

Unzuverlässigkeit macht die Solarenergie absolut unbezahlbar

geschrieben von Chris Frey | 24. Januar 2022

[David Wojick](#)

Viele [US-]Bundesstaaten und die von ihnen regulierten Versorgungsunternehmen sprechen davon, ihre kohle- und gasbefeuerten Generatoren durch Solar- und Windenergie zu ersetzen. So habe ich vor kurzem darüber geschrieben, dass das Gesetz für eine saubere Wirtschaft in Virginia mit seinem verrückten Namen bereits fast 800 Quadratmeilen an Solaranlagen in der Entwicklungsphase hat. Siehe [hier](#).

In Anbetracht der hohen Intermittenz von Wind- und Solarenergie ist die Idee, sich mit Solar- und Windenergie zu versorgen, eine extrem kostspielige Angelegenheit. Es geht vor allem um Zuverlässigkeit. Die Elektrizität muss da sein, wenn wir sie brauchen. Im Folgenden stelle ich einige einfache Berechnungen vor, die zeigen, wie schlecht diese Idee wirklich ist.

Die Zuverlässigkeitsanalyse von Solar- und Windenergieanlagen in großem Maßstab kann sehr komplex sein. Beide sind vom Wetter abhängig, das sich schnell und dramatisch ändern kann. Beide können in hohem Maße von anderen verfügbaren Energiequellen abhängen, falls vorhanden. Unter bestimmten Bedingungen können sie auch voneinander abhängig sein.

Hier werden wir einfach bestimmte grundlegende Merkmale der Stromerzeugung analysieren, um die Probleme zu skalieren. Für den Anfang betrachten wir einfach, was ein eigenständiges 1.000-MW-Solarsystem mit Batteriespeicher für die Zuverlässigkeit benötigt.

Die 1.000 MW sind Strom, der rund um die Uhr zuverlässig ins Netz eingespeist wird. Wegen der Intermittenz werden deutlich mehr als 1.000 MW an Erzeugungskapazität benötigt. Außerdem wird eine Menge Batteriespeicher benötigt. Daher werden die Kapitalkosten viel höher sein als die Kosten für 1.000 MW Erzeugungskapazität. Wir werden diese zusätzlichen Kosten erörtern. Beachten Sie, dass die Hinzunahme von Windenergie diese sehr hohen Kosten nicht verringert.

Ausgehend von dieser einfachen 1.000-MW-Analyse wird es relativ einfach sein, andere mögliche Systeme unterschiedlicher Größe und mit unterschiedlichen Merkmalen zu betrachten.

Zuverlässigkeit der 1000 MW Stromerzeugung rund um die Uhr

Solarenergie ist aufgrund des vorhersehbaren täglichen Zyklus von Tag und Nacht relativ einfach abzuschätzen. Die Erzeugungszeiten variieren jedoch je nach Jahreszeit. Sie hängen auch davon ab, wie beweglich die

Paneele sind, d. h. inwieweit sie der täglichen Bewegung der Sonne am Himmel folgen können.

Der Fall der vollen Sonnenscheindauer

Der Einfachheit halber gehen wir zunächst von 8 Stunden voller Sonne und voller Leistung pro Tag aus. Dann brauchen wir natürlich jede Nacht 16 Stunden Speicherplatz. Das sind 16.000 MWh an Batteriespeichern. Außerdem benötigen wir weitere 2.000 MW an Erzeugungskapazität, um die Batterien jeden Tag aufzuladen.

Bei voller Sonneneinstrahlung sind also 3.000 MW an Solarstromerzeugungskapazität und 16.000 MWh an Speicherkapazität erforderlich, um rund um die Uhr zuverlässig 1.000 MW zu erzeugen.

Dunkle Tage mit viel Bewölkung

An dunklen, wolkenverhangenen Tagen kann die Solarstromleistung drastisch reduziert werden. Bei starker Bewölkung kann die Leistung auf nur 10 % der Nennkapazität reduziert werden. Dichte Bewölkung kann sich tagelang halten, so dass neben der Stromerzeugungskapazität auch eine größere Batteriepufferung erforderlich ist, um die Batterien an diesen dunklen Tagen aufzuladen.

Wie viele aufeinanderfolgende Tage mit starker Bewölkung zu berücksichtigen sind, ist eine komplexe Frage der lokalen und regionalen Meteorologie. Hier nehmen wir einfach 5 Tage an, aber es könnten leicht mehr sein. Fünf verhangene Tage kommen in den meisten Staaten sicherlich von Zeit zu Zeit vor. Im Fall von Virginia kann dies in der gesamten mittelatlantischen Region vorkommen, so dass niemand über nennenswerten Solarstrom verfügt. Das schließt den Kauf von Solarstrom aus Nachbarstaaten aus.

