden und lange schon abgeschriebenen Braun- und Steinkohlekraftwerke stillgelegt werden, wird es keine neuen Kohlekraftwerke geben. Das ist die eine Position. Gegner der Energiewende führen aus, dass niemand mehr Windenergie- und Solaranlagen bauen wird, wenn sich diese am Markt behaupten müssen und die Förderung sukzessive zurückgeht (wie mit dem EEG ab 2017 angelegt).

Zusammenfassung: Windenergieanlagen erzeugen wie Solaranlagen CO_2-freien Strom. Und in Deutschland wird Jahr für Jahr mehr CO_2-freier Wind- und Solarstrom erzeugt und verbraucht. Das ist unstrittig. Die Frage, wie viel CO_2 durch die Windenergie vermieden wird, hängt von der Betrachtungsweise ab.

Unterschiedliche Betrachtungsweisen führen zu unterschiedlichen fachlichen Aussagen, die jeweils für sich nachvollziehbar sind. Wer sagt, Kernkraft solle weiter genutzt werden, sieht nur einen geringen Rückgang. Wer den Ausstieg aus der Atomenergie als gesetzt sieht, stellt einen deutlichen Rückgang im Vergleich zur sonst nötigen fossilen Energie fest.

4.3 Wirtschaftlichkeit: Ist das neue System kosteneffizient?

Die Förderung der erneuerbaren Energien sei eine wettbewerbsverzerrende Subvention, so die eine Seite. Die andere Seite sagt: Wenn der Staat Umwelt- und Klimaschutz "bestelle", dann müsse er entsprechende Anlagen „finanzieren", egal ob Kläranlagen oder Windenergieanlagen.

Laut Dr. Growitsch zahlt man zu viel. Die Energiewende sei politisch beschlossen, aber man setze dieses Ziel nicht effizient um. Das Problem besteht ihm zufolge darin, dass Deutschland mit dem EEG ein eigenes nicht in Europa abgestimmtes Instrumentarium eingeführt hat. Die EU hat einen Deckel für die maximalen CO_2-Emissionen in Europa definiert. Und für die „freie Luft" unter diesem Deckel hat sie handelbare Emissionszertifikate ausgegeben. Dass diese derzeit so günstig sind, sei ein Beleg dafür, dass man sich noch weit unterhalb dieses „Deckels" befinde. Nähere man sich diesem Deckel, dann würden die Zertifikate (und damit der Kohlestrom) teurer.

Dazu kommt: Würde man im europäischen Wettbewerb agieren, gäbe es Einsparmöglichkeiten, wenn man optimale Standorte für Solaranlagen (Strahlungsintensität) und Windenergie (Windhöffigkeit) nutzen würde. Das EEG führe dazu, so Growitsch, dass Windenergieanlagen an nicht optimalen Standorten gebaut werden. Und der mit der nationalen Energien-Umlage produzierte Strom würde zu einem relevanten Teil exportiert: „Wir exportieren hier ein Gut, dass wir teuer bezahlt haben zu einem günstigen Preis." Laut Dr. Growitsch wird sich diese Situation auch in Zukunft nicht ändern: „Mehr als ein Drittel der zusätzlichen Erzeugung erneuerbarer Energien erhöht ausschließlich den deutschen Exportsaldo." Kritiker der Energiewende verweisen darauf, dass die Exporte teilweise sogar mit einem negativen Preis versehen sind: Man bezahle noch Geld dafür, dass der Strom im Ausland abgenommen wird.

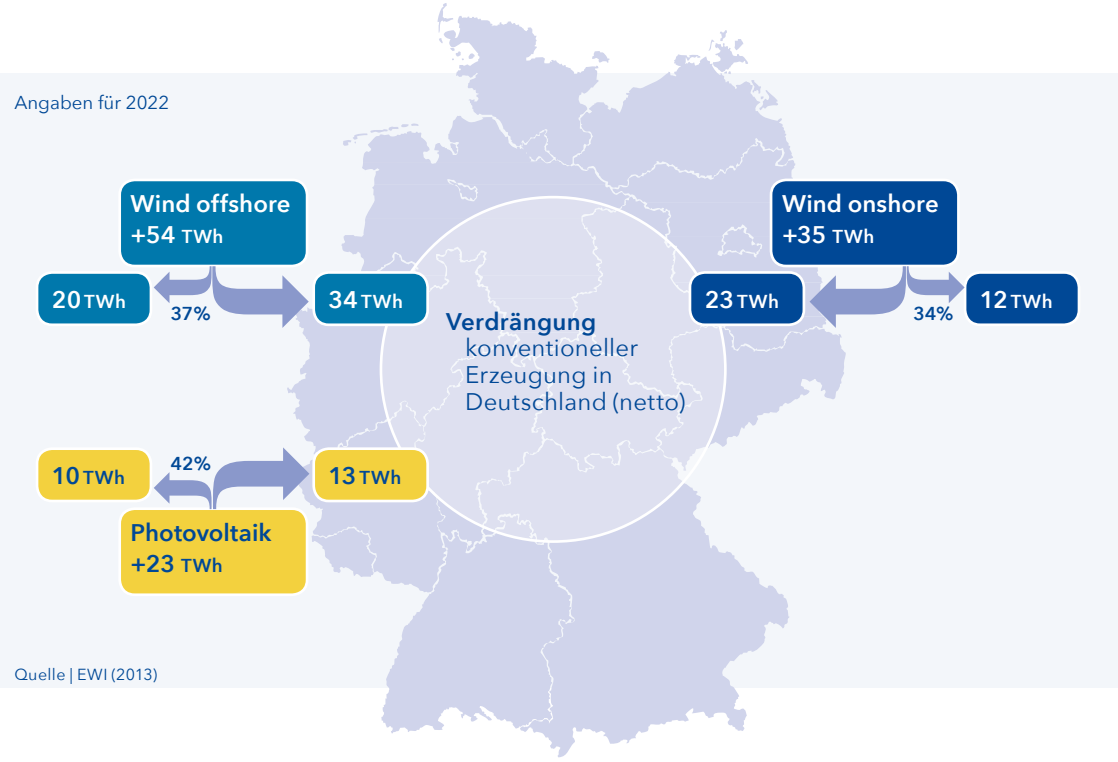


Abbildung 06: Geschätzte Exporte von Windstrom im Jahr 2022, nach Präsentation Growitsch

