



SANDER
+
PARTNER

Windenergie im deutschen Strommix: Viel Wind ist zu wenig.

Kurzstudie zur Marktintegration von Windstrom in Deutschland.

Autor:
Dr. Johannes Sander

18. Februar 2018

Alle Rechte dieser Studie liegen ausschließlich bei SANDER + PARTNER. Der Nachdruck, auszugsweise, ist unter Angabe der Quelle gestattet. Um ein Belegexemplar wird gebeten an: info@sander-partner.com

SANDER + PARTNER

Josef-Retzer-Str. 24
D-81214 München

sander@sander-partner.com
+49.89.55 00 66 30
www.SANDER-PARTNER.com



1 Hintergrund

Spätestens seitdem Windstandorte über Auktionen durch den Staat verteilt werden, muss sich die Windindustrie in Deutschland dem Markt unterwerfen. Die Zeiten hoher, garantierter Einspeisevergütungen für regenerative Stromerzeuger sind endgültig vorbei. In die Energiewende wurde das Marktrisiko eingepflegt.

Etwa bis zum Jahr 2014 war die Energiewende durch das EEG gesichert: hohe, fixe Einspeisevergütungen waren Garant für hohen Umsatz. Je stärker der Wind blies, desto höher waren die Erträge. Standorte im Binnenland, wo der Wind weniger stark ist, waren weniger attraktiv. Der Verkauf des Stromes war zudem risikofrei, weil der Preis durch das EEG auf hohem Niveau gesichert wurde. Preisschwankungen im Verkauf von Windstrom waren im EEG nicht vorgesehen.

Das änderte sich, je mehr der Verkauf des Stromes aus erneuerbaren Energiequellen in den Stromhandel eingebunden wurde. Bis 2014 waren beim Absatz des Stromes nur der Stromerzeuger und der Netzbetreiber als Akteure beteiligt. Mit der Marktöffnung wird der Strom durch Stromhändler an der Energiebörse verkauft. Der Handel ist für den Stromerzeuger zu komplex geworden.

Über das aktuelle EEG erhält der Stromerzeuger einen garantierten Basispreis zugesichert, der durch die Erlöse im Stromhandel aufgestockt werden kann. Das EEG verpflichtet den Endkonsumenten nur noch die Differenz bis zur Höhe des Basispreis zu finanzieren. Ob tatsächlich ein höherer Preis erzielt wird, als der vom dem Basispreis gedeckte, hängt vom Strompreis ab, mit dem der Strom an der Strombörse gehandelt wird.

Das EEG von 2014 hat den Markteintritt für emissionsfreie Stromerzeuger grundlegend geändert. Statt möglichst viel Strom zu produzieren, gilt es nun möglichst "guten" Strom zu produzieren.

Bei alten Anlagen, die vor 2014 errichtet wurden, galt: viel Wind ergibt hohen Umsatz. Seit 2014 gilt die in jedem Handel übliche Regel, dass sich der Umsatz aus Menge mal Preis bestimmt.

Dieses Kurzstudie zeigt, wo in Deutschland "guter" Strom aus Windturbinen produziert wird und warum Standorte im Binnenland äußerst attraktiv geworden sind.



2 Markt und Marktpreise

Wind- und Solarstrom wird im Stundenhandel der EEX (EPEX SPOT) verkauft. Im Jahr 2011 lag der Strompreis im Stundenkontrakt der EEX im Jahresdurchschnitt bei 51 €/MWh. Seither fiel der Strompreis auf nur noch 29 €/MWh im Jahr 2016. Ein Preisverfall von über 40% innerhalb von nur fünf Jahren.

Es wird vermutet, dass die zunehmende Einspeisung erneuerbaren Stromes einen großen Anteil am Preisverfall hat. Dies liegt vor allem daran, dass Windturbinen sehr geringe Opportunitätskosten haben. Weil Strom (fast) nicht gespeichert werden kann, muss die Stromerzeugung genau dem Stromverbrauch entsprechen. Während die Regelung emissionsbehafteter Stromerzeuger (Kohle, Gas, Nuklear) hohe Kosten beim An- und Abschalten verursachen, kostet das An- und Abschalten von Windturbinen (fast) nichts.

