

Stromproduktion und Stromverbrauch im Jahre 2018 in der Bundesrepublik Deutschland

Auswertung von Daten der Bundesnetzagentur Im Hinblick auf die Erzeugung von erneuerbarem Wind- und Solarstrom

Von

Harry Schüle¹

Neunburg vorm Wald
25.05.2019

Hintergrund

Als Grundlage für die im folgenden dargestellte Auswertung des Energieangebotes von erneuerbarem Strom aus Wind- und Sonnenenergie in Deutschland, wurden die Energiedaten der Bundesnetzagentur und deren SMARD – Server² herangezogen. Die Daten werden von der Bundesnetzagentur kostenfrei zur Verfügung gestellt und es wird darauf hingewiesen, dass „Die Daten unter der Lizenz CC BY 4.0 kostenfrei heruntergeladen, gespeichert und weiterverwendet werden“ dürfen. Datenbasis sind dabei 15 Minuten Summenwerte über das ganze Jahr 2018. Also insgesamt $365 \times 24 \times 4 = 35040$ Datensätze. Jeder Datensatz enthält die erzeugten Energiemengen aus Biomasse, Wasserkraft, Wind Offshore, Wind Onshore, Photovoltaik, sonstige „Erneuerbare“, Kernenergie, Braunkohle, Steinkohle, Erdgas, Pumpspeicher und sonstige „Konventionelle“ für Deutschland.

¹ Kontakt: harry.schuele@t-online.de

² Daten der Bundesnetzagentur, SMARD – Server: www.smard.de

Einleitung

Wenn man die Klimaerwärmung stoppen und die CO₂ Emissionen reduzieren will, dann muss man auf der Suche nach einer geeigneten Vorgehensweise zwei Dinge berücksichtigen:

1. In der Nacht ist es Dunkel und eine Photovoltaikanlage wird keinen Strom erzeugen,
2. Auch der Wind macht Pause.

Wenn beide Effekte zusammenkommen, dann wird es in Deutschland unmöglich sein, den gesamten benötigten Strom im Augenblick seines Bedarfs ausschließlich aus Wind- und Sonnenenergie bereitzustellen. Dieser Umstand muss berücksichtigt werden, denn er unterscheidet Deutschland entscheidend von Ländern wie Norwegen oder Island, die auf große Mengen Wasserkraft zurückgreifen können. Die Energiepolitik Norwegens lässt sich nicht auf Deutschland übertragen.

Angebot der Sonnenenergie

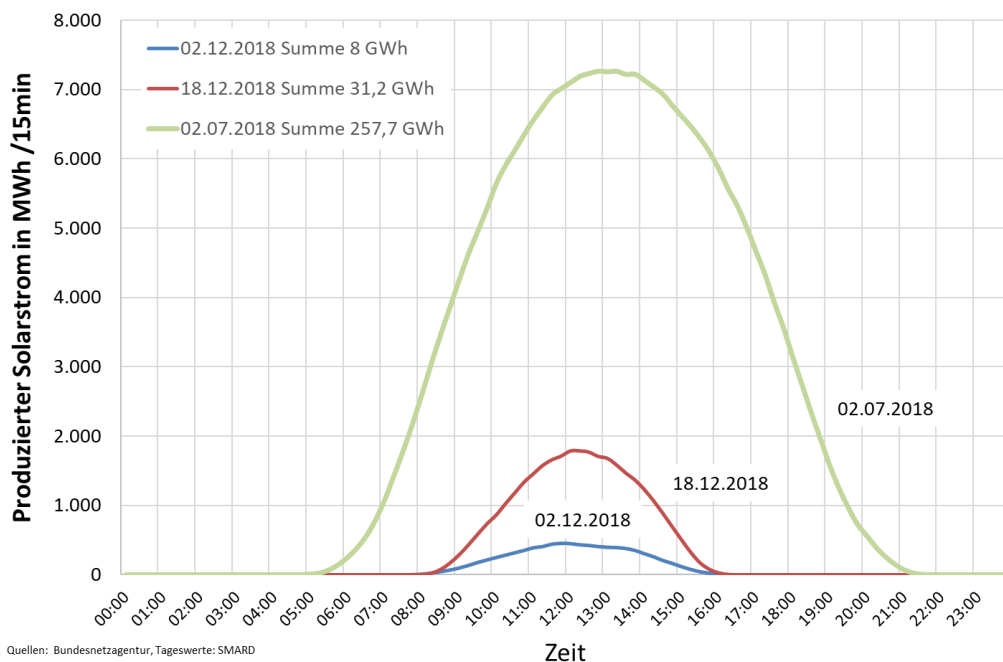


Abbildung 1: Produzierter Solarstrom an ausgewählten Tagen

Abbildung 1 zeigt den in ganz Deutschland produzierten Solarstrom an drei ausgewählten Tagen im Jahre 2018. Darin ist zu erkennen, dass die produzierten Energiemengen an Solarstrom im Sommer, durch die längere Sonnenscheindauer und die höher stehende Sonne, deutlich höher sind als im Winter. Am 2.7. wurde eine Energiemenge von 257,7 GWh Solarstrom erzeugt, wohingegen es am 2.12. nur 8 GWh waren. Das ist ein Verhältnis von 1:32.