Zuverlässigkeit erfordert eine Auslegung für diese relativ extremen Ereignisse. Bei der konventionellen Stromerzeugung plant man für den maximalen Strombedarf, aber bei Wind- und Solarenergie muss man auch für die Mindestversorgung planen. Um diesen Minimalfall geht es mir hier.

Die erforderliche Batteriekapazität ist einfach. Fünf Tage mit 24 Stunden pro Tag sind 120 Stunden. Um eine konstante Leistung von 1.000 MW zu liefern, sind das satte 120.000 MWh an Speicherkapazität. Wir haben bereits eine Nachtspeicherkapazität von 16 Stunden, also brauchen wir jetzt zusätzliche 104 Stunden, also 104.000 MWh an zusätzlicher Speicherkapazität.

Die erforderliche zusätzliche Stromerzeugungskapazität zum Aufladen der Batterien für diese wolkenreichen Tage ist jedoch alles andere als einfach. Es hängt alles davon ab, wie lange wir für das Aufladen Zeit haben. Je mehr Zeit wir haben, desto geringer ist die erforderliche Stromerzeugungskapazität.

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Batterien für die dunklen Tage aufgeladen werden, bevor die nächsten dunklen Tage kommen, was in einigen Fällen sehr bald sein kann. Auch dies ist eine Frage der Meteorologie. Um konservativ zu sein, gehen wir zunächst davon aus, dass wir zwei helle Sonnentage haben, um die Arbeit zu erledigen.

An zwei Tagen haben wir 16 Stunden Ladezeit für die benötigten 120.000 MWh, was eine große Erzeugungskapazität von 7.500 MW erfordert. Wir verfügen bereits über 3.000 MW an Erzeugungskapazität, die jedoch rund um die Uhr für die Stromversorgung an sonnigen Tagen genutzt wird. Sie steht nicht zur Verfügung, um die Batterien für die dunklen Tage aufzuladen. Es stellt sich heraus, dass wir satte 10.500 MW an Solarstromerzeugungskapazität benötigen.

Diese 10.500 MW sind eine Menge, wenn man bedenkt, dass wir nur 1.000 MW rund um die Uhr zuverlässig erzeugen wollen. Außerdem wird ein Teil dieser zusätzlichen Erzeugungskapazität nur selten genutzt werden. Aber die Zuverlässigkeit ist wegen der großen Wetterschwankungen so. Bei der konventionellen Stromerzeugung mit fossilen Brennstoffen ist das Extremereignis, das für die Auslegung ausschlaggebend ist, der Spitzenbedarf (auch Nachfragespitze genannt). Für diesen Fall werden spezielle Generatoren, sogenannte „Peaker“, eingesetzt. Im Falle der Solarenergie handelt es sich bei der speziellen Ausrüstung um Batterien oder andere Formen der Speicherung.

Wenn wir 5 Tage Zeit haben, um die Batterien für die dunklen Tage aufzuladen, ist die erforderliche Erzeugungsmenge viel geringer. An fünf Tagen haben wir 40 Stunden Zeit, um die 120.000 MWh aufzuladen, so dass wir nur 3.000 MW an zusätzlicher Erzeugungskapazität benötigen, zusätzlich zu den 3.000 MW, die wir für die tägliche Stromerzeugung an sonnigen Tagen benötigen.

An diesem Punkt benötigen wir 120.000 MWh Batteriespeicher und 6.000 bis 10.500 MW Erzeugungskapazität, um rund um die Uhr zuverlässig 1.000 MW Strom zu liefern.

Diese großen Zahlen kommen zustande, weil wir nach einer Periode dunkler, bewölkter Tage während der Erzeugungsstunden bei Tageslicht drei Dinge gleichzeitig tun. Wir erzeugen (1) 1.000 MW sofort verbrauchten Strom und laden gleichzeitig sowohl die (2) Nachtbatterien als auch die (3) Batterien für die dunklen Tage wieder auf.

Beachten Sie auch, dass die Zahlen eigentlich größer sein müssten. Die Batterien werden nicht zu 100 % geladen und dann auf Null entladen. In der Regel werden sie zwischen 80 % und 20 % betrieben. In diesem Fall beträgt die verfügbare Speicherkapazität nur 60 % der Nennkapazität. Das macht aus den 120.000 MWh der dunklen Tage einen Bedarf von 200.000 MWh.

Kosten im Falle von Tagen mit dichter Bewölkung

Ein Standardwert der EIA für die Kosten von netzweiten Batteriespeichern

liegt bei 250 \$ pro kWh, was 250.000 \$ pro MWh ergibt. Bei diesen Kosten belaufen sich die erforderlichen 200.000 MWh Speicher für rund um die Uhr verfügbare 1.000 MW auf 50 Mrd. \$.

Ein Standardwert der EIA für PV-Solarkapazität beträgt 1300 \$ pro kW oder 1.300.000 \$ pro MW. Damit liegen die Kosten für 6.000 bis 10.500 MW bei 7,8 bis 13,7 Milliarden Dollar.