Diesem Kostenvorteil der Wind- und Solaranlagen steht aber ein entscheidender Preisnachteil entgegen. Strom aus Windturbinen und Solaranlagen wird nur produziert wenn die Sonne scheint oder der Wind weht. Der Strompreis hingegen wird durch die Nachfrage bestimmt, der Strompreis ist deshalb hoch volatil.

Es ist nutzlos möglichst viel Strom zu produzieren, den niemand verbrauchen kann. Strom muss zu den Stunden produziert werden, während denen die Nachfrage vorhanden und deshalb der Preis hoch ist.

Spätestens seit dem das Recht zur Errichtung neuer Windkraftanlagen in Auktionen erworben werden muss, wurden Windkraftbetreiber aus einem geschützten Markt in die ungewohnte Rolle eines Teilnehmers eines freien Markt versetzt. Um am Markt bestehen zu können, ist es unumgänglich geworden, die Möglichkeiten die eine Windanlage und ein gewählter Standort zur Stromproduktion bietet, richtig zu schätzen.

Die Stromproduktion von Windkraftanlagen ist im wesentlichen durch drei Faktoren bestimmt: 1) von den lokalen Windverhältnissen; 2) von der Fähigkeit der Anlage, den vorhandenen Wind in möglichst viel Strom zu wandeln und 3) vom technischen Zustand der Anlage.

Der Zustand der Anlage kann durch geschicktes Management der Anlagen auf hohem Niveau gehalten werden. Dazu gehören regelmäßige Wartungen und Kontrolle der Anlage. Moderne SCADA Analysen tragen dazu bei eine Minderproduktion der Maschine rechtzeitig zu erkennen. Das Ziel der technischen Wartung ist es, die Anlage für die Stunden bereit zu halten, in denen der Wind weht, während die Wartung der Maschine in Windflauten erfolgen muss.

Windkraftanlagen sind auf "typische" Windverhältnisse, sog. Windklassen, ausgelegt. Eine Windturbine, die auf hoher See steht, wurde so konstruiert, dass sie sich ständig und unter schnell wechselnden Windstärken drehen kann. Windturbinen für Binnenstandorte

sind deutlich höher und haben besondere Formen der Blätter, die insbesondere kleine Windgeschwindigkeiten maximal nutzen können. Die Anlage wird passend zum Standort gewählt, so dass sie möglichst gut den vorhandenen Wind in Strom wandeln kann.

Unter dem alten EEG mit seinen hohen, fixen Einspeisetarifen wurden Standorte mit hohen Windgeschwindigkeiten klar bevorzugt. Viel Wind und garantierter Preis ergaben hohen Umsatz. Standorte im Süden Deutschlands, an denen der Wind nur mäßig bläst, konnten nur tiefere Umsätze erzielen als windreiche Standorte in Küstennähe. Ob der Windstrom zur mittäglichen Spitzenlast oder ob die Windturbinen nachts Strom erzeugten, wenn niemand den Strom verbrauchen möchte, spielte keine Rolle. Unter dem alten EEG war es nur wichtig, möglichst viel Strom zu produzieren.

Den Beleg hoher Winde erlangte man mit Windgutachten, die darauf ausgelegt waren, die maximal mögliche Produktion zu bestimmen. Windgutachten bestimmen den technisch möglichen (Strom-) Ertrag der Anlage. Windgutachten sind nicht darauf ausgelegt den finanziellen Ertrag einer Anlage aus dem volatilen Preis und dem volatilen Wind zu errechnen.

Der Stromhandel aus erneuerbaren Energiequellen ist aber sowohl dem volatilen Windangebot als auch dem variablen Preis des Stromes ausgesetzt. Während der Handelspreis für alle Windkraftanlagen Deutschlands derselbe ist (da es nur einen einzigen Handelsplatz gibt), ist das Windangebot an jeder Windanlage anders.