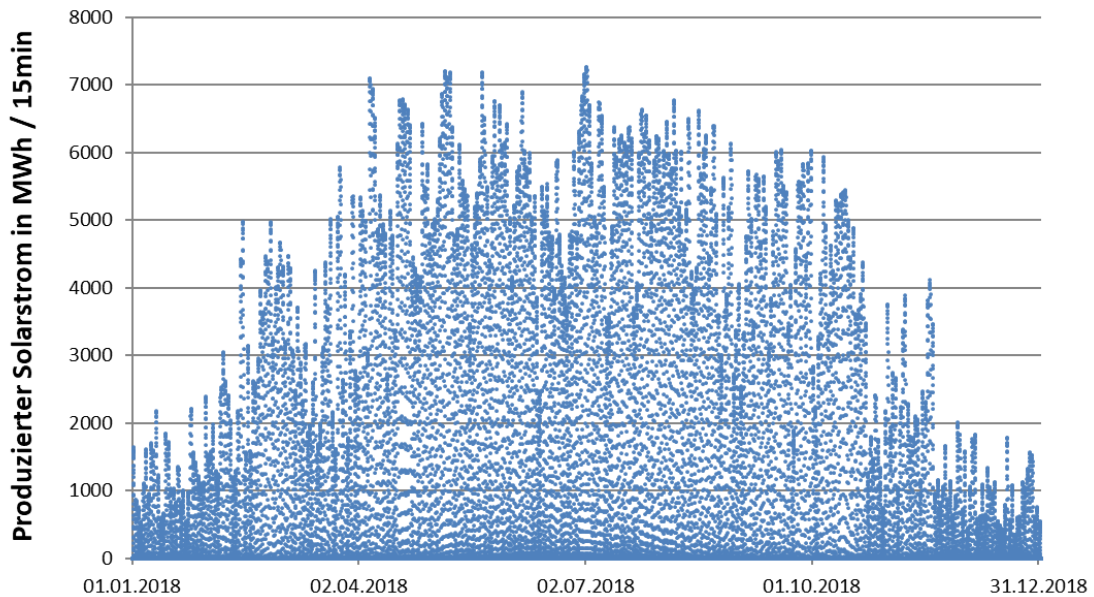


Abbildung 2: 15 Minuten Werte des produzierten Solarstromes im Jahresverlauf 2018

Abbildung 2 zeigt den produzierten Solarstrom im Jahresverlauf. Jeder Punkt in dem Diagramm repräsentiert den 15 Minuten Summenwert des produzierten Solarstromes. Deutlich wird, dass solare Spitzenwerte mit über 7000 MWh / 15min nur zu sehr wenigen Zeitpunkten im Jahr aufgetreten waren. Zusammen mit Abbildung 3, in der die Tagessummenwerte über das Jahr aufgetragen sind, wird deutlich, dass selbst an schönen sonnigen Frühjahrsstagen im März mit 15min Spitzenwerten von bis zu 5000 MWh / 15min in der Tagessumme nur 120 GWh / Tag erzeugt werden können. Dies liegt vor allem daran, dass die Tage im Frühjahr im Vergleich zum Sommer noch kürzer sind und die Sonne flacher steht.

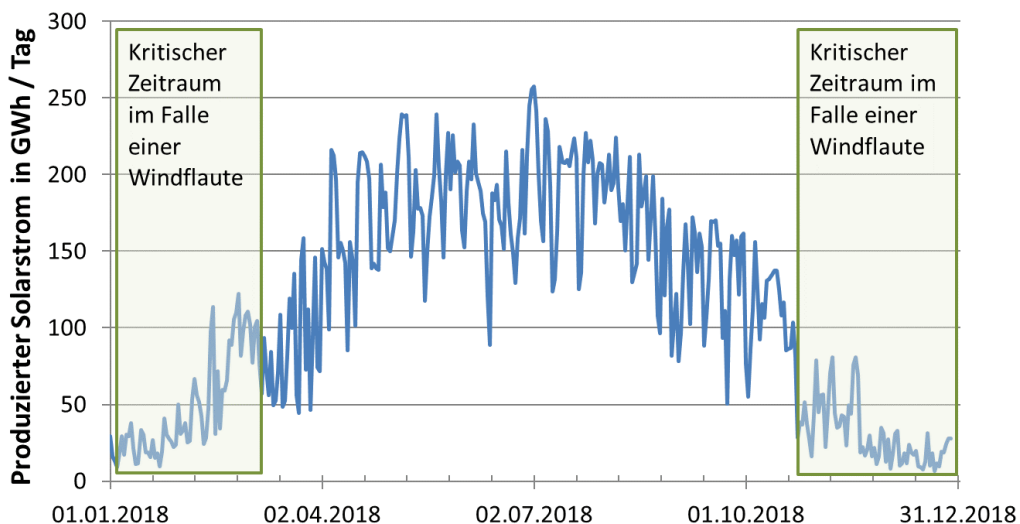


Abbildung 3: Tagessummenwerte des produzierten Solarstromes im Jahresverlauf 2018

Der Zeitraum in den Herbst- und Wintermonaten, also zwischen Mitte Oktober und Mitte März, ist entsprechend Abbildung 3 ein kritischer Zeitbereich, denn im Falle einer Windflaute kann die dann ausbleibende Strommenge der Windenergie nicht durch die produzierte Strommenge aus der Sonnenenergie ausgeglichen werden. Das bedeutet, dass es dann, bei einer ausschließlich auf Sonnen- und Windenergie ausgerichteten Energiewirtschaft, zu Versorgungslücken kommen wird.