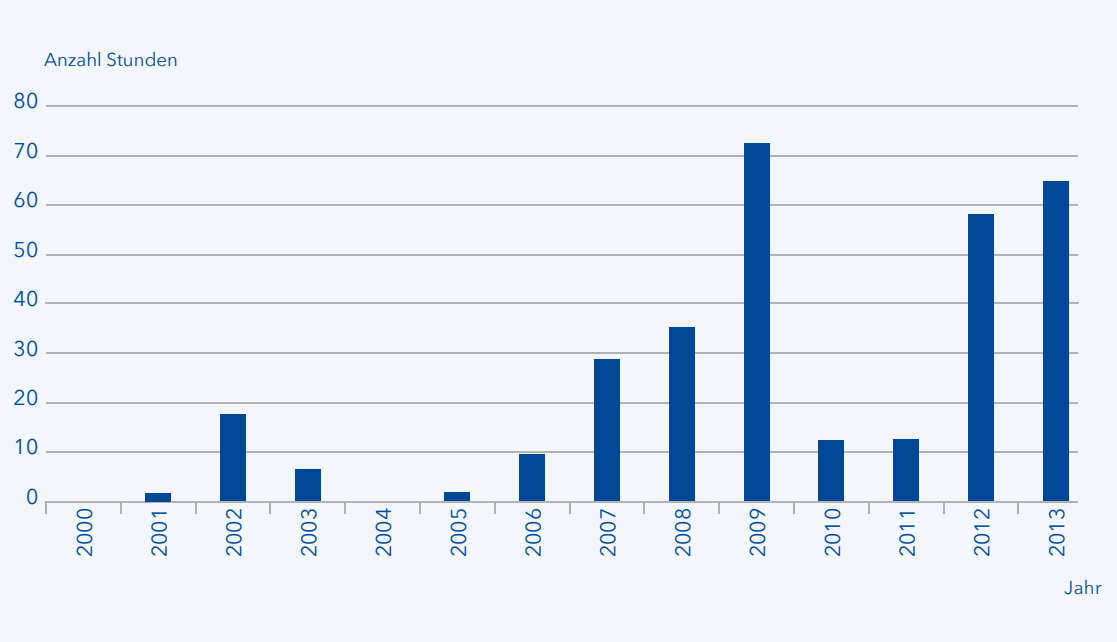


Abbildung 07: Häufigkeit von Stunden mit Null- oder negativen Preisen in der EEX-/EPEX-Day-ahead-Auktion pro Jahr, nach Präsentation Leprich

Die Gegenseite sagt: Wir haben in Deutschland klare Ziele, was die Begrenzung der Emissionen von Treibhausgasen angeht. Die europäischen Emissionszertifikate seien zu günstig, man werde diese Ziele ohne das EEG nicht erreichen. Und ökonomische Effizienz sei nicht alles. Vor allem dürften ökonomische Lehrsätze nicht über demokratisch verabschiedete Entscheidungen gestellt werden. So sei es möglicherweise effizienter, den Großteil der Windenergieanlagen in Norddeutschland zu bauen. Aber das würde andererseits einen noch aufwendigeren Netzausbau nach sich ziehen. Zudem sei neben der Effizienz auch die Gerechtigkeit zu beachten.

Was den Export angeht: Es wird tatsächlich günstiger Strom ins Ausland exportiert, und das hat mit dem in Kapitel 4.2 angesprochenen Merit-Order-Mechanismus zu tun. Eine wichtige Triebkraft dabei sind die Verkäufe günstigen Braunkohlestroms ins Ausland. Welche Quelle dieser Strom genau hat, „sieht man den Elektronen nicht an" (Graichen). Da aber bislang zu keinem Zeitpunkt jemals 100 % des Bedarfs mit Strom aus erneuerbaren Quellen gedeckt wurden (maximal in einer Stunde 70 %), liegt der Schluss nahe, dass es derzeit jedenfalls noch vor allem der Strom aus Braunkohle ist, der exportiert wird.

Und es gibt tatsächlich Null- oder negative Preise. Aber dabei handelt es sich um Ausnahmen: Dieser Zustand betraf in den letzten beiden Jahren etwa 60 Stunden im Jahr (bei 8.760 Gesamtstunden ist das weniger als ein Prozent) (siehe Abbildung 07).

Auf der Habenseite stehen derzeit ca. 10 Mrd. Euro eingesparte Kosten für Brennstoffe im Jahr, die nicht ins Ausland überwiesen werden müssen (siehe Abbildung 08). Dazu haben laut einer Studie von DIW-Econ Windenergieanlagen an Land eine deutliche Wertschöpfung in Deutschland zur Folge. Unter Berücksichtigung der Außenhandelsverflechtungen errechnet sich ein in Deutschland wirksames Investitionsvolumen in Höhe von fast 8,2 Mrd. Euro. Aus dem Betrieb der 2012 in Deutschland bestehenden Windenergieanlagen errechnen sich direkte Bruttowertschöpfungseffekte von 7 Mrd. Euro, zu denen noch indirekte und induzierte Wertschöpfungseffekte

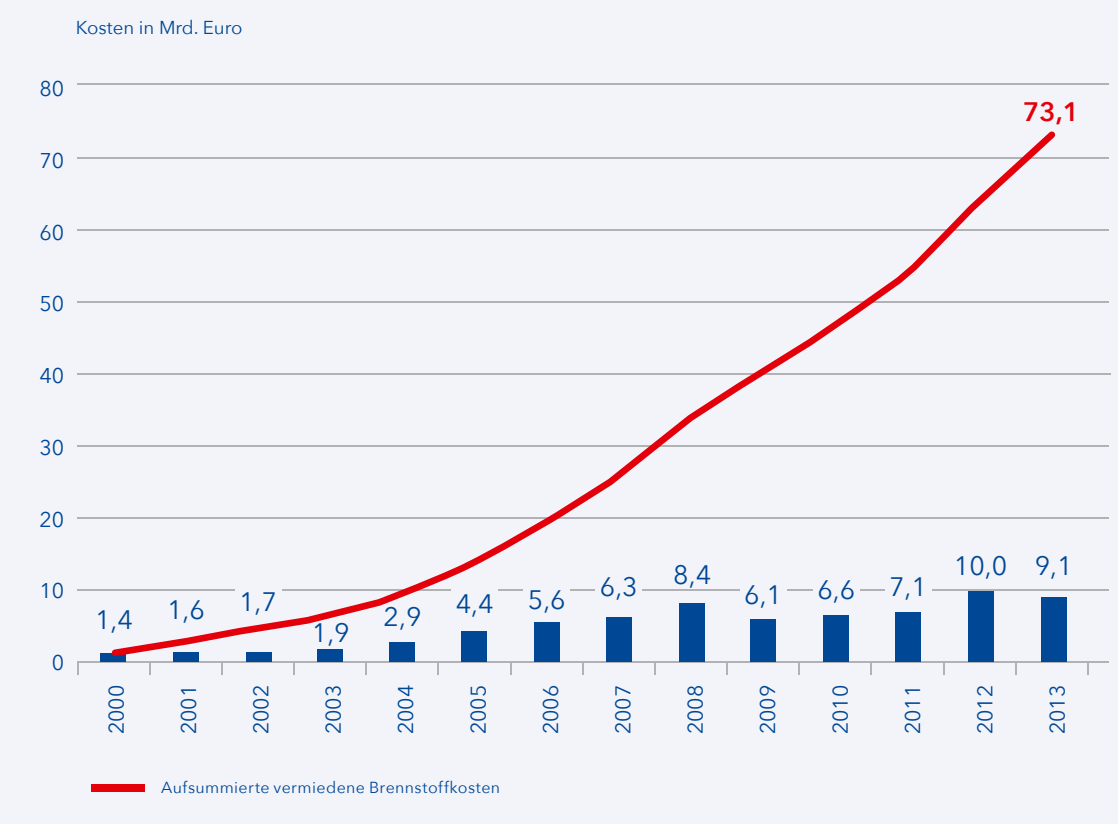


Abbildung 08: Durch erneuerbare Energien seit 2000 vermiedene Brennstoffkosten, nach Präsentation van den Busch

kommen. Allerdings handelt es sich dabei um Brutto-Effekte. Die für die Einspeisevergütung gezahlten Gelder würden die Konsumenten ansonsten für andere Dinge ausgeben, die ebenfalls direkte, indirekte und induzierte Wertschöpfungseffekte mit sich bringen würden.

Laut einer Studie von DLR/IWES/IfnE von 2012 ist die Systembilanz derzeit noch negativ. Die Abbildung 09 zeigt, dass Strom im Zeitraum zwischen 2011 und 2020 etwa 20 Mrd. Euro (2 Mrd. Euro im Jahr) Mehrkosten im Vergleich zum konventionellen Stromsystem verursacht. Für das Jahrzehnt 2020 bis 2030 springen diese Zahlen für den Windstrom auf die positive Seite. Ab 2031 ist die gesamte Energiewende dann positiv – mit allen Kosten für Netzausbau, Speicherung und Residualkraftwerke.

Die Deutschen bezahlten im Jahr 2014 etwa 20 Mrd. Euro im Jahr für die Förderung erneuerbarer Energien, davon 4 Mrd. Euro für Windstrom an Land. Das Instrument dafür: Die Einspeisevergütung, die mit dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) festgelegt ist. Jeder, der erneuerbare Energien produziert, kann diese Vergütung bekommen und hat gleichzeitig die Sicherheit, den erzeugten Strom ins Netz einspeisen zu können.