Für eine erfolgreiche Vermarktung von produziertem Windstrom ist die Wahl des Produktionsstandortes und die Wahl der Anlagentechnologie entscheidend.

3 Wo am meisten, wo am besten Windstrom produziert wird

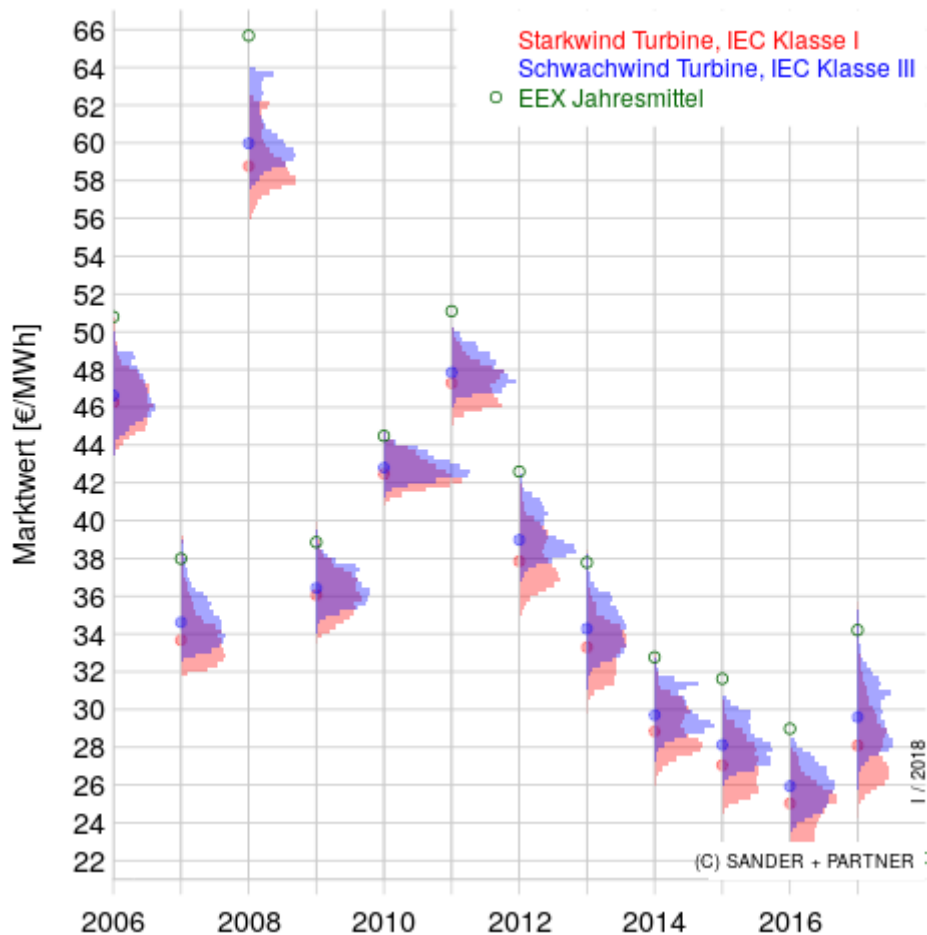
Diese Studie zeigt wo in Deutschland die besten Chancen bestehen anstelle einer maximalen Stromproduktion (für die keine Nachfrage besteht und die sich schlecht verkaufen lässt) einen maximalen Umsatz (mit Stromproduktion zu Zeiten hoher Strompreise) zu erzielen.

Es wird aus volkswirtschaftlicher Sicht gezeigt, wo in Deutschland die Stromproduktion mit Windkraftanlagen erfolgen sollte, um einen maximalen gesamtwirtschaftlichen Nutzen zu erzielen. Der Nutzen ist dann maximal, wenn die Stromproduktion den höchsten Erlös erzielt. Aus Sicht der Stromproduzenten bedeutet dies, diejenigen Standorte für Windkraftanlagen zu finden, an denen aus einem optimalem Mix aus produzierter Strommenge und höchstem Preis der maximale Umsatz erzielt werden kann. Oder einfach formuliert: Umsatz ist Menge mal Preis. Schwierig wird das ganze deshalb, weil sowohl das erzeugte Volumen als auch der Preis stark volatil sind.

Dazu wurde für jeden möglichen Standort in Deutschland die Produktion verschiedener Windturbinen berechnet. Grundlage sind Wind- und Temperaturdaten, die dem Deutschen-Wind-Index [DWI 2018] entnommen sind. Diese Daten stehen ab 1980 flächendeckend für ganz Deutschland und alle 10 Minuten zur Verfügung. Aus den meteorologischen Daten des Deutschen-Wind-Index wurde der Energieertrag von zehn verschiedenen Windturbinen berechnet und zu Stundenwerten zusammengefasst. Die Windturbinen wurden so gewählt, dass sie ein breites Feld von Anlagentypen abdecken, die für verschiedenste Windverhältnisse geeignet sind. Die Turbinen haben eine maximale Leistung zwischen 1 MW bis 3 MW. Für jeden Standort wurde diejenige Maschine gewählt, die die größte Strommenge produziert. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Windanlagen zu gewährleisten, wird für jeden Standort der Ertrag mit der "installierten" Leistung skaliert. Die gezeigten Ergebnisse entsprechen deshalb einer Windturbine mit einer Leistung von 1 MW.

Für die Jahre 2006 - 2017 stehen zudem die Stundenpreise aus dem Handel der EEX zur Verfügung.

Die Handelspreise sind Deutschlandweit gleich, während sich der Ertrag sowohl an jedem Standort als auch für jeden Anlagentyp unterscheidet. In Grafik 1 ist der Markterlös exemplarisch für zwei unterschiedliche Windturbinen dargestellt. Der Markterlös ist der Preis, der an der Handelsplattform im Stundenkontrakt für den produzierten Strom erzielt wurde.



Grafik 1: Mittlere Jahreserlöse, die für eine Megawatt-Stunde (MWh) erzeugten Stromes aus zwei verschiedenen Typen von Windkraftanlagen erzielt werden. Der Jahreserlös wurde flächendeckend für Deutschland aus dem Deutschen-Wind-Index errechnet und zwar für je eine Starkwindanlage (rote Farbe) und eine, die für schwache Winde (blaue Farbe) konzipiert ist. Für jedes Jahr ist die flächenhafte Verteilung des Marktwertes als Histogramm gezeichnet. Je länger die Balken des Histogramms nach rechts ragen, desto mehr Standorte erzielen den gleichen Marktpreis. Die roten und blauen Punkte geben den Median des Marktwertes aus allen Standorten Deutschlands wieder. Der Median ist derjenige Wert, bei dem die Hälfte der Standorte ein höheren Preis bzw. einen geringeren Marktpreis erzielen. Die grünen Kreise geben den durchschnittlichen Preis wieder, mit dem der Strom an der EEX gehandelt wurde.

Aus Grafik 1 sind die folgenden Resultate bemerkenswert:

1. Der Trend in den Marktpreise lässt sich in mehrere Perioden aufteilen, die stark unterschiedlichen Charakter haben: die Periode vor 2008, das Jahr 2008 mit extrem hohem Preisniveau, die Jahre 2009 bis 2011 mit steigenden Preisen und die Jahre des Preisverfall zwischen 2011 bis 2016.
2. Nach den letzten fünf Jahren des Preisverfalls, hat sich das Preisniveau an der EEX im Jahr 2017 wieder deutlich nach oben geschoben.

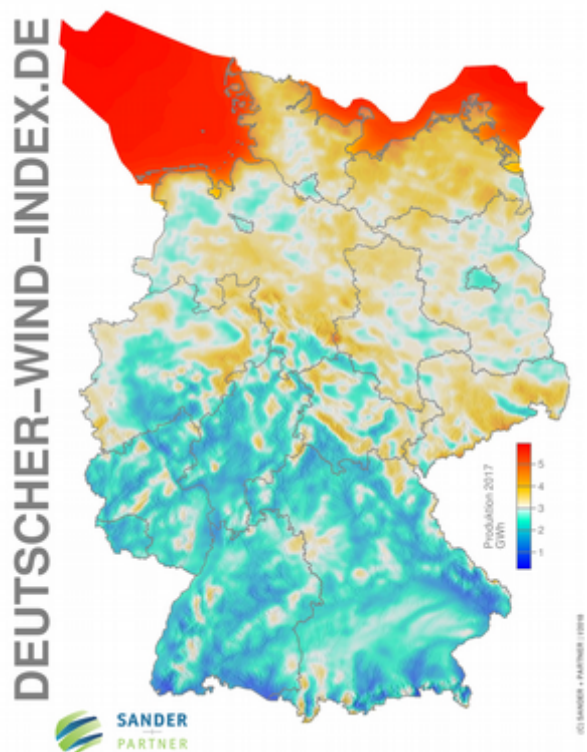


3. Im Jahresmittel erreichen Windkraftanlagen nicht den Preis, der im Handel geboten wird. Am ehesten kommen Windkraftanlagen an schwachwindigen Standorten dem Jahresmittel des Handelspreis nahe.
4. Die Spanne der erzielten Erlöse an den verschiedenen Standorten in Deutschland beträgt ungefähr 5 €/MWh. Die optimale Wahl des Standortes ist mit entscheidende für einen hohen Marktwert.
5. Die Chance höhere Erlöse zu erzielen, ist an schwachwindigen Standorten ungleich besser, als an produktionsreichen Standorten mit hohen Windgeschwindigkeiten.

4 Der Vorteil der Schwachen

In Deutschland wird der meiste Strom durch Windturbinen produziert, die an der windstarken Küste stehen. Beispielhaft ist in Grafik 2 die Energieproduktion von Windturbinen für das Jahr 2017 dargestellt: im windstarken Norden und insbesondere über dem offenen Wasser der Nord- und Ostsee wird viel Strom produziert, im Süden hingegen eher weniger. Im Norden finden sich große Flächen die eine hohe Stromproduktion ermöglichen, im Süden ist hohe Stromgewinnung auf kleine Gebiete konzentriert.

Dieselbe Karte würde man sehen, wenn der vergütete Strompreis fix wäre, so wie es vor dem EEG 2014 üblich war. Der finanzielle Ertrag wäre identisch mit der erzeugten Strommenge.



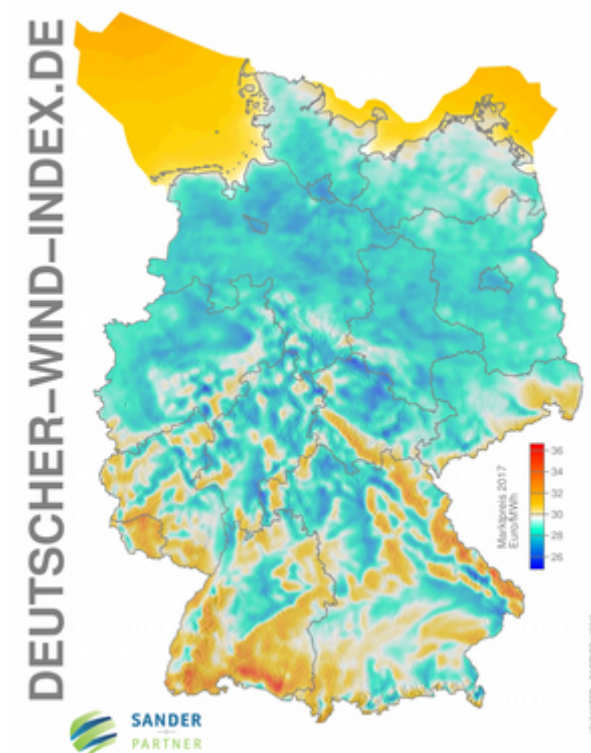
Grafik 2. Jahresproduktion in GWh einer Windturbine im Jahr 2017. Die Farben der Karte sind so gewählt, dass der Median weiß erscheint, blaue Farbe bedeuten kleinere Werte, gelbe und rote Farben höhere Werte als der Median.