Angebot der Windenergie

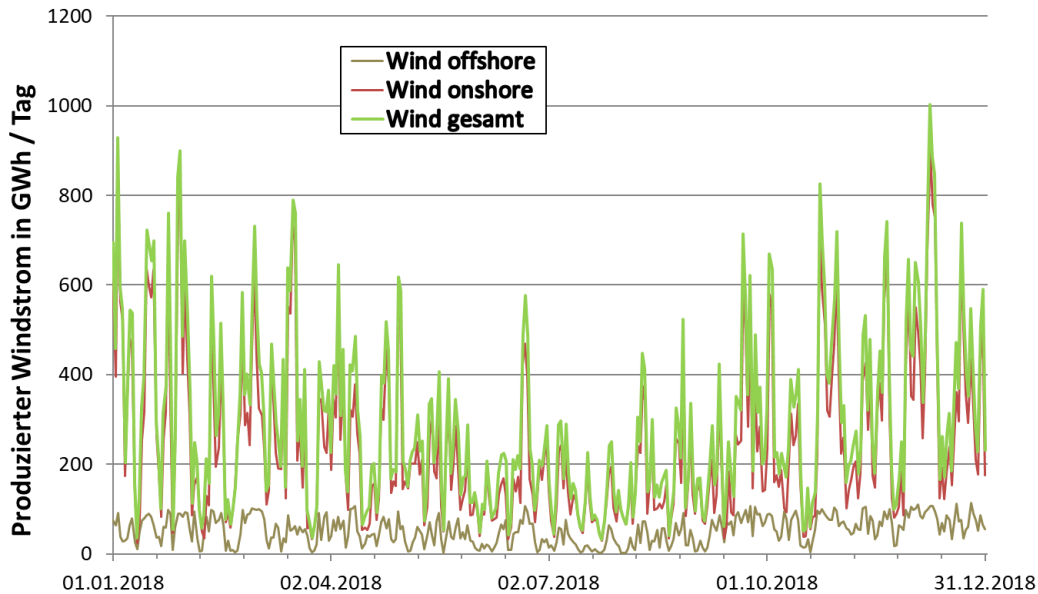


Abbildung 4: Tagessummenwerte des produzierten Windstromes im Jahresverlauf 2018

Abbildung 4 zeigt die Tagessummenwerte des produzierten Windstromes im Jahresverlauf 2018 für ganz Deutschland. Es ist augenscheinlich, dass in den Herbst, Winter und Frühjahrsmonaten die produzierte Strommenge durch Windenergie höher ist als in den Sommermonaten. Damit kann die Windenergie prinzipiell die Defizite der Solarenergie in den Wintermonaten ausgleichen. Leider gibt es auch in diesem „Winter-„ Zeitraum tagelange Perioden mit einer Flaute und mit geringer Windenergie, wodurch es zu Engpässen kommen kann. Desweiteren sind die geringen Windenergiemengen in den Sommermonaten kritisch zu werten. Zwar wird sich in der Tagessumme ein erhöhter solarer Stromertrag ergeben, der die geringen Windmengen ausgleichen kann, in der Nacht fällt der Solarstrom aber auf Null ab, wodurch es zu einer Versorgungslücke kommen kann.

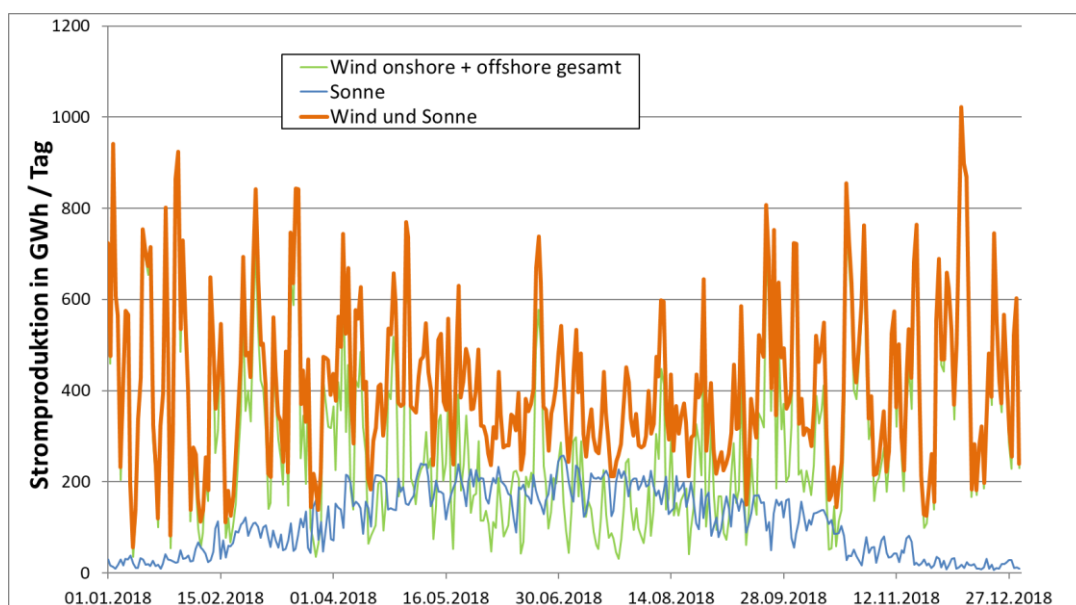


Abbildung 5: Tagessummenwerte des produzierten Solar- und Windstromes

Abbildung 5 zeigt die Stromproduktion aus regenerativer Wind- und Sonnenenergie im Jahresverlauf 2018 für ganz Deutschland. Hier werden die sehr hohen Fluktuationen in den Tagessummen sichtbar. Am 11.01. betrug die Tagessumme aus Sonnen- und Windenergie zum Beispiel nur 56 GWh und wenige Tage später, am 29.01. wieder 923,9 GWh. Das ist ein Verhältnis von 1:16,5. Es sind aber auch Perioden von bis zu sieben Tagen ersichtlich, an denen die Stromproduktion aus Sonnen- und Windenergie gerade mal 200 GWh / Tag betragen haben.

Desweiteren wird deutlich, dass der Beitrag der Windenergie mit 108,6 TWh im Jahre 2018 2,6 Mal so groß war wie der Beitrag der Sonnenenergie mit 41,2 TWh.

Abbildung 6 zeigt die Tagessummenwerte des gesamten in Deutschland produzierten und verbrauchten Stromes im Jahresverlauf 2018 sowie die Tagessummenwerte des produzierten Stromes aus Sonnen- und Windenergie. Dabei fallen die regelmäßigen Amplituden im Verlauf der Gesamtstromproduktion von ca. 200 GWh / Tag auf. Diese regelmäßigen „Ausreißer“ nach unten sind auf die Wochenenden zurückzuführen, an denen die Industrieproduktion reduziert wird und damit der Strombedarf sinkt. In den Herbst- und Wintermonaten ist der Strombedarf mit 1200 – 1500 GWh / Tag um 100 – 200 GWh höher als in den Monaten Mai bis August mit 1200 – 1500 GWh / Tag. Dies ist auf einen geringeren Heizwärmebedarf und Lichtbedarf in den Sommermonaten zurückzuführen. In den Sommermonaten werden aber vermehrt Kühlaggregate und Klimaanlage angeschaltet, was zu einem erhöhten Strombedarf gegenüber dem Monat Mai von ca. 100 GWh / Tag führt. In den Wintermonaten wird in Deutschland mehr Strom produziert als verbraucht. Im Frühjahr hingegen wird in Deutschland teilweise mehr Strom verbraucht als Strom produziert.

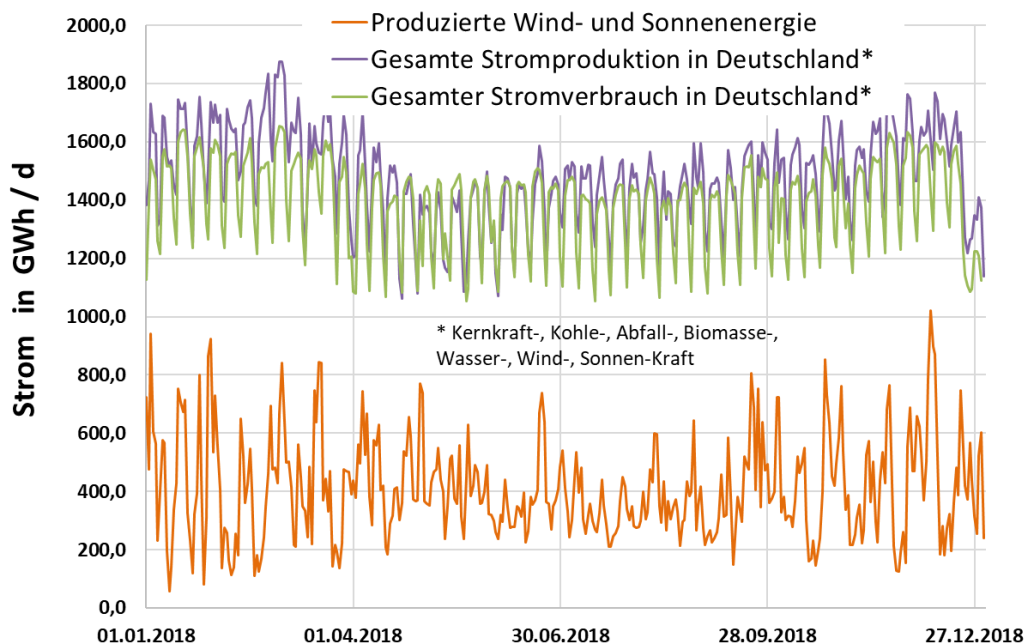


Abbildung 6: Tagessummenwerte des produzierten und verbrauchten Stromes in 2018

Abbildung 7 zeigt die Jahresbilanz des produzierten Stromes 2018 in Deutschland, aufgeteilt nach Energieträgern. Die gesamte produzierte Strommenge in Deutschland betrug 539 TWh und die verbrauchte Strommenge betrug 509 TWh. Das bedeutet, dass Deutschland im Jahre 2018 eine Strommenge von ca. 30 TWh oder 5,6% in andere Länder exportiert hat. Am produzierten Strom haben die Sonnen- und Windenergie mit 150 TWh zusammen einen Anteil von 27,8%. Nimmt man die weiteren erneuerbaren Energieträger Biomasse (40 TWh) und Wasserkraft (15,3 TWh) hinzu, dann ergibt sich ein Anteil von 38% an erneuerbaren Energieträgern an der Gesamtstromerzeugung in Deutschland. Die Stromerzeugung aus

Stromproduktion und -verbrauch in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2018

Braunkohle (128,5 TWh) und Steinkohle (72,2 TWh) ergab einen Anteil von 37,2 % an der Gesamtstromerzeugung in Deutschland.

