

Woher kommt der Strom? Vom Schönrechnen



von Rüdiger Stobbe

Die [44. Woche](#) war zu Beginn und zum Ende windstark. Dazwischen gab es knapp 4 Tage Flaute. An zwei dieser Tage erzeugten die Kraftwerke der Erneuerbaren so wenig Strom, dass nicht mal eine Verfünffachung der installierten Leistung Wind- und Sonnenkraftwerke rechnerisch ausgereicht hätte, um den Bedarf Deutschlands zu decken. Am 29.10.2019 hätten trotz dieser exorbitanten theoretischen Mehrleistung 0,29 TWh Strom gefehlt. Da hätte sogar nicht mal eine volle Speicherfüllung des angedachten [Großspeichers „Hambacher Loch“](#) ausgereicht, um die Lücke auszufüllen. Am 30.10.2019 fehlten 0,22 TWh. Da hätte der Großspeicher zumindest rechnerisch gereicht. Der war aber nun mal leer. Wegen des Vortags. Dieses Beispiel aus dem echten Leben zeigt, was starke Schwankungen, was hohe Volatilität im Bereich erneuerbar erzeugter Strom bedeutet. Zu den [Im-/Exportwerten](#) mehr in den Tagesanalysen. Wie immer hier die [Tabelle](#) mit den Detailzahlen der [Energy-Charts](#) und der daraus generierte [Chart](#).

Die Tagesanalysen

[Sonntag, 27.10.2019](#): Anteil Erneuerbare an der Gesamtstromerzeugung **62,41 Prozent**

Der [Sonntag](#) ist windstark. Der Abschwung ist allerdings bereits erkennbar. Wohl auch für die konventionellen Stromerzeuger. Die fahren zum Montag die Stromerzeugung hoch. Heute wird der überschüssige – konventionelle – Strom nahezu komplett [exportiert](#). Um 1:00 Uhr wird richtig Geld mitgegeben.

[Montag, 28.10.2019](#): Anteil Erneuerbare an der Gesamtstromerzeugung **35,06 Prozent**

[Bereits um 10:00 Uhr](#) beträgt die Windstromerzeugung nur noch 5,89 GW. 24 Stunden vorher war es fast der vierfache Wert. Gut 3 Tage wird die Flaute andauern. Weil die konventionellen Stromerzeuger den Rückgang der Windstromerzeugung gut ausgleichen, wird weiter Strom [exportiert](#). Zu meist [auskömmlichen Preisen](#).

[Dienstag, 29.10.2019](#): Anteil Erneuerbare an der Gesamtstromerzeugung **25,17 Prozent**

Zur **Tagesmitte** nimmt die Windstromerzeugung nochmals ab. Nur noch gut 3 GW werden um 12:00 Uhr erzeugt. Zu Glück gleicht Sonnenstrom das Manko etwas aus. Dennoch: Wind-/Sonnenstrom mal 5 plus Strom aus Biomasse/Wasserkraft würden nicht ausreichen, um den Bedarf Deutschlands an diesem Dienstag zu decken. Es fehlen über den Tag unter dem Strich 0,29 TWh erneuerbar erzeugter Strom. Aber: Die konventionellen Stromerzeuger sind gut vorbereitet. **Exporte zu auskömmlichen Preisen sind auch heute wieder möglich.**

Mittwoch, 30.10.2019: Anteil Erneuerbare an der Gesamtstromerzeugung **26,17 Prozent**

Die **einzigste Versorgungslücke dieser Woche** gab es heute von 16:00 bis 18:00 Uhr. Der Bedarf stieg verstärkt an. Grund: Früherer Feierabend und Vorbereitung auf den bevorstehenden Fußballabend? Ich weiß es nicht. Knapp 3 GWh Strom mussten **importiert** werden. Ansonsten alles im grünen Bereich.

Donnerstag, 31.10.2019: Anteil Erneuerbare an Gesamtstromerzeugung **31,97 Prozent**

Am **Nachmittag** zieht die **Windstromerzeugung** an. Heute ist ein guter Tag für den bundesdeutschen Stromkunden. Die konventionellen Stromerzeuger haben die Lage im Griff. Heute werden Gewinne eingefahren. Jedenfalls interpretiere ich den **Im-/Exportchart** so. Sollte es jemand anders sehen, bitte ich um Rückmeldung.

Freitag, 1.11.2019: Anteil Erneuerbare an der Gesamtstromerzeugung **47,01 Prozent**

Die **Windstromerzeugung** steigt weiter recht kontinuierlich an. Die konventionellen Stromerzeuger schaffen es, das Gleichgewicht zwischen Erneuerbaren, Bedarf und eigener Stromerzeugung zu wahren. Wäre jeder Energiewendetag so wie heute ... Der Im-, Exportchart ist recht volatil. Es ist Bewegung im Markt. Die **Preise für den Exportstrom** sind nicht mehr so hoch wie an den Vortagen. Die Stromversorgung Deutschlands aber ist gesichert.

Samstag, 2.11.2019: Anteil Erneuerbare an der Gesamtstromerzeugung **61,19 Prozent**

Das Wochenende beginnt. Die **Windstromerzeugung** liegt auf dem Niveau Wochenanfang. Es ist, obwohl konventionelle Stromerzeugung heruntergefahren bzw. auf Reserve gestellt wurde, zu viel Strom im Markt. Es werden **nicht einmal 40 € pro MWh** erzielt.

Der Vorteil von Strom

Eines der Hauptprobleme für das Verständnis, ob eine Energiewende in Richtung nahezu CO₂-freier Energiegewinnung (2030 = 65 Prozent, 2050 = 95 Prozent weniger CO₂-Ausstoß als 1990. Aber Prozent wovon?) gelingen kann oder nicht, liegt in den ungeheuren Mengen Energie und deren zahlenmäßige Erfassung. Die allermeisten Menschen haben nicht mal eine annähernde Vorstellung davon, wie viel Energie **eine, hundert oder gar tausend Terawattstunden Strom** bedeuten. Wobei Strom ein sogenannter sekundärer

Energieträger ist. Er wird aus Primärenergieträgern (aus Kohle, Kernkraft, Windkraft, Biomasse usw.) gewonnen.

Strom hat den Vorteil, dass er im Moment der Nutzung – von etwas Wärme- und leichter Geräusentwicklung abgesehen – praktisch emissionsfrei ist. Nahezu CO₂-frei insgesamt ist er jedoch nur, wenn er von erneuerbaren Energieträgern (Wind, Sonne, Wasserkraft, Biomasse) erzeugt wurde. Wobei insbesondere bei Wind- und Sonnenkraftanlagen der CO₂-Ausstoß unterschlagen wird, der für die Herstellung, die Installation, die Wartung der Anlagen und schließlich für den Rückbau, das Recyceln anfällt.

Wenn sich da das Verhältnis im Ergebnis so darstellt wie der CO₂-Ausstoß eines modernen Dieselfahrzeugs zu einem reinem E-Mobil vergleichbarer Größenordnung, stünde der zu bewerkstelligende Gesamtaufwand in keinem vernünftigen Verhältnis zum Gewinn, sprich zur CO₂-Ersparnis. [Abbildung 1](#) belegt (Bitte unbedingt anklicken, es erscheinen wie immer alle weiteren Abbildungen zum Beitrag), dass die CO₂-Ersparnis eines E-Autos erst spät (nach 100.000 Kilometern Laufleistung) anfängt und sich dann auch noch insgesamt sehr in Grenzen hält (17 Prozent gegenüber einem modernen Diesel-PKW).

Wissenschaftler nicht vor Fehleinschätzungen gefeit

Dass bei den Größenordnungen auch Wissenschaftler nicht vor Fehleinschätzungen gefeit sind, belegt eine Studie des Forschungszentrum Jülich (Zusammenfassung der Studie siehe [Abbildung 2](#)), die es sich zum Ziel gesetzt hat, die *Transformationspfade* aufzuzeigen, berechenbar zu machen, die für eine 80- beziehungsweise 95-prozentige CO₂-Freiheit bis 2050 bei der Energienutzung nötig sowie technisch/ökonomisch mach- und brauchbar wären. Die Energiewendeforscher des Forschungszentrums (FZ) Jülich: *Im SZENARIO 95 erreicht der Nettostromverbrauch in 2050 einen Wert von 1008 TWh, was einem Anstieg von über 80% gegenüber dem heutigen Stromverbrauch entspricht. Haupttreiber für diese Entwicklung sind vor allem der massive Einsatz von Wärmepumpen zur Raumwärmeerzeugung und der zunehmende Stromverbrauch in der Industrie. Ein weiterer Grund ist der zunehmende Stromeinsatz für die Elektrolyse, dessen Anteil am gesamten Stromverbrauch im SZENARIO 95 im Jahr 2050 ca. 26% beträgt* (Seite 25 der Zusammenfassung).

Reichen 1.008 Terawattstunden Strom im Jahr 2050? Um es kurz zu machen: Das reicht vorne und hinten nicht. Der Nettostrombedarf (öffentlicher Strom „aus der Steckdose“) lag 2018 bei 540 TWh ([Abbildung 3](#)), der Bruttostrombedarf (Nettostrombedarf plus Kraftwerkseigenbedarf plus Industrieeigenerzeugung) bei 649 TWh ([Abbildung 4](#)). Der gesamte Primärenergiebedarf lag 2018 bei 3.583 TWh ([Abbildung 5](#)). Laut Studie oben soll der Anteil der Biomasse/Biogas/Wasserkraft am Primärenergiebedarf von heute insgesamt etwa 10 Prozent auf sehr ambitionierte 25 Prozent steigen. Und das angeblich ohne eine Teller-Tank-Problematik. Was meint, dass keine potenziellen Lebensmittel (z.B. Weizen, Mais oder Raps) zur Herstellung von Kraftstoff usw. verwendet werden.

Nehmen wir aber mal an, das gelänge so. Es bleiben noch 75 Prozent Primärenergie, die vor allem mit Windkraftwerken (*Zusammenfassend ist*

festzustellen, dass in beiden Reduktionsszenarien die Stromerzeugung aus Windkraftwerken das Rückgrat der zukünftigen Stromversorgung ist. Zusammenfassung Studie, Seite 26) erzeugt werden müssten. Gehen wir davon aus, dass bis 2050 optimistische Energieeinsparungen durch Energieeffizienzmaßnahmen sowie weniger Bedarf in Höhe von 25 Prozent realisiert werden könnten, wären 50 Prozent des heutigen Primärenergiebedarfs erneuerbar zu ersetzen. Es fallen 6 Prozent Kernenergiestrom bis 2022 weg. Also müssen 56 Prozent Primärenergiebedarf zu 95 Prozent erneuerbar dargestellt werden. Davon werden durch Wind- und Sonnenkraft bereits knapp 5 Prozent realisiert (Abbildung 6). Bleiben 51 Prozent von 3.583 TWh gleich 1.827 TWh. Davon 95 Prozent macht 1.736 TWh.

Wie man da mit einer Steigerung der Stromerzeugung von 649 TWh brutto auf 1.008 TWh bis 2050 hinkommen will, bleibt das Geheimnis der Forscher. Der Strommehrbedarf der Industrie ist ausdrücklich in den Wert 1.008 TWh eingeschlossen. Genau dieser Wert wird denn auch z.B. von der *Deutschen Presseagentur* medial kommuniziert (Abbildung 7). Dabei sind die 1.008 Terawattstunden Strom, die komplett erneuerbar erzeugt werden müssten, nicht geeignet, um das 95 Prozent-Ziel auch nur annähernd zu erreichen. Da wird zwar von *Energieimporten* und von *Wasserstoff (-importen)* sowie von *Power to X (PtX)* und als letztes Regulativ von *Einsparungen* gesprochen.

Dennoch, allein um Wasserstoff erneuerbar herzustellen, ist Strom für die Elektrolyse vonnöten. Etwa die 4-fache Menge erneuerbar erzeugten Stroms wird benötigt, um eine Einheit Strom, z.B. für Brennstoffzellenautos, aus Wasserstoff zu gewinnen (Abbildung 8). Beispiel: Es soll Wasserstoff mit einer nutzbaren Energie von einer Terawattstunde (TWh) erzeugt werden. Dafür werden 4 TWh Strom benötigt. 914 Windkraftanlagen (siehe unten) werden zur durchschnittlichen Erzeugung von 10 TWh Strom gebraucht. Macht für 4 TWh exakt 366 Anlagen à 5 MW Nennleistung (Abbildung 9) mit erheblichem Auf- und später Abbauaufwand (Abbildung 10).

