

Glättung der Windeinspeisung durch Ausbau der Windkraft?

Dr. – Ing. Detlef Ahlborn

In zahlreichen Untersuchungen, Werbeschriften und Studien [2,4] wird immer wieder behauptet, ein Ausbau der Windkraft in der Fläche führe zu einer Glättung der Einspeisung. Überdies werden von AGORA Schriften zum Stand der Windenergie [2] Betrachtungen zum gegenseitigen Ausgleich der Windeinspeisung durchgeführt. In der vorliegenden Untersuchung werden diese Behauptungen auf Stichhaltigkeit geprüft.

Die Volatilität der Einspeisung aus Windkraftanlagen ist unstrittig. Beispielhaft ist der Verlauf der Einspeisung aus dem Jahr 2014 in Abbildung 1 dargestellt.

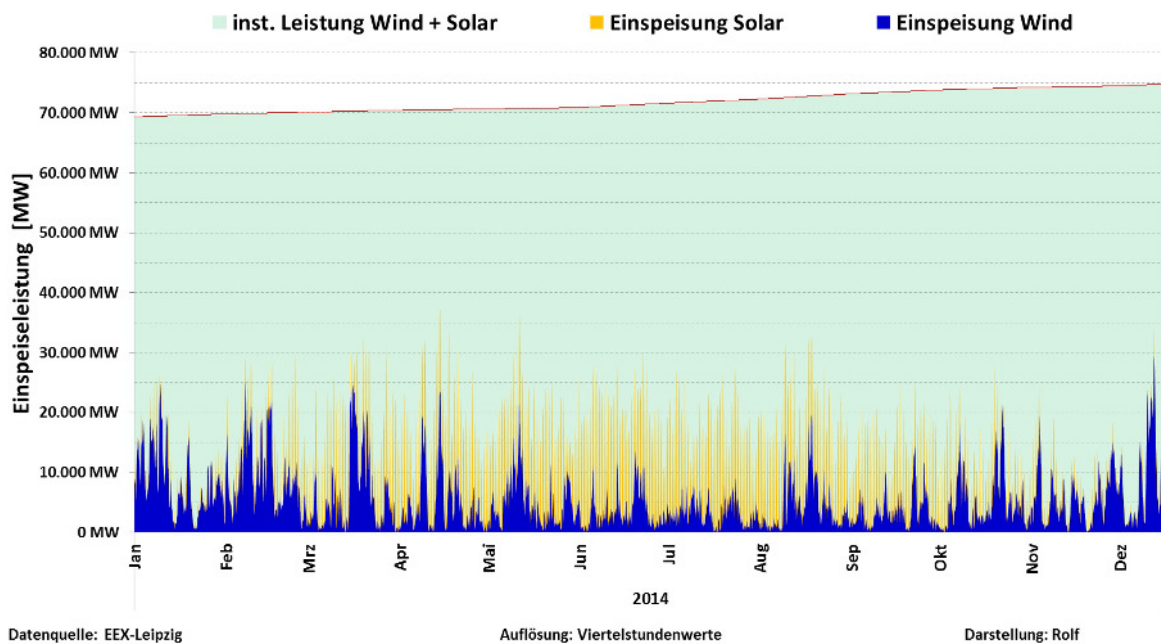


Abbildung 1: Einspeisung aus Wind- und Solaranlagen in 2014

Bei einer Nennleistung von 33.623 MW am Jahresanfang 2014 und 36.928 MW am Jahresende, lag die größte Netzeinspeisung aller Windkraftanlagen in Deutschland bei 29.687 MW. Die niedrigste Einspeisung lag bei 24 MW – aus technischer Sicht ist das gleichbedeutend mit einem Totalausfall der Windkraft.

Auch der Verbund von Windkraft- mit Photovoltaikanlagen (installierte Verbund-Nennleistung 74.800 MW) verbesserte die Situation nicht. Der Minimalwert der Summeneinspeisung betrug 2014 lediglich 118 MW. Das entspricht 0,15% der Verbund-Nennleistung.

Beim derzeitigen Ausbaustand liegt die gesicherte Grundlast aller Windenergie- und Photovoltaikanlagen im Verbund also praktisch bei Null. Prinzipbedingt sind Windkraft- und Photovoltaikanlagen auch im Verbund nicht in der Lage, eine sichere Stromversorgung zu gewährleisten. Aus einfachen physikalischen Gründen ergibt sich daraus, dass im Verbundnetz grundsätzlich die vollständige Erzeugungskapazität an konventionellen Kraftwerken vorgehalten werden muss.

addierte Leistung Windenergie

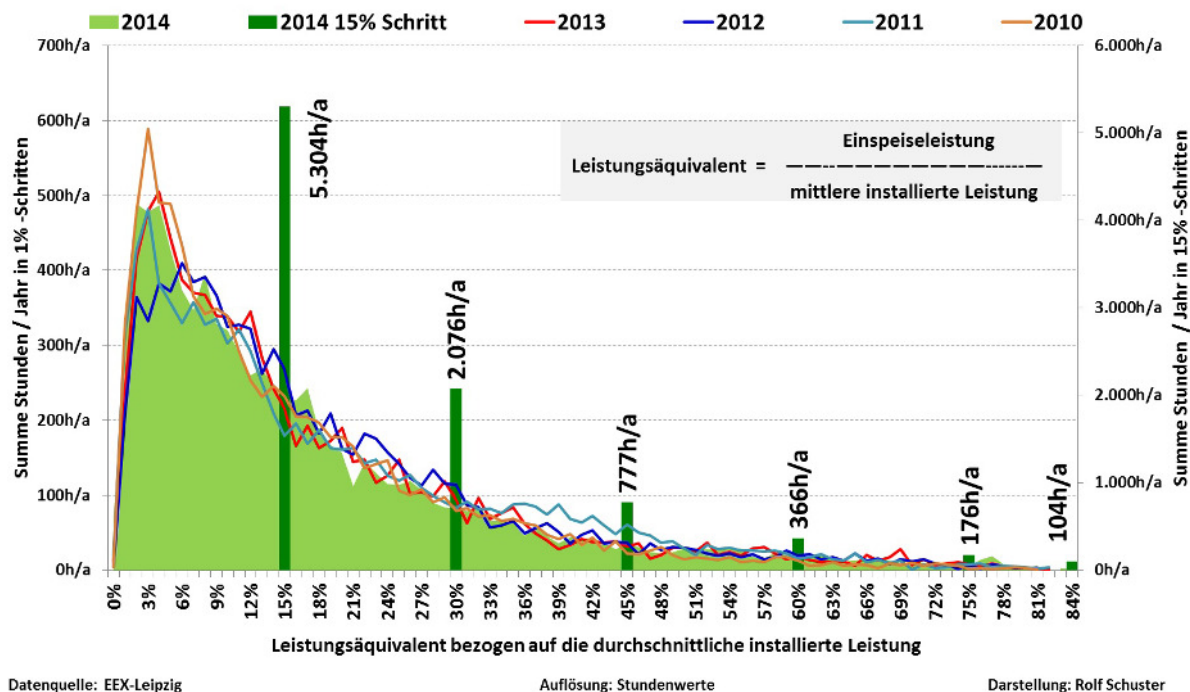


Abbildung 2: Histogramm der Windeinspeisung

Es ist erwiesen und unstrittig, dass die Windgeschwindigkeit zufälligen Schwankungen unterliegt. Aufgrund der Leistungskennlinien von Windkraftanlagen schwankt die eingespeiste Leistung einzelner Windkraftanlagen ebenso wie die von Anlagen im Verbund. Derlei zufällig schwankende Größen werden in den Ingenieur- und Naturwissenschaften üblicherweise durch statistische Kenngrößen wie Standardabweichung und durch entsprechende Verteilungsfunktionen, Verteilungsdichtefunktionen bzw. Histogramme beschrieben.

In Abbildung 2 ist das Histogramm der eingespeisten Summenwindleistung für ganz Deutschland für die Jahre 2010 bis 2014 dargestellt. In der Darstellung ist dieses Histogramm auf die mittlere installierte Nennleistung des jeweiligen Jahres normiert. Obgleich die installierte Nennleistung (per Jahresende) um 36% von 27072 MW auf 36928 MW angestiegen ist, hat sich die statistische Verteilung der Windleistung offensichtlich nicht verändert.

addierte Leistung Wind + Solarenergie

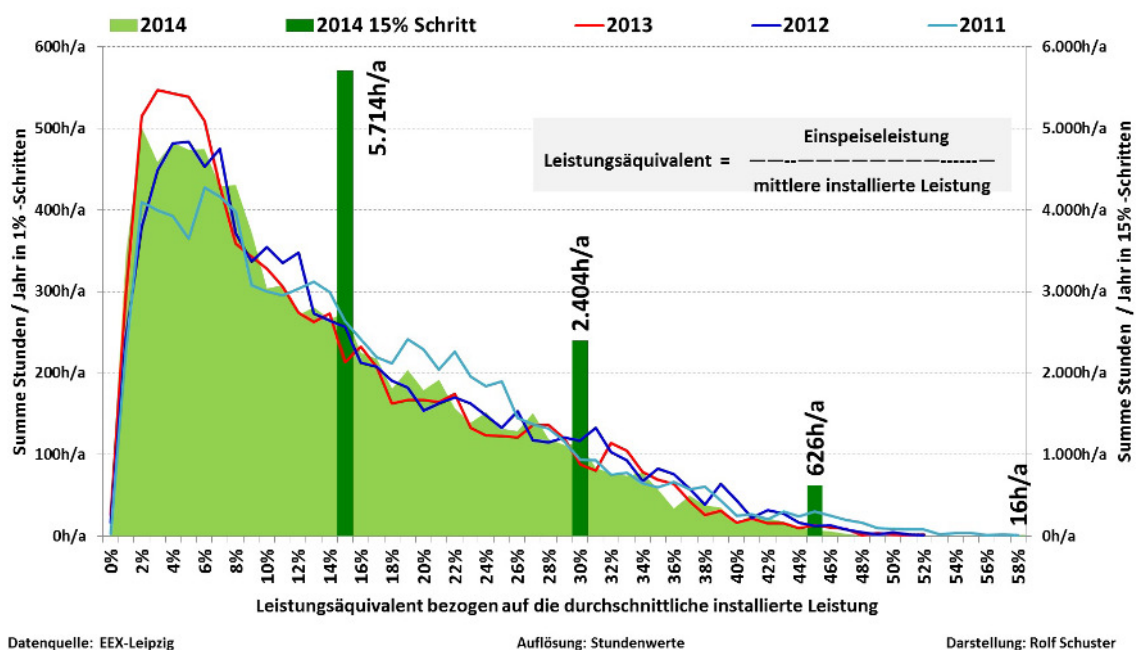


Abbildung 3: Histogramm der Summeneinspeisung aus Wind- und Solaranlagen

Wie Abbildung 3 zeigt, gilt die gleiche Aussage für die Summeneinspeisung aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen. Die Netzeinspeisungen der in den letzten fünf Jahren hinzugebauten Windkraftanlagen sind aus diesem Grund mit den Netzeinspeisungen der per Ende 2010 vorhandenen Windenergieanlagen streng korreliert.

Diese Aussage ergibt sich aus der sogenannten Faltungsformel für Verteilungsdichtefunktionen [3,6]: Wären die Netzeinspeisungen der zwischen 2010 und 2014 installierten Windenergieanlagen statistisch unabhängig von den Einspeisungen der schon 2010 vorhandenen Anlagen, würde sich die Form der Verteilungsdichtefunktionen bzw. Histogramme von Jahr zu Jahr ändern. Das ist ohne jeden Zweifel nicht der Fall: Die Histogramme haben sich zwischen 2010 und 2014 nicht wesentlich verändert. Daraus ergibt sich auch die strenge Korrelation der zwischen 2010 und 2014 installierten Windenergieanlagen mit den per 2010 vorhandenen Anlagen.

Es ist üblich, die zeitlichen Schwankungen der Einspeisung als Volatilität zu bezeichnen-entsprechende Schwankungen werden in der Statistik mit der Standardabweichung quantifiziert. Damit ist die Standardabweichung ein unmittelbares Maß für die Volatilität der Einspeisung.

Man kann durch einfache Rechnung nachweisen, dass Standardabweichung und Erwartungswert bei einer gegebenen Verteilungsdichtefunktion in einem festen Verhältnis zueinander stehen. Ein Anwachsen des Erwartungswerts führt daher immer zu einem Anwachsen der Standardabweichung. Im Falle der Windenergie bedeutet das ein Anwachsen der Volatilität der Einspeisung. Der Zuwachs der Standardabweichung ist dann proportional zum Zuwachs der mittleren Einspeiseleistung. Man kann mit statistischen Methoden nachweisen, dass die Standardabweichung auf keinen größeren Wert anwachsen kann, d. h. in den vergangenen Jahren hat die Volatilität auf die größten Werte angewachsen, die statistisch überhaupt möglich sind.

Jahr	Nennleistung am Jahresanfang	Nennleistung am Jahresende	maximale Windleistung	mittlere Windleistung	minimale Windleistung	Standardabweichung der Windleistung	Verhältnis Standardabweichung Mittelwert
2010	25.980 MW	27.072 MW	21.679 MW	4.070 MW	113 MW	3661 MW	0,90
2011	27.073 MW	28.606 MW	22.870 MW	5.051 MW	88 MW	4391 MW	0,87
2012	28.614 MW	30.755 MW	24.086 MW	5.222 MW	115 MW	4419 MW	0,85
2013	30.758 MW	33.614 MW	26.269 MW	5.380 MW	121 MW	4864 MW	0,91
2014	33.623 MW	36.928 MW	29.687 MW	5.868 MW	24 MW	5488 MW	0,93

Tabelle 1: Windleistungswerte zwischen 2010 und 2014

Dieser Zusammenhang ist in Tabelle 1 dargestellt: In den vergangenen fünf Jahren lag das Verhältnis von Standardabweichung und Mittelwert zwischen 0,87 und 0,93 ohne dass ein Trend in die eine oder andere Richtung erkennbar gewesen wäre.

Durch diese elementare Überlegung ist nicht nur theoretisch, sondern auch empirisch nachgewiesen, dass der Ausbau der Windenergie in den vergangenen Jahren nicht zu einer Glättung der Einspeisung, sondern ganz im Gegenteil zu einer Vergrößerung der Schwankungen geführt hat. Vor diesem Hintergrund erweist sich die Behauptung, der weitere Ausbau führe zu einer Glättung als unzutreffend, schließlich hat der Ausbau der Erzeugungskapazitäten in der Vergangenheit gerade nicht zu einer Verringerung der Standardabweichung geführt.

Das Gegenteil ist hingegen richtig: In den vergangenen fünf Jahren hat der Ausbau der Windkraft in Deutschland durchgängig zu einer Vergrößerung der Leistungsspitzen geführt, ohne dabei eine gesicherte Grundlast auszubilden.

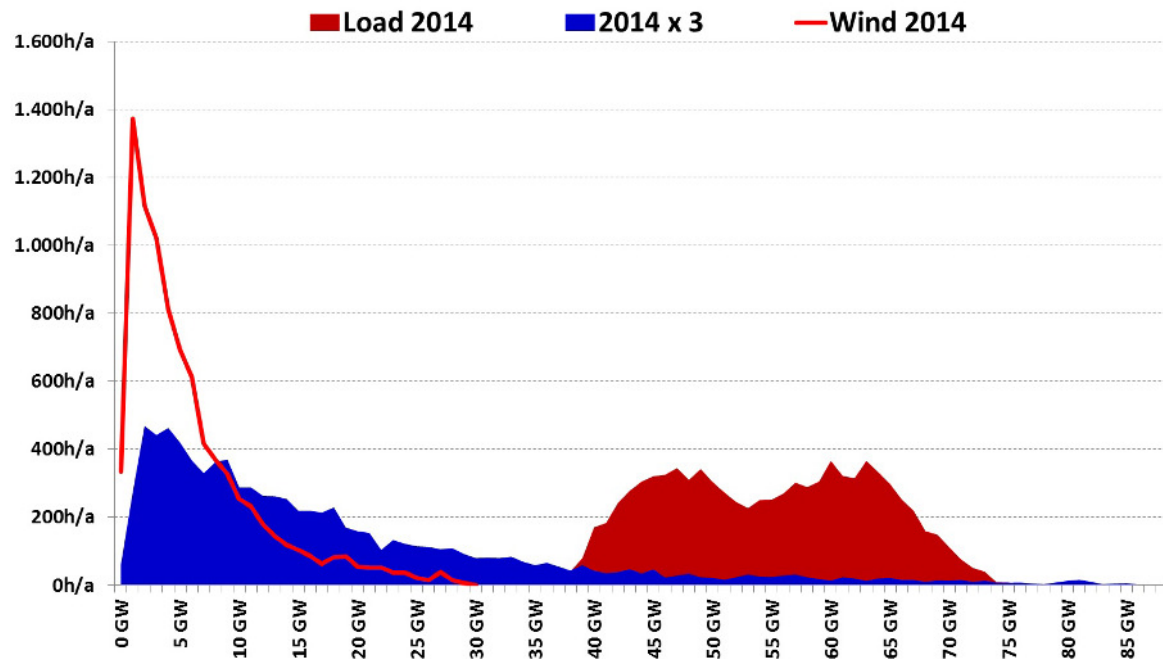
Ob es eine berechtigte Hoffnung gibt, dass sich die Situation durch einen Ausbau ändern kann, soll nun betrachtet werden: Wie MONO et al auf Seite 29 ihrer Untersuchung [4] richtig feststellen, werden alle Einspeisungen bei einem weiteren Ausbau der Windkraft in Deutschland positiv korrelieren. Negative Korrelationen, die einen Ausgleich der Einspeisungen bewirken würden, sind also nicht zu erwarten. Wären die durch den Ausbau hinzu kommenden Einspeisungen idealerweise mit den vorhandenen Einspeisungen nicht korreliert, würden sich zunächst nur die Varianzen der Einspeisungen addieren. Dieser Sachverhalt ist als Formel von Bienaymé bekannt. Die Standardabweichung als Maß für die Volatilität würde schon aus diesem Grund weiter ansteigen. Die Korrelation der zusätzlichen mit den vorhandenen Einspeisungen bewirkt nun einen weiteren Anstieg der Varianz der Summeneinspeisung über das Maß der unkorrelierten Einspeisungen hinaus. Diese Aussage folgt aus dem Additionssatz für die Varianz korrelierter Zufallsgrößen [3,6]. Die genauen Zusammenhänge sind in [1] ausführlich diskutiert. Damit ist nachgewiesen, dass jeder Zubau von Windkraftanlagen in Deutschland immer und ausnahmslos eine Erhöhung der Varianz und damit der Standardabweichung nach sich zieht. Die von Windkraftanlagen erzeugten Leistungsspitzen werden also durch den Ausbau mit all ihren bekannten Auswirkungen wie z.B. Negativpreisen und Export an den Strombörsen weiter ansteigen. Diesen Zusammenhang hat man offensichtlich sogar bei AGORA erkannt. In der Wochenzeitung „DIE ZEIT“ wird deren Vordenker Graichen folgende Aussage zugeschrieben:

„In der ersten Jahreshälfte 2014 gab es 71 Stunden mit negativen Strompreisen. Aber schon in wenigen Jahren könnten es nach einer Berechnung des Thinktanks Energy Brainpool tausend Stunden im Jahr werden. Ein Viertel der gesamten Ökostromproduktion wäre dann Energiemüll.“