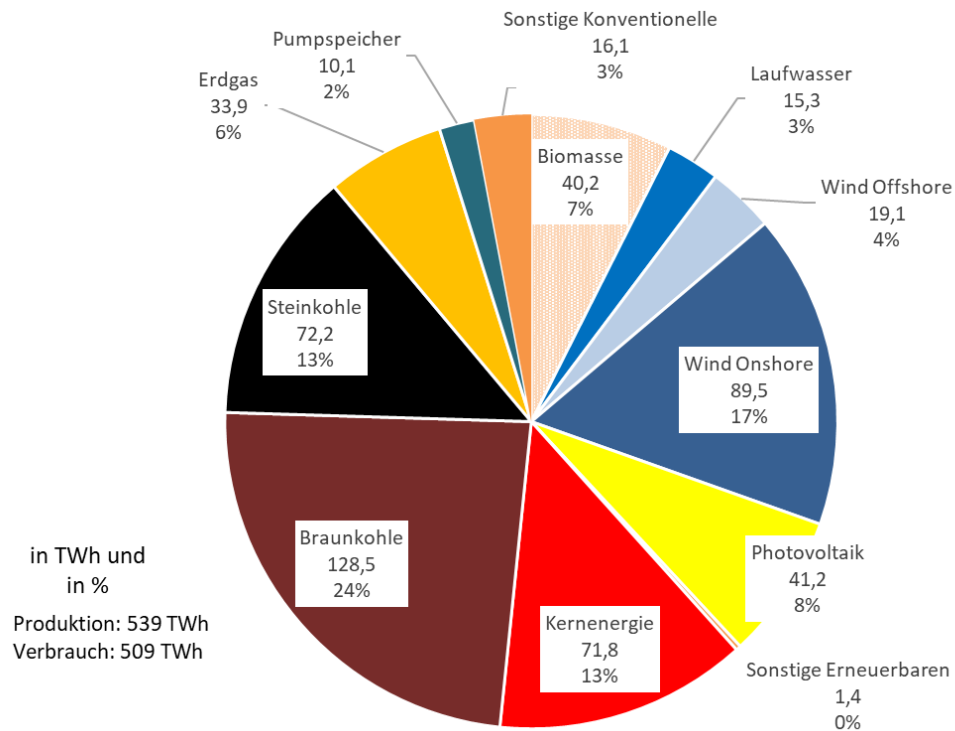


Abbildung 7: Jahresbilanz des produzierten Stromes 2018 in Deutschland

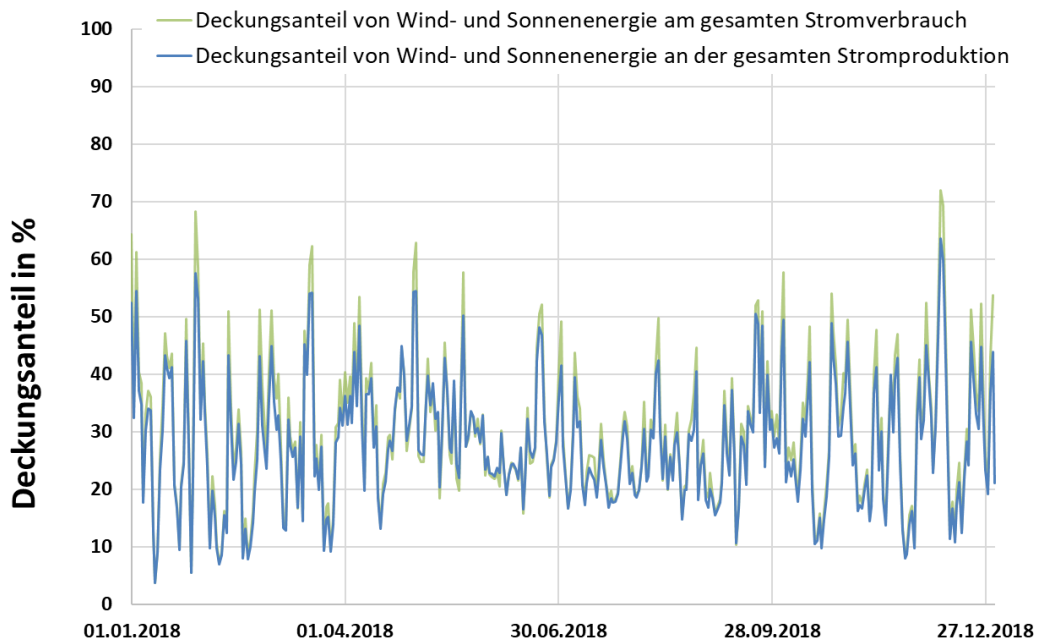


Abbildung 8: Deckungsanteil von Wind- und Sonnenenergie

Abbildung 8 zeigt den Deckungsanteil der Wind- und Sonnenenergie an der Gesamtstromerzeugung und am Gesamtstromverbrauch in Deutschland von 2018. Hier wird deutlich, dass der Deckungsteil an manchen Tagen, bezogen auf die Stromproduktion bereits über 50% und bezogen auf den Stromverbrauch bereits über 70% betragen hat. Auf der anderen Seite wird deutlich, dass es auch häufig Tage mit einem Deckungsanteil von nur 10 % gegeben hat.

Auf das Maximum am 08.12.2018
normierte Wind- und Sonnenenergieangebot
100 % = 1022 GWh/Tag in 2018

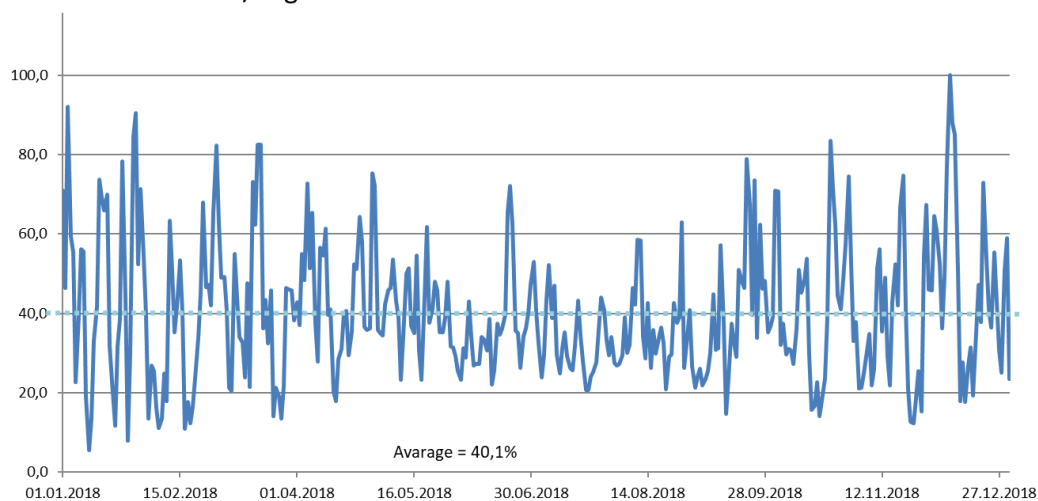


Abbildung 9: Normiertes Wind- und Sonnenenergie-Angebot in Deutschland

Abbildung 9 zeigt das normierte Wind- und Sonnenenergie-Angebot in Deutschland für das Jahr 2018. Es ist bezogen auf den 08.12.2018, an dem der höchste Wind- und Sonnenenergieertrag mit 1022 GWh / Tag vorhanden war. Durch die Normierung wird die Größe der installierten Leistung ausgeklammert und es wird die für Deutschland typische Wetterlage sichtbar. Egal, ob man eine Auswertung für das Jahr 2018 erstellt oder für das Jahr 2050 erstellen würde, die Amplituden einer solchen Auswertung wären immer ähnlich. Die Frequenzen und die Amplituden des Wetters und damit die Wind- und Sonnenenergie werden sich immer ähnlich verhalten.

Wenn man von der 100% Spitze am 8.12.2018 ausgeht und annimmt, dass an diesem Tag ganz Deutschland zu 100% mit Wind- und Sonnenenergie versorgt worden wäre, dann kann man damit das Defizit an den anderen Tagen abschätzen. Das bedeutet, dass wenn einmal so viele Windmühlen- und Photovoltaikanlagen installiert sein werden, um ganz Deutschland an einem Tag zu 100% mit Wind- und Sonnenstrom zu versorgen, dann werden trotzdem immer noch viele Tage dabei sein, an denen die Wind- und Sonnenenergie nur 20% betragen wird. An diesen Tagen muss der Strom durch andere Energieträger gedeckt werden.

Bei einer 100% Auslegung von Windmühlen und Photovoltaikanlagen wird die Gesamtstrommenge im Mittel aufgrund der Wetterverhältnisse in Deutschland nach Abbildung 10 aber nur 40% betragen. Das heißt, es müssen **250 %** Überkapazitäten installiert werden, um den Strombedarf im Mittel zu decken.

Wenn man die Tage mit Windflaute heranzieht, an denen die Wind- und Sonnenenergie nur zu 20% vorhanden ist, dann müssten sogar **500%** Überkapazitäten installiert werden.

Stromproduktion und -verbrauch in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2018

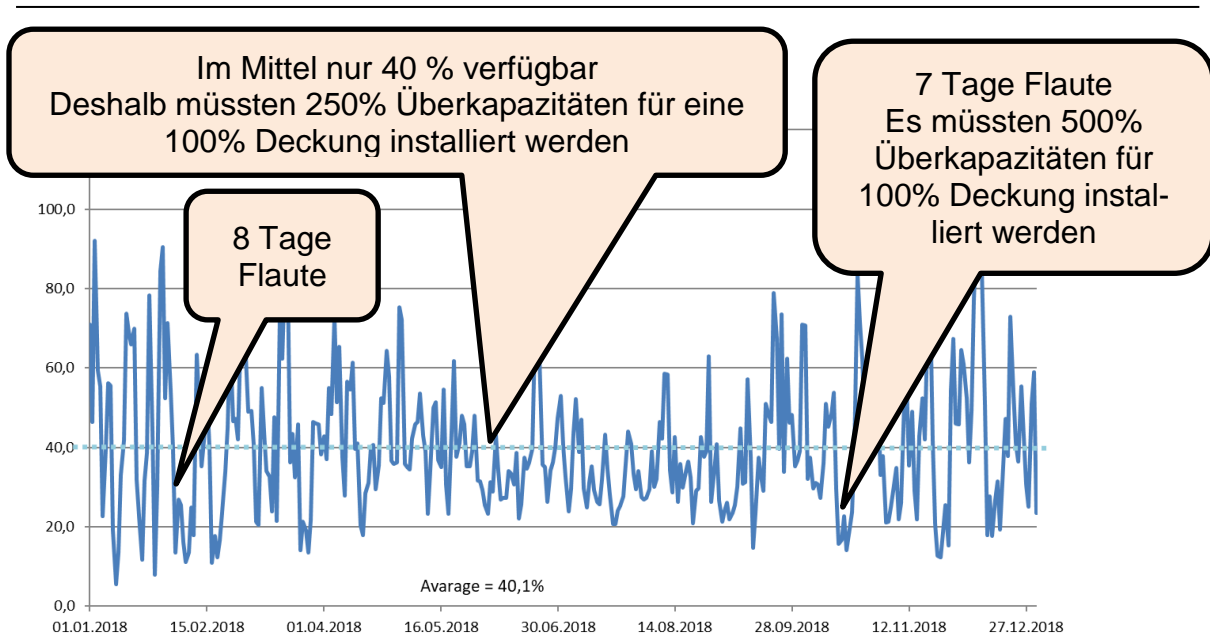


Abbildung 10: Normiertes Wind- und Sonnenenergie-Angebot in Deutschland

In Abbildung 11 ist das normierte Wind- und Sonnenenergieangebot für ganz Deutschland auf der Basis von 15 Minuten Werten dargestellt. Darin sind auch die Tag- und Nachtunterschiede enthalten. Damit wird die Situation in Bezug auf die Dynamik und Fluktuation der erneuerbaren Wind- und Solarstromes noch angespannter. Das meteorologische und zeitliche (= Tag/ Nacht) Energieangebot reduziert sich in manchen Zeiträumen auf weniger als 5%. Zur Realisierung müssten riesige Überkapazitäten installiert werden.