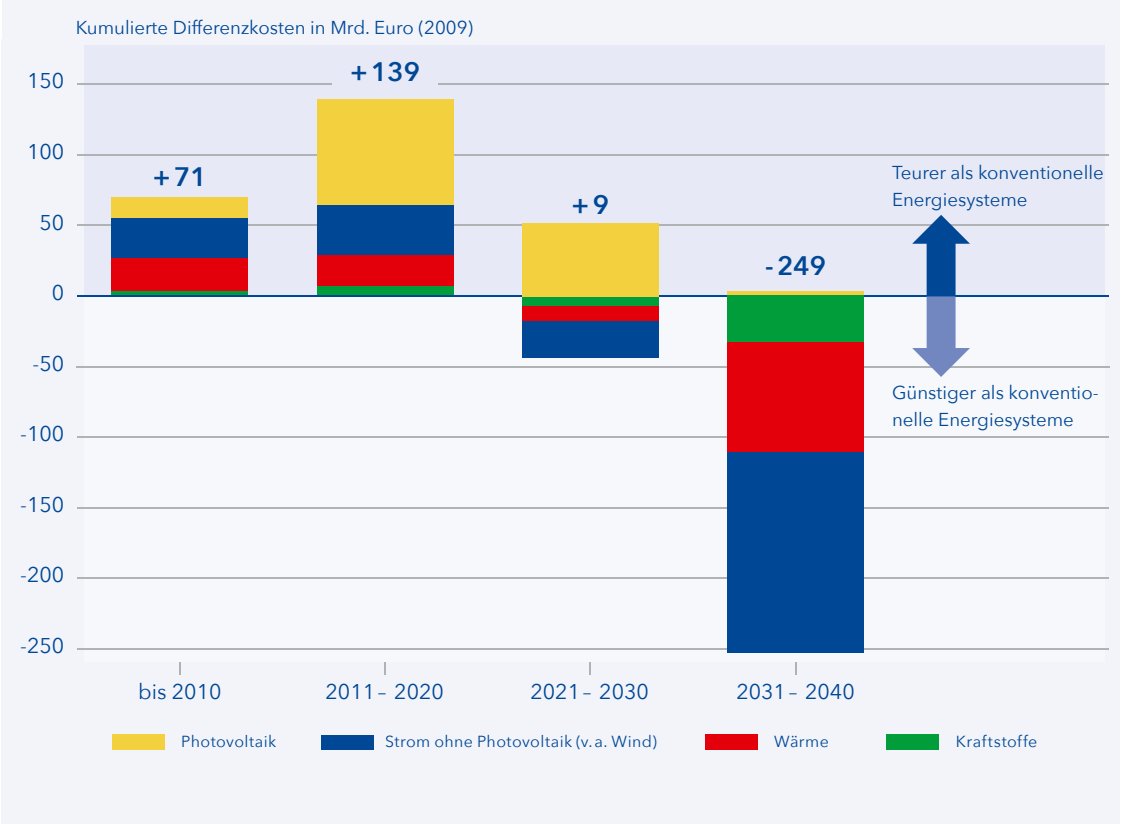


Abbildung 09: Kosten der Energiewende im Vergleich zum konventionellen Stromsystem über die Zeit, nach Präsentation Leprich

Zusammenfassung: Das Stromsystem der Energiewende ist im Vergleich zu einem fossilen Stromsystem derzeit eher teurer. Szenarien zufolge wird sich das auf mittlere Sicht vermutlich ändern.

Gleichzeitig exportieren deutsche Stromerzeuger günstigen Strom ins Ausland. Derzeit ist das vor allem Braunkohlestrom von Kraftwerken, die aufgrund der Energiewende nicht mehr ausgelastet sind.

Aus Sicht der Vertreter marktwirtschaftlicher Instrumente ist das Gesetz zur Einspeisung erneuerbarer Energien nicht kosteneffizient. Es ist jedoch wirksam, so seine Verfechter.

4.4 Versorgungs-sicherheit: Wie sicher funktioniert das neue System?

Der Umstieg auf ein Stromsystem mit Solar- und Windenergieanlagen koste nicht nur viel Geld, so die Kritiker, er erhöhe auch das Risiko von Stromausfällen. Ereignisse wie die partielle Sonnenfinsternis vom März 2015 brächten das System an den Rand seiner Möglichkeiten (s. Abbildung 10).

Dagegen sagen die Befürworter der Energiewende, dass sich zwar der Steuerungsbedarf erhöhe, die Versorgungssicherheit dadurch aber nicht gefährdet sei – und sie berufen sich dabei auf die Bundesnetzagentur.

Um das bestehende Stromnetz nicht zu gefährden, müssten Windenergieanlagen zunehmend aus dem Wind gedreht („abgeregelt") werden, so ein weiterer Vorwurf der Kritiker der Energiewende (siehe Abbildung 11).

Dies betreffe aber nur kurze Zeiträume, so Prof. Leprich. Im Jahr 2013 wurden nur 0,44 Prozent der erzeugten erneuerbaren Energien abgeregelt – wobei das vor allem Windenergieanlagen betraf. Das Stromnetz werde auch bei 40 Prozent Anteil erneuerbarer Energien noch funktionieren. Und selbst wenn der Windstrom aus Norddeutschland nicht mehr von den Netzen aufgenommen werde, würde er nicht vergeudet. Er könne dann zur Produktion von Wärme vor Ort genutzt werden.

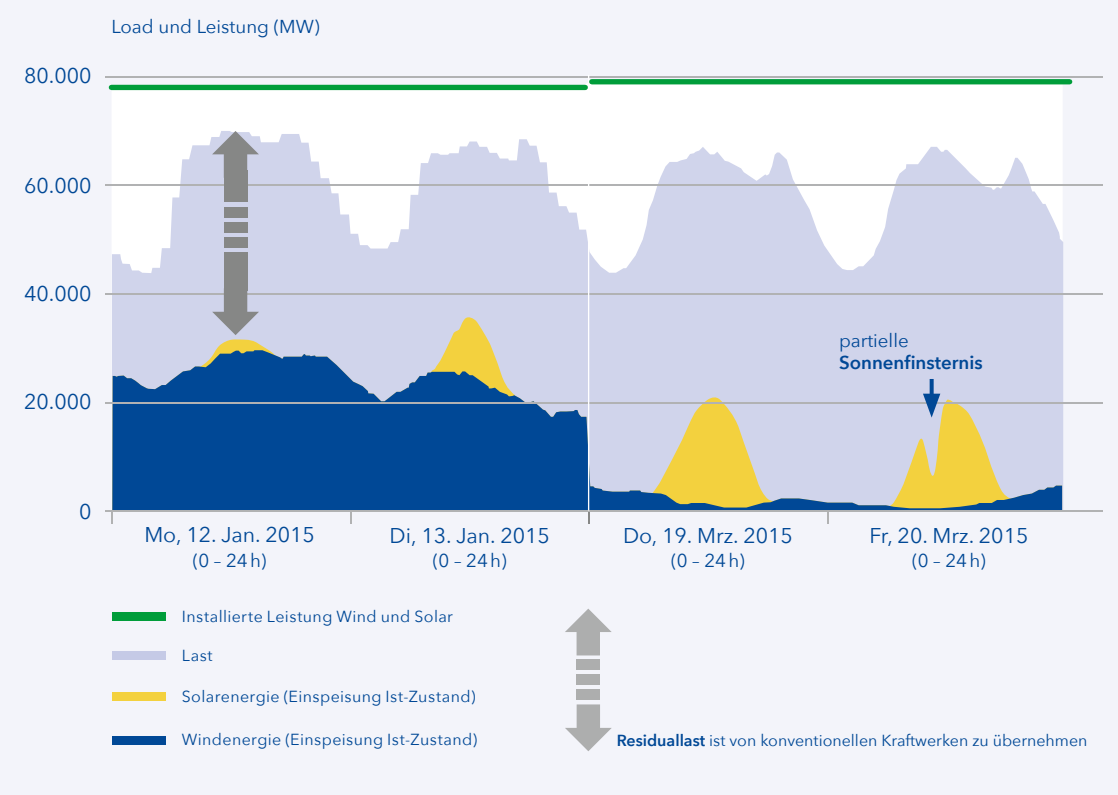


Abbildung 10: Unsicherheit des Stromsystems mit vielen Windenergieanlagen, nach Präsentation Alt

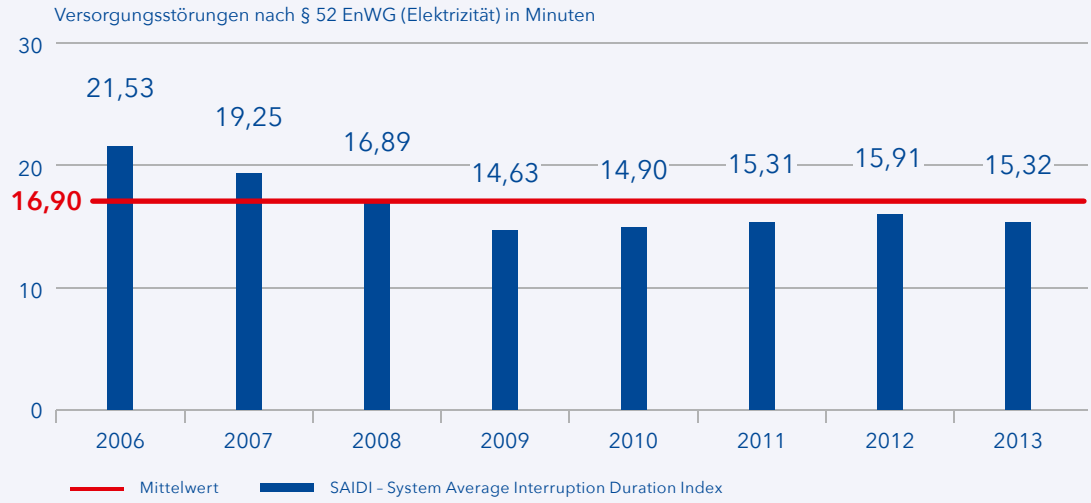


Abbildung 11: Dauer von Versorgungsstörungen, Entwicklung von 2006 bis 2013, nach Präsentation Leprich

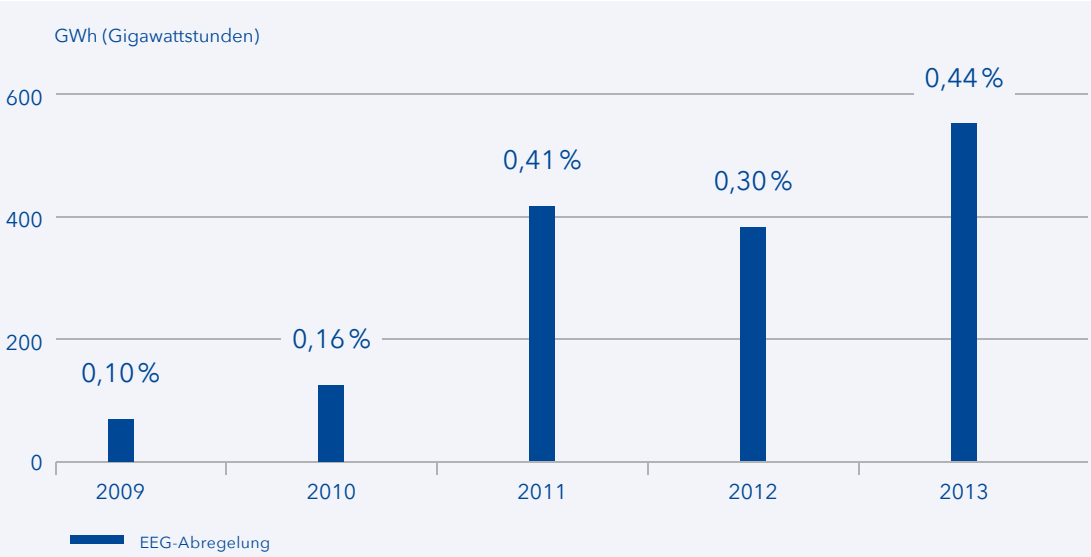


Abbildung 12: Prozentualer Anteil der Abregelung erneuerbarer Energien an der Gesamterzeugung aus erneuerbarer Energie, nach Präsentation Leprich

Die Netzsteuerung wird mit der Energiewende komplexer. Dies ist für die Kritiker ein Risiko, die Bundesnetzagentur sieht das als „erhöhten Steuerungsbedarf".

