

STABILE VERSORGUNG MIT 100% GRÜNEM STROM?

TEIL 1: ETAPPE 2018 GESCHAFFT - ÜBER 40 PROZENT EE-STROM

Der Umbau unseres Energiesystems im Stromsektor schreitet voran. Wo die politischen Medien noch bei der Besetzung des Wäldchens bei Hambach, der Verkündung der Ergebnisse der Kohlekommission oder der Veröffentlichung eines neuen IPCC-Sonderberichts mit einer ausführlichen Berichterstattung in die Diskussion einstiegen, wird über die Jahresbilanz in der Stromerzeugung immer nur sehr kurz berichtet und wenig Raum spendiert, den Weg weiter zu denken. Dabei soll sich doch alles in Richtung einer strombasierten Energieversorgung bewegen?

Wie sah es also in 2018 aus? Es zeugt von Mut der Politik, eine möglichst hohe Transparenz¹⁾ in unserem Stromverbrauch zuzulassen, so dass letztendlich auch unabhängige Experten und Beobachter mit den zur Verfügung gestellten Daten Analysen vornehmen und Interpretationen formulieren können. Nicht nur etwas über Erzeugung und Verbrauch, sondern auch über Qualität zu erfahren, ist ein wenig aufwändiger. Die meisten Quellen sind aber vergleichsweise einfach öffentlich zugänglich.

In 2018 wurden aus dem öffentlichen Stromnetz 508 TWh Strom verbraucht, hinzu muss man noch den in Industrieanlagen von Privatunternehmen selbst erzeugten und verbrauchten Strom rechnen, seit 2000 ist diese Menge ungefähr konstant und liegt jährlich bei etwa 50 TWh²⁾, so dass in Summe etwa 560 TWh in Deutschland netto von Endabnehmern - exklusive des Eigenverbrauchs der Großkraftwerke - verbraucht werden. Erzeugt wird deutlich mehr, ein Teil verbraucht das Transportnetz, gut 30 TWh benötigen die Kraftwerke selbst und ein (größerer) Teil wird innerhalb des europäischen Stromverbands exportiert.

Betrachten wir im Folgenden nur den Strom der öffentlichen Stromversorgung (508 TWh). Bild 1 zeigt den Tagesverbrauch jedes der 365 Tage im Jahr 2018. Deutlich zu sehen ist der Wochenrhythmus mit einem Minimum am Wochenende, täglich werden an manchen Sonntagen zwischen etwa 1,1 TWh und an manchen Spitzen-Winterwerktagen 1,7 TWh

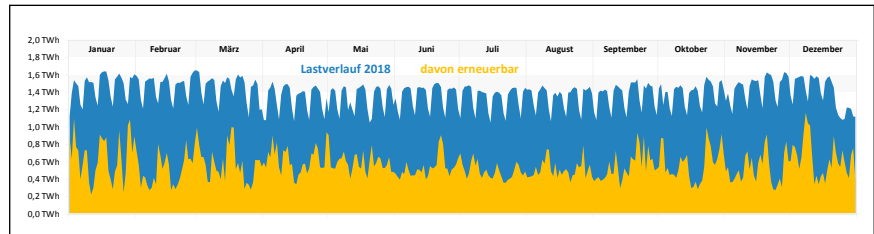


Bild 1: Verlauf des täglichen Stromverbrauchs¹⁾ in 2018, der aus öffentlichen Netzen bezieht wurde, sowie die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in 2018.

benötigt. Im Sommer sinkt der tägliche Verbrauch tendenziell, über Weihnachten ist alles allgemein ein wenig ruhiger.

Dieser Stromverbrauch wird im Prinzip durch drei Arten von Energiewandlern gedeckt: Zum einen natürlich von den konventionellen (Groß-) Kraftwerken mit Braunkohle, Steinkohle, Erdgas und Uran als Energieträger. Bei den erneuerbaren Energieträgern (EE) könnte man zwischen den relativ konstant laufenden Wasser- und Biomassekraftwerken und den zwar „plan“- , aber nicht steuerbaren regenerativen Anlagen (Windenergie, Photovoltaik) unterscheiden. In der Summe haben 2018 alle regenerativ arbeitenden Ener-

gieerzeuger 206 TWh eingespeist, das sind 40,6 % des aus dem öffentlichen Netz bezogenen Stroms, also so etwas wie eine EE-Quote des Nettoverbrauchs (ohne den industriellen Eigenverbrauch). Bilanzen sind aber eine Wissenschaft für sich, weil auch noch Erzeugungs-, Netz- und Speicherverluste zu berücksichtigen sind.

Wie man in der Kurve für die EE-Summe sieht, schwanken die täglich erzeugten regenerativen Strommengen ganz erheblich. Die täglichen Schwankungen im Winter sind dabei höher sind als im Sommer, die Sonne scheint doch recht regelmäßig aufs ganze Land, der Wind

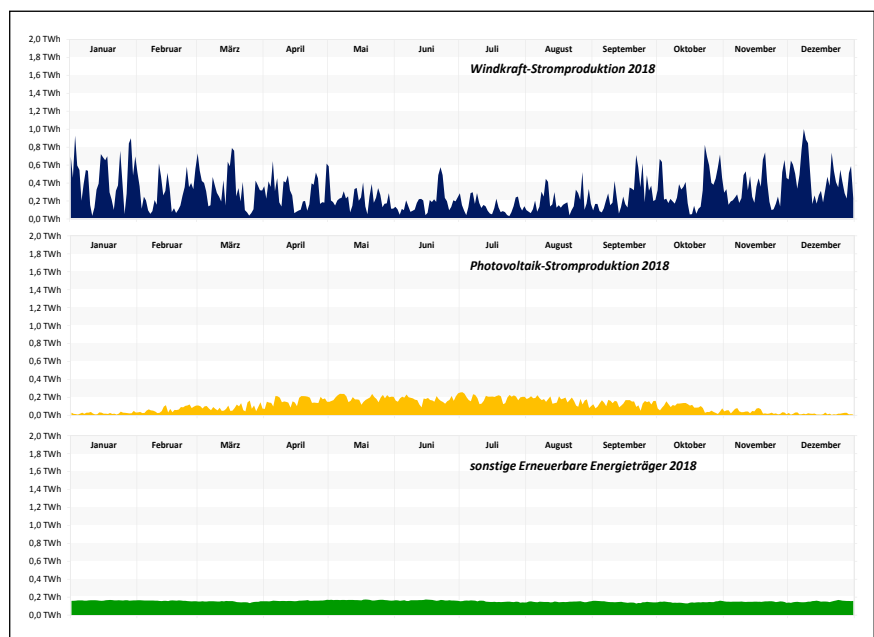


Bild 2: Darstellung der regenerativ erzeugten Strommengen¹⁾ von (von oben nach unten) Windkraft-, Photovoltaik- und sonstigen EE-Anlagen (vor allem Wasserkraft und Biomasse).

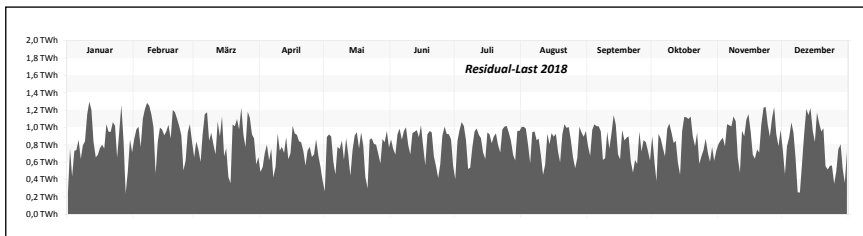


Bild 3: Darstellung der residualen Last, die sich durch Differenzbildung von Verbrauch und den erzeugten Strommengen aus Erneuerbaren Energien ergibt.

hat auch schon mal ein paar Tage Ruhe. Es gab aber 2018 keinen Tag, an dem nicht mindestens 0,2 TWh (= 0,2 Milliarden kWh) regenerativ erzeugt worden sind, wobei im Mittel immer wenigstens 0,16 TWh durch Wasserkraft und Biomassekonversion bereitgestellt wurden.