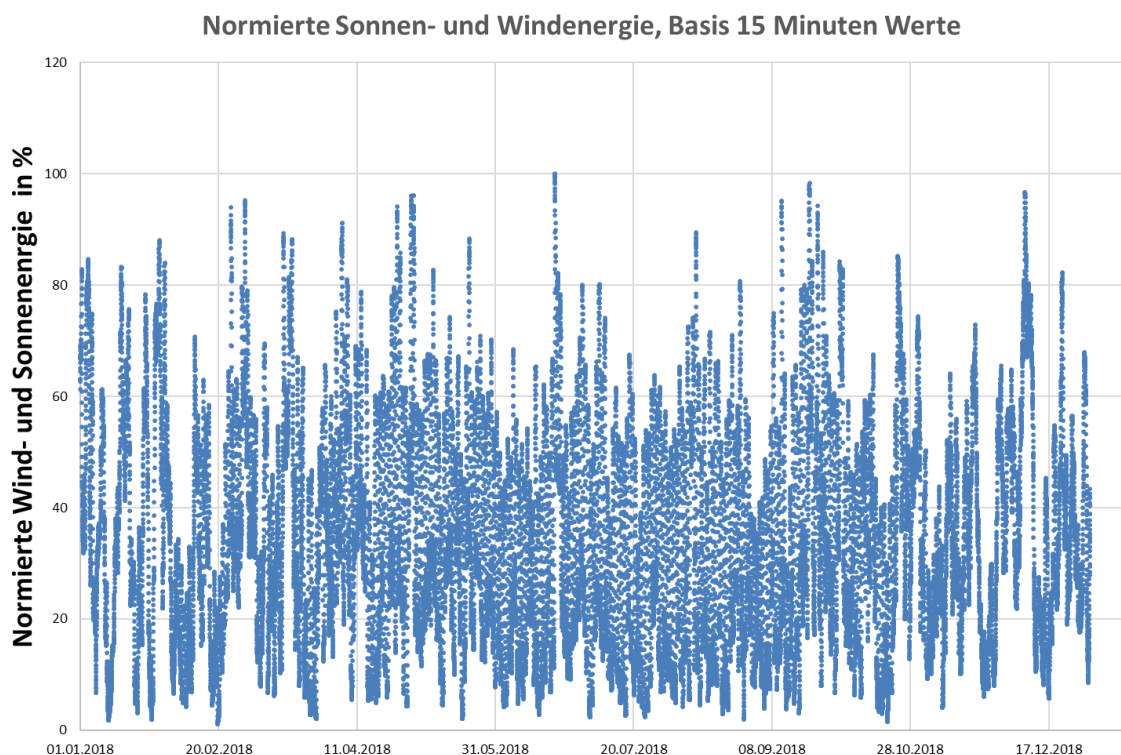


Abbildung 11: Normiertes Wind- und Sonnenenergie-Angebot in Deutschland, Basis 15 Minuten Werten

Es macht aber keinen Sinn, solch große Überkapazitäten zu installieren.

Das bedeutet,

- dass man einen Stromspeicher benötigt,
- dass man Strom - Überschüsse in chemisch gebundenen Energieträgern speichern muss,
- dass man Kohlenstoff recyceln muss und über Power to X (PtX) in chemisch gebundene Energieträger wandeln muss.

Das bedeutet:

Es kann in Deutschland keine Energiewende ohne PtX geben !

Dabei bietet es sich an, das vorhandene Erdgasnetz als Pufferspeicher für das synthetisch hergestellte eMethan (CH_4) zu nutzen. In diesem Netz lassen sich auch begrenzte Mengen Wasserstoff, eH_2 , speichern, wodurch das eMethan verdünnt wird. Laut der FVV Kraftstoffstudie³ ist eMethan der am kostengünstigsten und effizientesten herstellbare kohlenstoffhaltige Energieträger.

eMethan bietet alle Vorteile, von einer kostengünstigen und effizienten Herstellung, von vorhandenen Pufferspeichern und einer vorhandenen Infrastruktur bis hin zu vorhandenen Anwendungen.

eMethan ist deutschlandweit, europaweit und weltweit der Schlüssel und Türöffner für die Energiewende der Zukunft.

³ FVV Studie: Defossilisierung des Transportsektors, Ulrich Kramer et al, 2018

Zusammenfassung

- Strom aus Wind- und Sonnenenergie hatten im Jahre 2018 mit 150 TWh einen Anteil von 27,8% an der Gesamtstromproduktion und 29,5% am Gesamtstromverbrauch in Deutschland
- Wind- und Sonnenkraft werden in der Zukunft die wesentlichen Lieferanten von erneuerbarer Energie sein. Leider ist ihre Verfügbarkeit aufgrund der Wetterbedingungen und der Tageszeit sehr wechselhaft.
- Die Sonnenenergie ändert ihren Beitrag im Tagesverlauf von 0 % auf max. 100 %. Das Verhältnis zwischen einem sehr schönen Tag und einem sehr schlechten Tag beträgt 1:32.
- Durch die Normierung der erzeugten Wind- und Sonnenenergie auf den Tag mit maximaler Erzeugung werden die zeitlichen und wetterbedingten Randbedingungen in Deutschland sichtbar. Dabei wird deutlich, dass nur 40% der installierten Wind- und Solarenergie nutzbar sind.
- Zur Bereitstellung von 100% der Gesamtstrommenge in Deutschland mit Wind- und Sonnenstrom wären 250 % Überkapazitäten notwendig.
- Zur Bereitstellung von 100 % der Gesamtstrommenge in Deutschland mit Wind- und Sonnenstrom an Tagen mit einer Windflaute wären 500 % Überkapazitäten notwendig.
- Um die Überkapazitäten zu vermeiden, müssen Stromspeicher auf Basis chemisch gebundener Energieträger und recyceltem Kohlenstoff herangezogen werden.
- **Es wird in Deutschland nur eine Energiewende mit PtX geben können.**
- Der kostengünstigste und effizienteste Energieträger ist eMethan.
- Mit eMethan lassen sich das bestehende Gasnetz, Gasspeicher und Gasanwendungen weiterverwenden.