Die Hälfte Strom wird unterschlagen

In der Übersichtsgrafik der Studie (Abbildung 11) wird nur die Hälfte an Strom, nämlich die Hälfte zur Herstellung von Wasserstoff, gebraucht. Dabei wird eben nicht berücksichtigt, dass der hochexplosive Wasserstoff so aufbereitet werden muss, dass er sicher transportiert und verfüllt werden kann, und dass er anschließend mittels Brennstoffzelle wieder in Strom gewandelt werden muss. Was den Wirkungsgrad eben nochmals halbiert, wie das Video in [Abbildung 8](#) belegt. Was zur Folge hat, dass zusätzlich zu den 1.008 TWh noch alleine zwecks eigener Erzeugung von Strom aus Wasserstoff 8.235 Windräder à 5 MW Nennleistung zu den weiter unten kalkulierten Windkraftanlagen für die 1.008 TWh hinzukämen. Selbstverständlich müsste der Strom, mit welchem der Wasserstoff im Ausland hergestellt wird, ebenfalls erneuerbar sein. Was weitere ... jetzt wird es spekulativ, denn da wird auch mit Wasser- und Kernkraft gearbeitet. Deshalb hier von mir keine Berechnung.

Nehmen wir mal an, die 1.008 Terawattstunden Strom wären für das 95 Prozent CO₂-Ziel im Jahr 2050 tatsächlich ausreichend. Alleine die Steigerung auf diese Menge Strom mit komplett erneuerbar erzeugtem Strom wäre bereits

eine Mammutaufgabe. Wobei praktisch nur die Windkraft bleibt. Biomasse haben wir bereits oben abgezogen. Photovoltaik hat einen noch geringeren Wirkungsgrad – die Hälfte – als Windkraft. 2018 wurden 222 TWh Strom (ohne biogenen Hausmüll) erneuerbar erzeugt. Es gab etwas Zuwachs. Also sagen wir, 2019 werden großzügig 235 TWh Strom erneuerbar erzeugt. Bis 2050 müssten demnach 773 TWh zusätzlich erneuerbar – vor allem durch Windkraft – erzeugt werden.

Über 100.000 Windkraftwerke bis 2050

Wie bereits [hier](#) gezeigt, sind 914 5-MW-Windkraftanlagen notwendig, um Jahres-durchschnittlich 10 TWh Strom zu erzeugen. Allein um die 1.008 TWh zu erreichen, müssten bis 2050 $77,3 \times 914$ gleich 70.653 stattliche 5 MW-Anlagen (3 MW WKA = 117.753) zusätzlich zu den bestehenden 30.000 Stück hergestellt (Stahl/Karbonfaser), installiert (Beton/Stahl), gewartet (Inspektionsfahrten usw.) und etwa 20 Jahre später wieder zurückgebaut, recycelt und erneuert werden. Jedes Jahr ab 2020 inklusive wären es 2.310 Windkraftanlagen, wobei die 2020 aufgestellten Windkraftanlagen im Jahr 2040 wieder abgebaut und ersetzt werden müssten. Selbstverständlich und ab sofort müssen die aktuell „abgeschriebenen“ Anlagen aus den Jahren 1999 und später ersetzt und recycelt werden. Was wohl enorme Probleme mit sich bringt, wenn man dem Umweltbundesamt ([Abbildung 12](#)) glauben darf.

Falsch bleibt falsch

Zur Studie lässt sich abschließend sagen: Da kann – auch mit der fehlerhaften Grundannahme: 1008 TWh mehr Strom reichen aus – rumgerechnet werden, da können *Transformationspfade* aufgezeigt, da kann *empfohlen* werden ([Abbildung 13](#)). Das wird nichts. Das kann nichts werden. Weil die Grundannahme, dass 1.008 Terawattstunden Strom aus Erneuerbaren im Jahr 2050 ausreichen würden, um 95 Prozent weniger CO₂ als 1990 in Deutschland auszustoßen, schlicht falsch ist. Schließlich wird Strom auch für die Erzeugung weiterer Energieträger – siehe Beispiel Wasserstoff oben – in großen Umfang benötigt. Wobei es vollkommen gleich ist, ob in Deutschland oder anderswo. Es ist meines Erachtens einfach nur billig, wenn Wissenschaftler überall da, wo es nicht passt, „Einsparungen“ (siehe Grafik [Abbildung 11](#) unten) ansetzen. Oder mit Strom-, Wasserstoffimporten kalkulieren, deren Verfügbarkeit mehr als zweifelhaft ist ([Abbildung 14](#)). Mit solch einer Methodik kann ich alles und jedes beweisen.

Die Rechnung geht nicht auf, es sei denn ...

Es sei denn, man – Politik, Medien, Zivilgesellschaft – nähme eine weitgehende Deindustrialisierung und Verarmung Deutschlands in Kauf. Es gibt etliche Länder mit sehr geringem CO₂-Ausstoß. Beispielfhaft seien der Tschad, Mali, Kenia und der Sudan zu nennen. Die interaktive CO₂-Karte der KfW ist sehr aussagekräftig und kann weiter unter aufgerufen werden. Ich wage allerdings zu bezweifeln, dass die FfF-Kinder und Jugendlichen, die XR-Panikmacher und andere Klima-/Weltenretter das Leben in diesen Ländern meinen, wenn sie von einer Rettung der Welt vor der Klimakatastrophe sprechen. Für diese Länder ist die Welt noch nicht mal aufgegangen. Zumindest

nicht wirtschaftlich. In diesen Ländern leben große Teile der über 800.000.000 Menschen auf der Erde, die massiv und täglich Hunger haben. Diese Menschen interessiert kein Klimawandel, die kämpfen um Trinkwasser, um das tägliche Brot, sprich den Maisbrei oder ähnliches. Diese Menschen kämpfen um das Überleben. Ihr eigenes und das ihrer Kinder.

Ordnen Sie Deutschlands CO₂-Ausstoß in den Weltmaßstab ein. Sehen Sie, wie viel CO₂ der Tschad, Mali, Kenia oder der Sudan ausstoßen. Pro Kopf, als Land. Sind z.B. diese Staaten Vorbild für CO₂-freies Leben? Zum interaktiven CO₂-Rechner: [Hier klicken](#).

Zum Schluss noch einige weitere interessante Hinweise. So möchte ich auf ein Video verweisen, welches unter [Abbildung Nachklapp](#) aufgerufen werden kann. Sie sehen den Ausschnitt (6:55 Minuten) einer eineinhalb Stunden dauernden, sehr empfehlenswerten Naturdokumentation über den Schwarzwald, welche Harold Woetzel für den SWR erstellt hat. Behandelt werden in diesem Ausschnitt die Probleme, die sich aus den Windparksanlagen im Südschwarzwald ergeben. Auf der Achse wurde [vergangene Woche](#) darüber berichtet.

[Abbildung 15](#) enthält brandaktuelle Informationen zur Machbarkeit und Ausbaulage von E-Mobil-Ladesäulen. Gutgedankliche Zivilgesellschaft und die – noch – zahlungskräftige Politik können schnell etwas beschließen. Ob das dann technisch so ohne Weiteres auch umsetzbar ist, wird nicht geprüft. [Abbildung 16](#) befasst sich mit dem Quasi-Zusammenbruch der Windkraftwerksindustrie. Das Thema ist bereits im Mainstream angekommen. Es kann nicht mehr verschwiegen werden, dass diese Industrie – bald womöglich auch die Autoindustrie? – ohne Subventionen nicht überlebensfähig ist.

Noch Fragen? Ergänzungen? Fehler entdeckt? Bitte Leserpost schreiben! Oder direkt an mich persönlich: stromwoher@mediagnose.de

Alle Berechnungen und Schätzungen durch Rüdiger Stobbe nach bestem Wissen und Gewissen, aber ohne Gewähr.

Die bisherigen Artikel der Kolumne Woher kommt der Strom? mit jeweils einer kurzen Inhaltserläuterung finden Sie [hier](#).

[Rüdiger Stobbe](#) betreibt seit über drei Jahren den Politikblog www.mediagnose.de.

Zuerst erschienen bei der [Achse des Guten](#), mit freundlicher Genehmigung.