Der Strompreis, der am Handelsplatz der EEX erzielt wird, schwankt im Laufe des Tages. Ein maximaler Erlös kann mit Windturbinen nur erzielt werden, wenn die Stromproduktion möglichst genau der Nachfrage folgt. Hingegen können Spitzenpreise auch dann entstehen, wenn nur zu den Stunden der Wind bläst, in denen die Preise hoch sind. Dies wird aus Grafik 3 ersichtlich, in der erzielbare Strompreise dargestellt sind.

Aus Grafik 3 ist erkennbar, dass in Süddeutschland die erlösten Strompreise deutlich über denen liegen, die an norddeutschen Standorten erwirtschaftet werden und selbst die Strompreise, die in der Nordsee erzielt werden noch weit übertreffen. Dies ist nur deshalb möglich, weil die Stromproduktion im (windschwachen) Süden besser der Nachfrage entspricht, als die Stromproduktion im windreichen Norden.

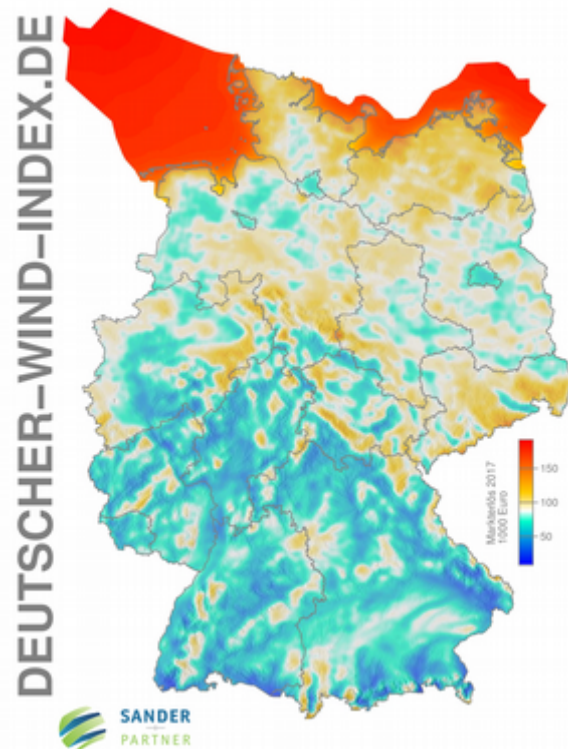
Während Windanlagen im Norden ständig Strom produzieren, selbst dann wenn kein Strom nachgefragt wird, sind die Windverhältnisse im Süden Deutschlands deutlich besser geeignet einen volkswirtschaftlich sinnvollen Beitrag zur Stromversorgung zu liefern. Windkraftanlagen die nördlich des Bodensee aufgebaut werden, hätten im Jahr 2017 dann Strom geliefert, als im Rest Deutschlands Flaute herrschte. Diese Anlagen hätten im Jahresdurchschnitt die landesweit höchsten Stromerlöse erzielt.

Windanlagen in der Nord- und Ostsee erreichen Preise, die zwar immer noch unter denen liegen die im Süden der Republik erzielt werden, die aber deutlich höher liegen als an allen Standorten im norddeutschen Flachland.



Grafik 3. Erlöster Marktpreise in Euro/MWh. Weißer Farbe entspricht dem Median, blaue Farben zeigen geringeren Werten und rote Farben Werte, die über dem Median liegen.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist die entscheidende Frage aber nicht wo am meisten Strom produziert wird (Grafik 2) oder wo die höchsten Strompreise erreicht werden (Grafik 3), sondern, welche Standorte den höchsten Ertrag bieten. Der Ertrag ist dort am besten, wo der volatile Charakter aus Menge und Preis gut zusammen passt. Der schwankende Handelspreis und der standortabhängige, fluktuierende Wind müssen optimal zusammenspielen. Wo dies der Fall ist, ist in Grafik 4 dargestellt.