Damit sind 60 Mrd. \$ für nur 1.000 MW eine gute grobe Schätzung für die alleinige Solarkapazität, um den Fall von 5 dunklen bewölkten Tagen zu erfüllen. (Wie weiter unten erläutert, verringert die Hinzunahme von Windkraft diese Zahl nicht, da an den 5 dunklen Tagen auch die Windkraftleistung gleich Null sein kann*).

[*Ein Musterbeispiel hierfür sind die häufigen Hochdrucklagen bei uns in diesem Winter. Dabei hält sich tage-, wenn nicht wochenlang zäher Hochnebel bei praktisch Windstille von den Alpen bis auf die Nordsee hinaus. A. d. Übers.]

Bei wechselnder Bewölkung

Der Fall der Tage mit wechselnder Bewölkung ist weitaus komplexer. In den meisten Fällen kann dieser Verlust an Solarstromerzeugung mit den Batterien für dunkle Tage ausgeglichen werden. Dies ist jedoch möglicherweise nicht der Fall, wenn dem Ereignis der dunklen Tage teilweise bewölkte Tage vorausgehen oder folgen, insbesondere wenn diese relativ dunkel sind. Beachten Sie, dass „teilweise bewölkt“ hier auch vollständige Bewölkung einschließt, bei der die Wolkendecke leicht genug ist, um immer noch deutlich mehr als die 10 % Stromerzeugung an den dunklen Tagen zu ermöglichen.

Angesichts dieser komplexen Zusammenhänge sprengt dieser teilweise bewölkte Fall den Rahmen dieser einfachen Analyse. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in diesem Fall zusätzliche Batteriespeicher und Erzeugungskapazitäten erforderlich sind. Wie viel, ist schwer zu sagen.

Es ist auch zu beachten, dass mehrere kostspielige Funktionen nicht berücksichtigt sind. Ein Beispiel ist die Übertragung, um den Solarstrom vom Ursprungsort zu den möglicherweise weit entfernten Lastzentren zu bringen. Ein weiteres Beispiel ist die Reserveerzeugungskapazität oder Sicherheitsmarge, die bis zu 20 % betragen kann. Man kann nicht davon ausgehen, dass alles perfekt funktioniert, wenn das System belastet wird. Dies gilt vor allem dann, wenn die dunklen Tage von starken Schneefällen begleitet werden, die das Aufladen stark verzögern können.

Zuverlässigkeit der Winderzeugung rund um die Uhr zur Unterstützung der Solarenergie

Die Winderzeugung hat nicht den vorhersehbaren Tageszyklus wie die Solarenergie und ist daher von Anfang an komplexer. Bei der Solarenergie können wir an den meisten Tagen mit einer relativ guten kontinuierlichen

Erzeugung rechnen. Bei der Windenergie kann es vorkommen, dass die Leistung im Laufe eines Tages häufig auf Null sinkt, dass sie mehrere Tage hintereinander ausbleibt und dass sie an vielen Orten über längere Zeiträume hinweg nur sehr wenig liefert.

Es geht nicht darum, dass kein Wind weht, sondern dass nur wenig Wind weht. Windkraftanlagen benötigen anhaltende Winde von beträchtlicher Geschwindigkeit, um nennenswerte Mengen an Strom zu erzeugen. In vielen Teilen des Landes verursachen stagnierende, mehrtägige Hochdrucksysteme sowohl Windstille als auch einen hohen Strombedarf.

Es ist sehr wichtig zu beachten, dass aufgrund dieser großen Variabilität die Windenergie nicht genutzt werden kann, um den massiven Bedarf an Solarenergie an dunklen Tagen zu reduzieren. Es ist nämlich immer möglich, dass während der dunklen Tage kein Windstrom zur Verfügung steht, ebenso wie während der Wiederaufladezeit nach diesem Extremereignis. Ein eigenständiges Solar- und Windsystem muss für diese extreme, aber häufige Möglichkeit ausgelegt sein.

Solar- und Windenergie können Kohle und Gas nicht zu vertretbaren Kosten ersetzen. Die Intermittenz macht Solar- und Windenergie zu einem untragbaren Kostenfaktor. Dies gilt wahrscheinlich nicht nur für alle US-Bundesstaaten und ganz sicher für Virginia, sondern für alle Länder dieser Welt.

Autor: [David Wojick](http://www.stemed.info/engineer_tackles_confusion.html), Ph.D. is an independent analyst working at the intersection of science, technology and policy. For origins see http://www.stemed.info/engineer_tackles_confusion.html. For over 100 prior articles for CFACT see <http://www.cfact.org/author/david-wojick-ph-d/> Available for confidential research and consulting.

Link:

<https://www.cfact.org/2022/01/19/unreliability-makes-solar-power-impossibly-expensive/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE