

Etwas Arithmetik: Die Kosten eines Solar-Stromnetzes ohne Back-Up durch fossile Treibstoffe

written by Chris Frey | 11. August 2021

[Francis Menton](#) from the [MANHATTAN CONTRARIAN](#)

Jüngst wurde darauf hingewiesen, dass Staaten oder Länder, die 100 % „erneuerbare“ Elektrizität anstreben, nicht in der Lage zu sein scheinen, über die 50 %-Marke hinauszukommen, egal wie viele Windturbinen und Sonnenkollektoren sie bauen. Der Grund dafür ist, dass im praktischen Betrieb aufgrund der so genannten „Intermittenz“ zu vielen Zeiten hoher Nachfrage keine Leistung aus den Solar- und Windkraftanlagen zur Verfügung steht; daher müssen in diesen Zeiten andere Quellen den Strom liefern. Dieses praktische Problem zeigt sich am deutlichsten in Kalifornien, wo die Strategie der „erneuerbaren“ Energien fast ausschließlich auf Sonnenkollektoren und nur zu einem sehr geringen Teil auf Windkraft beruht. Die vom *California Independent System Operator* (CAISO) [veröffentlichten](#) täglichen Diagramme zeigen ein klares und deutliches Muster, bei dem die Solarstromerzeugung jeden Abend genau zur Spitzen-Nachfrage zwischen 18 und 21 Uhr auf Null sinkt.

Kommentator Sean glaubt, die Antwort zu kennen: *„In Anbetracht des vorhersehbaren täglichen Stromerzeugungszyklus der Solarenergie in sonnigen Gegenden wie Kalifornien und der vorhersehbaren täglichen Nachfrage, die am Abend ihren Höhepunkt erreicht, sollten Solarstromerzeuger vielleicht verpflichtet werden, über einen Stromspeicher zu verfügen, der der täglichen Erzeugung ihrer PV-Anlage entspricht.“*

Ich halte es für lehrreich, Seans Idee durchzuspielen, um herauszufinden, wie viel Solarenergie-Erzeugungskapazität und -speicherung nötig wäre, um ein System zu installieren, das nur aus diesen beiden Elementen besteht und ausreicht, um den aktuellen Strombedarf Kaliforniens zu decken. Hinweis: Dies ist eine Rechenübung. Es ist keine komplizierte Arithmetik. Es gibt hier nichts, was über das hinausgeht, was man in der Grundschule gelernt hat. Andererseits scheinen nur wenige bereit zu sein, sich die Mühe zu machen, diese Berechnungen anzustellen oder die Konsequenzen zu erkennen.

Wir beginnen mit dem aktuellen Verbrauch, der geliefert werden muss. Derzeit schwankt der Verbrauch zwischen einem Tiefstwert von etwa 30 GW und einem Höchstwert von etwa 40 GW im Laufe eines Tages. Für die Zwecke dieser Übung nehmen wir einen durchschnittlichen Verbrauch von 35 GW an. Multipliziert mit 24 ergibt sich als grobe Schätzung, dass das System 840 GWh Strom pro Tag liefern muss.

Wie viel Kapazität an Solarmodulen brauchen wir, um die 840 GWh zu liefern? Wir beginnen mit dem sonnenreichsten Tag des Jahres, dem 21. Juni. Kalifornien verfügt derzeit über eine Solarkapazität von etwa 14 GW. Ein Blick auf die CAISO-Diagramme zeigt, dass am 21. Juni 2021, einem offensichtlich sehr sonnigen Tag, diese 14 GW an Solarmodulen von etwa 8 bis 18 Uhr maximal 12 GW produzierten, von 7 bis 18 Uhr und von 18 bis 19 Uhr etwa die Hälfte und in der restlichen Zeit praktisch nichts. Optimistischerweise produzierten sie etwa 140 GWh für den Tag (10 Stunden x 12 GW plus 2 Stunden x 6 GW plus ein wenig mehr für die Morgen- und Abendstunden). Um Ihre 840 GWh Strom an einem sonnigen 21. Juni zu erzeugen, brauchen Sie also die *sechsfache Kapazität an Solarmodulen*, die Sie derzeit haben, also 84 GW. Wenn es 19.00 Uhr ist, brauchen Sie genügend Energie, um bis zum nächsten Morgen um 8.00 Uhr durchzuhalten, wenn die Erzeugung wieder den Verbrauch übersteigt. Das sind etwa 13-14 Stunden bei einem Durchschnitt von 35 GW oder etwa 475 GWh Speicher.

Das ist der 21. Juni, der beste Tag des Jahres. Schauen wir uns nun einen schlechten Tag an. Ein gutes Beispiel für das vergangene Jahr wäre der 24. Dezember 2020, der nicht nur einer der kürzesten Tage des Jahres war, sondern auch ziemlich wolkeig gewesen sein muss. Die Produktion der bestehenden 14 GW Solarkapazität betrug im Durchschnitt nur etwa 3 GW, und das auch nur von 9 Uhr morgens bis 15 Uhr nachmittags. Das sind 18 GWh in diesem Zeitfenster (3 GW x 6 Stunden). Hinzu kam noch etwa 1 GWh von 8 bis 9 Uhr morgens und ein weiteres 1 GWh von 15 bis 16 Uhr. Etwa 20 GWh für den ganzen Tag. Man braucht aber 840 GWh. Wenn 14 GW Solarpaneele nur 20 GWh für den Tag produzierten, hätten Sie 588 GW Paneele benötigt, um Ihre 840 GWh zu erzeugen. $(14/20 \times 840)$ Diese 588 GW an Solarzellen sind etwa die *42-fache der vorhandenen 14 GW an Solarzellen*. Und wenn diese 588 GW Kapazität gegen 16 Uhr aufhören, überhaupt etwas zu produzieren, brauchen Sie auch mindestens 16 Stunden durchschnittlichen Verbrauchs im Speicher, um bis 8 Uhr am nächsten Morgen zu kommen. Das wären rund 560 GWh an Speicherleistung.

Man kann also leicht erkennen, dass Seans Idee, Speicher bereitzustellen, die „*der täglichen Erzeugung der PV-Anlage entsprechen*“, das Problem nicht wirklich auf den Punkt bringt. Das Hauptproblem besteht darin, dass man eine Kapazität benötigt, die fast dem 15-fachen des Spitzenverbrauchs entspricht (fast 600 GW Kapazität zur Deckung des Spitzenverbrauchs von etwa 40 GW), um die produktionschwächsten Tage des Jahres zu überbrücken.

Kosten? Wenn man (wohlwollend) davon ausgeht, dass die „nivellierten Kosten“ der Energie aus den Sonnenkollektoren den „nivellierten Kosten“ der Energie aus einem Erdgaskraftwerk entsprechen, dann wird dieses System mit der 15-fachen Kapazität 15-mal so viel kosten. Hinzu kommen die Kosten für die Speicherung. In diesem Szenario sind diese Kosten relativ bescheiden. Bei den derzeitigen Preisen von etwa 200 \$/KWh werden die 560 GWh Speicher rund 112 Mrd. \$ kosten, was etwa der Hälfte des Jahreshaushalts der kalifornischen Regierung entspricht.

Aber Sie werden vielleicht sagen, dass niemand das System auf diese Weise bauen würde, mit einer gigantischen Überkapazität, nur um die wenigen Tage im Jahr mit der geringsten Solarleistung abzudecken. Warum sollte man stattdessen nicht viel weniger Solarkapazität bauen und den Strom aus dem Sommer für den Winter aufsparen? Da die durchschnittliche Leistung der Solaranlagen in Kalifornien im Jahresdurchschnitt bei etwa 20 % der Kapazität liegt, sollten Sie in der Lage sein, mit einer Kapazität, die etwa dem Fünffachen des Spitzenverbrauchs entspricht, genug Strom für das ganze Jahr zu erzeugen, anstatt dem 15-fachen des obigen Szenarios. Sie müssen nur die gesamte Zeit zwischen Sommer und Winter Strom sparen. Oh, und Sie brauchen ein Vielfaches mehr an Speicherplatz als beim Szenario mit nur einem Tag pro Jahr. Wenn an 180 Tagen im Jahr weniger produziert als verbraucht wird und die durchschnittliche Produktionslücke an jedem dieser Tage 300 GWH beträgt, dann benötigen Sie Batterien im Wert von 54.000 GWH (180 x 300). Bei einem Preis von 200 \$ pro GWH würde das etwa 10+ Billionen \$ kosten. Das wäre etwa das Dreifache des jährlichen BIP des Staates Kalifornien.

Aber keine Sorge, Batterien, die Strom für sechs Monate und länger speichern und ohne Verluste an der Börse abgeben können, gibt es nicht. Vielleicht erfindet sie jemand rechtzeitig, damit Kalifornien seine Ziele für erneuerbare Energien im Jahr 2030 erreichen kann.

Der ganze Beitrag steht [hier](#).

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2021/07/31/a-little-arithmetic-the-costs-of-a-solar-powered-grid-without-fossil-fuel-back-up/>

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