Solange die Netze nicht optimal ausgebaut werden, muss auch Windstrom abgeregelt werden. Das scheint jedoch auf absehbare Zeit kein signifikantes Problem zu sein.

5 Ausblick

5 Ausblick

Die Energieversorgung in Deutschland befindet sich in einem Veränderungsprozess – von der alten fossilen und nuklearen Stromerzeugung hin zu einer Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien.

Der Fakten-Check hat gezeigt: Der Umbau funktioniert – jedenfalls bis zum gegenwärtig erreichten Stand. Es gibt Diskussionen darüber, ob es nicht günstiger geht, ob der Umbau ökonomisch effizient ist. Und offenbar muss man das Problem des (zu) günstigen Kohlestroms angehen, der im In- und Ausland zu vermeidbaren CO_2-Emissionen führt. Aber die Kritik, wonach dieses System in der aktuellen Situation nicht funktioniere, hat sich als unberechtigt herausgestellt.

Schwieriger ist die Frage nach der Langfristperspektive – und wie ein abgeschlossener Umbau genau aussehen wird. Hessen will bis 2050 seine Energieversorgung möglichst komplett aus erneuerbaren Energien decken. Offen ist dabei, ob man dann noch fossile Kraftwerke zum Puffern wind- und sonnenarmer Tage benötigt – oder ob man bis dahin Wege gefunden hat, den erneuerbaren Strom in ausreichendem Maße und mit vertretbaren Kosten zu speichern. Während die eine Seite sagt, dass es auf absehbare Zeit keine verlässlichen Stromspeicher zu verträglichen Preisen geben wird, weist die andere Seite etwa auf Entwicklungen der Firma Tesla in den USA hin, die leistungsfähige Speicher zu günstigen Preisen auf den Markt bringt. Diese Frage stellt sich allerdings erst, wenn der Anteil der erneuerbaren Energien die 40 Prozent-Marke überspringt. Derzeit befindet man sich bei etwa 27 Prozent (VDE ETG 2012).

Ebenso wird diskutiert, wie man den Netzausbau in Deutschland so auf den Weg bringen kann, dass das Stromnetz für die Zukunft gerüstet ist. Derzeit werden einige neue Stromtrassen gebaut, während sich bei anderen aufgrund von Anwohnerprotesten die Realisierung verzögert. Der Bedarf an Netzen hängt auch mit der Frage zusammen, ob der Ausbau der erneuerbaren Energien zentral oder dezentral organisiert wird. So arbeiten die Stadtwerke Union Nordhessen daran, die Region Nordhessen möglichst dezentral zu versorgen. Angesichts der dezentralen Verteilung von industriellen Großabnehmern von Strom erscheint es als vernünftige Strategie, auch die Stromproduktion dezentral auszubauen (siehe Abbildung 13).

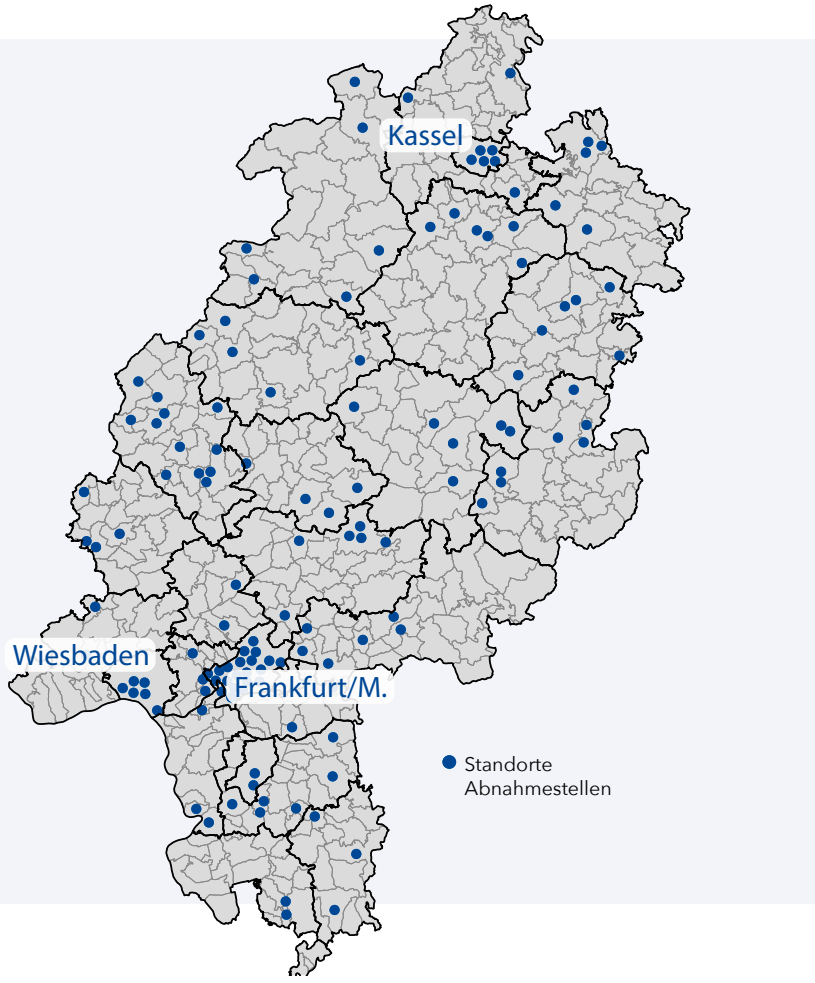


Abbildung 13: Dezentrale große Abnahmestellen für Strom in Hessen, nach Präsentation van den Busch

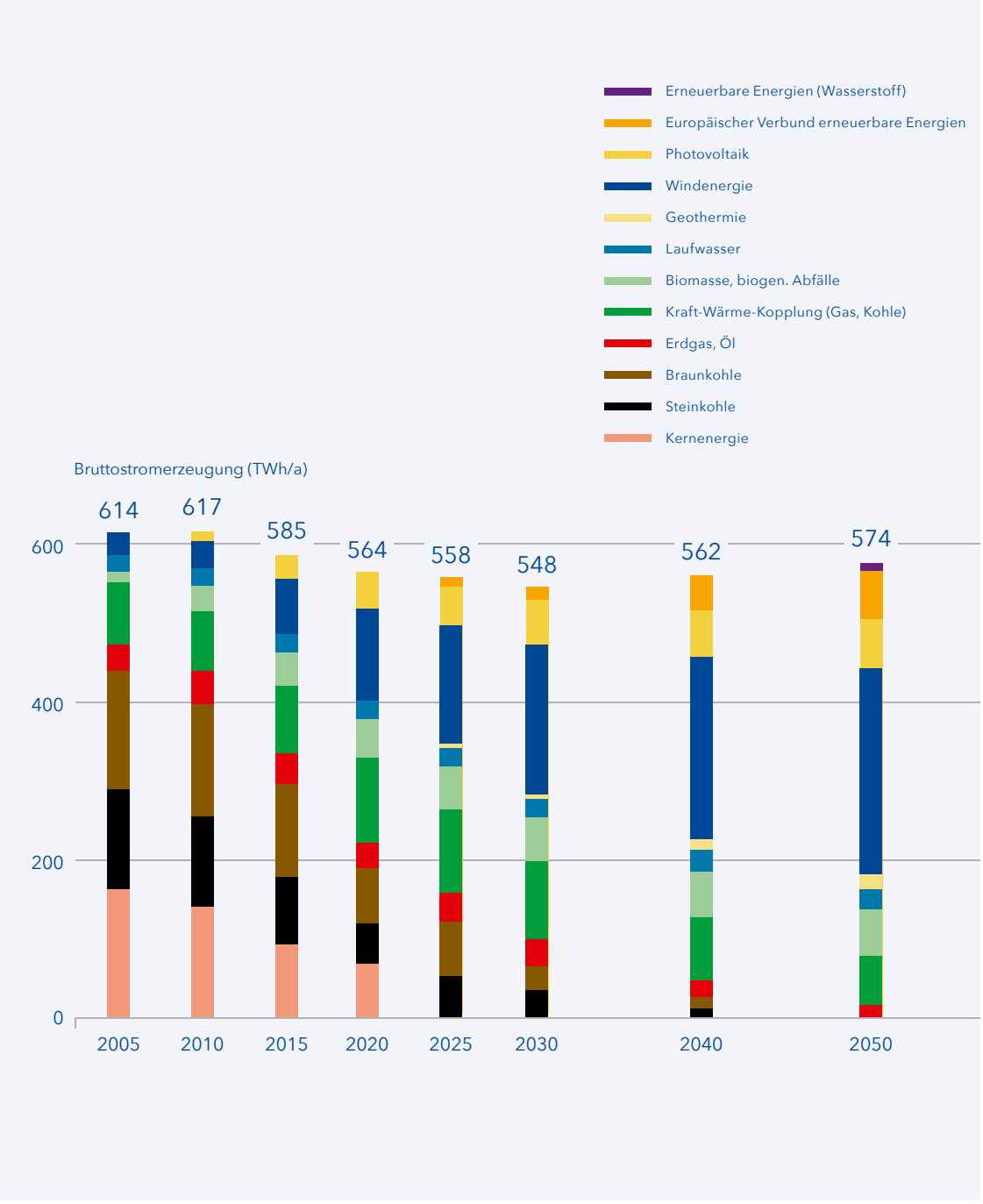


Abbildung 14: Szenario Stromerzeugung in der Energiewende 2005 – 2050, DLR, IWES, IfnE, 2012

Laut Dr. Graichen haben angesichts der Entwicklung der Kosten erneuerbarer Energien „Wind- und Solaranlagen … das Kostenrennen gewonnen." Für das Jahr 2050 zeigen Szenarien, dass die Windenergie eine entscheidende Säule der Stromproduktion in Deutschland sein wird.

Wie in Kapitel 4.3 beschrieben, wird dieses System, den zitierten Szenarien zufolge, auf Dauer für Deutschland günstiger sein als das konventionelle Stromsystem – bei allen Ungewissheiten etwa bezüglich der Entwicklung der Preise fossiler Brennstoffe. Letztlich bedeutet die Energiewende daher eine Investition in die Zukunft.

Was heißt das für Hessen? Derzeit wird der Stromverbrauch in Hessen zu knapp 15 Prozent aus erneuerbaren Quellen gedeckt. Hessen liegt damit im Bundesvergleich zurück. Gerade auch bei der Windenergie bedeutet das ehrgeizige Ausbauziele. Der Landesentwicklungsplan fordert, dass etwa 2 Prozent der Landesfläche in Hessen für den Ausbau der Windenergie reserviert werden. Hatte man in Hessen Ende 2013 noch etwa 1,2 TWh/a an Stromerzeugung aus Wind, will man bis 2050 auf 28 TWh/a kommen. Das bedeutet, man wird im Jahr 2050 zwischen 2.000 und 4.700 Windenergieanlagen in Hessen benötigen. Die Zahl hängt davon ab, ob man (wie der Vertreter des Bundesverband Windenergie) die derzeit modernsten Anlagen zugrunde legt (Leistung 4,2 MW mit einer Laufzeit von 3.500 Stunden im Jahr) oder ob man (wie der Vertreter von Vernunftkraft) vorsichtiger rechnet (Leistung 3 MW und Laufzeiten von 2.000 Stunden im Jahr).

Im Jahr 2050 wird die Windenergie die wichtigste Quelle der Stromerzeugung in Deutschland sein, so die Szenarien der Energiewende (siehe Abbildung 14). Zentrale Energieerzeugung an optimalen Gunststandorten ist möglicherweise ökonomisch effizienter, erfordert aber massiv ausgebaute Netze. Windenergieanlagen im gesamten Bundesgebiet verteilen die mit Windenergieanlagen auch verbundene Belastung der Bevölkerung gerechter und ermöglichen eher eine dezentrale Energieversorgung.

Das Ziel der Staatengemeinschaft: Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen ist auf 2 Grad zu begrenzen. Dazu leistet die deutsche Stromwende einen Beitrag. Angesichts der Ausbaugeschwindigkeit der Windenergie etwa in China spielt es für die globalen Treibhausgasemissionen keine große Rolle, ob in Hessen Windräder gebaut werden oder nicht. Aber ob in einem Industrieland mit hohen Pro-Kopf-Emissionen an CO_2 die Energiewende gelingt, ist eine weltweit mit Interesse verfolgte Frage – die auch mit darüber entscheiden wird, ob dieser Weg in anderen Ländern ebenfalls verfolgt wird. Und wenn die demokratisch gewählten Gremien, der Bundestag und auch der Hessische Landtag, die Energiewende beschlossen haben, dann kann und muss man sich über den richtigen Weg dahin unterhalten, das Ziel ist aber unstrittig.

6

Zum Weiterlesen

6 Zum Weiterlesen

INTERESSENGRUPPEN

- Dachverband der Windenergiebetreiber: https://www.wind-energie.de
- Dachverband der Windenergiekritiker: www.vernunftkraft.de

PORTALE VON BUNDESREGIERUNG UND LANDESREGIERUNGEN (Auswahl)

- Bundesregierung: http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/erneuerbare-energien.html; http://www.klimaschutz.de
- Hessen: http://www.energieland.hessen.de/Home
- Nordrhein-Westfalen: http://www.energiedialog.nrw.de/
- Mecklenburg-Vorpommern: http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/vm/_Service/Mitreden/Windenergie/index.jsp
- Thüringen: http://www.service-wind-thueringen.de
- Baden-Württemberg: http://www.energiewende.baden-wuerttemberg.de

AUSGEWÄHLTE STUDIEN UND FACHARTIKEL

- AGORA Energiewende: Das deutsche Energiewende-Paradox: Ursachen und Herausforderungen – Eine Analyse des Stromsystems von 2010 bis 2030 in Bezug auf erneuerbare Energien, Kohle, Gas, Kernkraft und CO_2-Emissionen
- Bettzüge, M.O.: Nationaler Hochmut oder cui bono? – Ökonomische Beobachtungen zur deutschen „Energiewende", Physik Journal13 (2014) Nr. 5, S. 33 ff
- Alt, H.: Systembedingte Stromerzeugungskosten versus Strommarktdesign, Kapazitätsmarkt und Börsenpreise, 2015 (unveröffentlicht)
- Leprich, U.: Warum die Energiewende schwierig ist, aber weiter durchgeführt werden sollte. Vortrag vor Gemeindevertretern in Ebersburg am 13. März 2015

- VDE: Energiespeicher für die Energiewende, Speichereinsatz und Auswirkungen auf das Übertragungsnetz, 2012
- DLR, Fraunhofer IWES, IfnE: Langfristszenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, 2012
- Growitsch, C.: Energiewende braucht Neuorientierung: http://www.dw.com/de/energiewende-braucht-neuorientierung/a-16860002
- Die Verfügbarkeit von Windkapazitäten, ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 64. Jg. (2014) Heft 7, S. 39
- VDE – Elektrische Energieversorgung auf dem Weg nach 2050 – Ein Leitfaden für Politik, Medien und Öffentlichkeit
- VDE 2012: Energiespeicher für die Energiewende – Speicherungsbedarf und Auswirkungen auf das Übertragungsnetz für Szenarien bis 2050
- AGORA 2015: Stromspeicher in der Energiewende – Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz

Herausgeber
HA Hessen Agentur GmbH im Auftrag des Hessischen Ministeriums
für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung

Stand: Juli 2015

Redaktion: team Nord- und Osthessen des Bürgerforums Energieland Hessen
(team ewen und Genius GmbH)

Gestaltung: www.3fdesign.de

Druck: BPR Bosspress Full Service

Bildnachweise

Seite 2, 3: © Paulwip | pixelio.de, Seite 8, 9: Bürgerforum Energieland Hessen – Faktencheck in Kassel 2015 © team ewen, Seite 12, 13: © uschi dreiucker | pixelio.de, Seite 16, 17: Bürgerforum Energieland Hessen – Faktencheck in Kassel 2015 © team ewen, Seite 26, 27: © steffenmeese | istockphoto.com

Ihr Ansprechpartner

Dr. Rainer Kaps
HA Hessen Agentur GmbH
Konradinerallee 9
65189 Wiesbaden

Telefon: +49 611 / 95017-8471
E-Mail: Rainer.Kaps@hessen-agentur.de

HESSEN

HessenAgentur
HA Hessen Agentur GmbH