Ausblick

Die Korrelation der Einspeisungen ist gleichbedeutend mit einer linearen Kopplung der zahlreichen Einspeisungen untereinander. Diese Kopplung ist in Deutschland so stark ausgeprägt, dass nur einige wenige statistisch unabhängige Freiheitsgrade übrig bleiben. Daher wird sich der Verlauf der Einspeisung aus Windkraftanlagen durch einen weiteren Ausbau nicht wesentlich ändern können. Diese Aussage ergibt sich aus dem fundamentalen Zentralen Grenzwertsatz der Statistik [1]. Für die Energiewende ergibt sich daraus ein ganz fundamentales Dilemma, das in einem einzigen Bild verdichtet werden kann: Abbildung 4 zeigt die Histogramme der Wind- Einspeisung und der Netzlast. Ein Ausbau der Windenergie in Deutschland wird den prinzipiellen Verlauf der Verteilung aufgrund der Korrelation nicht wesentlich ändern- das Histogramm wird bestenfalls zu größeren Leistungen hin gestreckt. Es ist daher prinzipiell ausgeschlossen, beide Verteilungen zur Deckung zu bringen. An diesem Detail ist die Energiewende schon in statu nascendi gescheitert, weil der Strom nicht bedarfsgerecht erzeugt werden kann. Diese für Fachleute ganz offensichtlichen Zusammenhänge scheint man bei AGORA inzwischen erkannt zu haben. So veröffentlicht „DIE ZEIT“ am 4. 12. 2014 die faktische Bankrotterklärung des AGORA- Vordenkers Patrick Graichen *„Die Energiewende würde nicht funktionieren: Wer es wissen wollte, der konnte es wissen“*. Von Protagonisten und Hochschulinstituten wurde die Machbarkeit der Energiewende dennoch in ungezählten Studien wieder und wieder behauptet und mit noch so fadenscheinigen Argumenten schöngeredet. Bestenfalls hinter vorgehaltener Hand haben Hochschulprofessoren mal schüchtern eingestanden, dass sie um die Drittmittel für ihre

Institute bangen müssten, wenn sie die Probleme nach den ordentlichen Regeln wissenschaftlicher Arbeit betrachten würden.



Datenquelle: Entsoe.Net / EEX

Auflösung: Stundenwerte

Darstellung: Rolf Schuster

Abbildung 4: Histogramm der Windeinspeisung heute, bei dreifacher Nennleistung und der Netzlast heute

So zieht „DIE ZEIT“ das bittere Fazit: „Aber wer wollte es wissen? Rund um die Branche der Erneuerbaren ist in den vergangenen Jahren ein regelrechter politisch-industrieller Komplex herangewachsen. In seinem Einfluss ist er wahrscheinlich nur dem Geflecht zwischen Staat und Atomwirtschaft im vergangenen Jahrhundert vergleichbar. Alle Akteure in diesem Komplex verbindet ein Interesse: Probleme der Energiewende müssen lösbar erscheinen, damit die Wind- und die Sonnenbranche weiter subventioniert werden“

Literatur

[1] Ahlborn, Detlef:

Korrelation der Einspeisung aus Windkraftanlagen macht Grundlastfähigkeit in Deutschland unmöglich

In: Niederhausen, H; Burkert, A.: *Elektrischer Strom*, Springer- Vieweg Verlag, Wiesbaden 2014, S. 684 - 690

[2] Arbach, Simon; Gerlach, Ann-Katrin; Kühn, Paul; Pfaffel, Sebastian:

Entwicklung der Windenergie in Deutschland, AGORA Kurzstudie
verfaßt von Fraunhofer IWES, Kassel Juni 2013

[3] Fisz, Marek:

Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik
VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften (1989)

[4] Mono, René; Glasstetter, Peter; Horn Friedrich:

Ungleichzeitigkeit und Effekte räumlicher Verteilung von Wind und Solarenergie in Deutschland Eine Untersuchung der 100 Prozent erneuerbar stiftung, April 2014

[5] Wikipedia Stichwort Kovarianz:

http://de.wikipedia.org/wiki/Kovarianz_%28Stochastik%29

[6] Wikipedia Stichwort Charakteristische Funktion

http://de.wikipedia.org/wiki/Charakteristische_Funktion_%28Stochastik%29