Grafik 4: Jahreserlöse in Euro, die eine standortgerechte Windanlage im Jahr 2017 erlöst. An jedem Standort wurde diejenige Anlage (aus 10 unterschiedlichen) gewählt, die den höchsten Erlös erzielt. In der Karte entspricht die weiße Farbe dem Median, blaue Farben zeigen geringeren Werten und rote Farben Werte, die über dem Median liegen.

Die höchsten jährlichen Erlöse sind unzweifelhaft mit Windturbinen zu erreichen, die in der Nord- und Ostsee errichtet werden. Mecklenburg-Vorpommern bietet große Flächen, in denen Windturbinen überdurchschnittliche Erlöse erzielen. Die Küstengebiete Schleswig-Holsteins bieten ähnlich hohe Erlöse, wie sie an vielen anderen Standorten in deutlich windschwächeren Gebieten Deutschlands zu finden sind. Selbst in Bayern lassen sich an manchen Orten höhere Erträge erwirtschaften, als dies in Küstennähe möglich ist.

5 Ausblick

Mit der Einbindung der emissionsfreien Stromerzeugung aus Windkraftanlagen in den Strommarkt hat sich die Energiewende zu einem Instrument entwickelt, mit dem ein volkswirtschaftlich sinnvoller Strommarkt neu gestaltet werden muss. Die Ära der risikolosen Produktion möglichst großer Strommengen wurde mit dem aktuellen EEG beendet. Neue Standorte für Windkraftanlagen müssen so ausgesucht werden, dass sich sowohl für die Stromerzeuger als auch für die Endkunden eine profitable Situation einstellt. Für Projektierer von neuen Standorten gilt es es neue Windparks so zu platzieren, dass die Windkraftanlage beste Erlöse erzielt. Dies ist insbesondere auch an windschwachen Standorten möglich. Aus volkswirtschaftlicher Sicht bieten Windparks in

Süddeutschland vergleichbare oder sogar bessere Bedingungen als windstarke Standorte Norddeutschlands. An vielen windschwachen Standorten entspricht die Stromproduktion deutlich besser der Nachfrage, was sich im höheren Marktpreis widerspiegelt.

Daraus ergeben sich für die verschiedenen Akteure neue Chancen und Herausforderungen:

- die Politik ist gefordert Auktionen von neuen Standorten so zu gestalten, dass sich diese volkswirtschaftlich sinnvoll in den Strommarkt einfügen. Es muss z.B. hinterfragt werden, ob das Referenzertragsmodell, mit dem derzeit der erzielte Auktionspreis korrigiert wird, durch ein Erlösmodell ersetzt werden sollte, bei dem anstelle des produzierten Stromvolumens der (finanzielle) Erlös den Auktionspreis korrigieren sollte.
- Planer und Entwickler von neuen Windparks sind gefordert sich dem Strommarkt zu stellen. Dies erfordert ein deutliches Umdenken weg von möglichst hohen Strommengen, hin zu hohen finanziellen Erträgen. Damit dienen sie sich nicht nur selbst, sondern tragen gleichzeitig dazu bei, den erneuerbaren Strom mit maximalem gesellschaftlichen Nutzen in die Volkswirtschaft einzubringen.
- Hersteller von Windturbinen sind gefordert, die Leistung ihrer Windturbinen an windschwache Standorte zu orientieren.
- Gemeinden sind gefordert, ihre Planung von Windzonen so zu gestalten, dass nicht die Windhöufigkeit über die Flächenausscheidung entscheidet, sondern der gesellschaftliche Nutzen des eingespeisten Stromes. Damit müssen auch windschwache Standorte mit hohem Erlöspotential privilegiert werden, die bislang unter dem Diktat der maximalen Strommenge ausgeschlossen wurden.

Referenzen:

[DWI 2018]: Deutscher Wind Index. Verfügbar unter: www.deutscher-wind-index.de