Es lohnt ein Blick auf die drei Gruppen der Erneuerbaren Energien, von denen sich zwei, nämlich Windkraft und Photovoltaik, noch beträchtlich ausbauen ließen, wogegen die konstanteren Wasser- und Bioenergieanteile mehr oder weniger das Ende ihrer Fahnenstange erreicht haben - allerdings sind sie für die Speicherdiskussion durchaus wichtig, wie wir später sehen werden.

Eine gewisse Komplementarität zwischen Sonnenstrom und Windstrom ist erkennbar (siehe Bild 2): stärkere Winde in den Wintermonaten gegenüber dem stärkeren Sonnenschein in den Sommermonaten ergänzen sich derart, dass beide Erzeugungsarten ihren Beitrag zur Energiewende bei Strom leisten können. Wenn man sich die Details der Windenergie-Stromerzeugung in Bezug auf Onshore- und Offshore-Anlagen anschaut,

wird klar, dass es zwar bei beiden zu großen Schwankungen in der Erzeugung kommt, dass aber die Schwankungen im Offshore-Bereich nur etwa halb so hohe Ausschläge haben wie bei Onshore-Anlagen, wenn man modellhaft auf gleiche Jahresmengen skaliert. Die Auslastung der Anlagen vor den Küsten ist einfach besser.

Es ist klar, dass die erneuerbaren Strommengen in der Summe noch nicht jeden Tag ausreichen, so dass der Rest (die sogenannte residuale Last, siehe Bild 3) mit konventionellen Kraftwerken beizusteuern ist. Wenn die Kernkraftwerke ab 2022 und letztendlich auch die Kohlekraftwerke bis spätestens 2038 komplett abgeschaltet werden, muss man sich was überlegen.

Dass auch die konventionell eingespeisten Strommengen für die Deckung der Last erhebliche Schwankungen aufweisen, liegt natürlich nicht an ihrer Natur, sondern vor allem an den fluktuierenden Mengen der erneuerbaren Energieträger, insbesondere bei der Windenergie. Die konventionellen Kraftwerke, primär Gas- und Steinkohlekraftwerke, werden

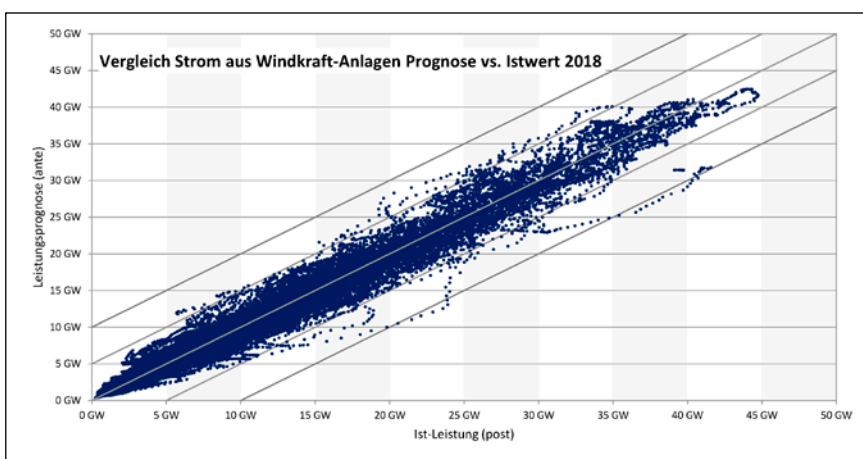


Bild 4: Gegenüberstellung der Windstrom-Prognose zum Hochrechnungs-Istwert in Deutschland in 2018 (Viertelstundenwerte). Wären Prognose und späterer Istwert gleich groß, würde der entsprechende Punkt auf der Winkelhalbierenden liegen. Punkte oberhalb dieser Linie bedeuten, dass für die entsprechende Viertelstunde mehr Strom erwartet worden war, als dann realisiert wurde - der Wind blies also in der jeweiligen Viertelstunde schwächer. Analog für Punkte unterhalb der mittleren Linie: es kam mehr, als erwartet. In beiden Fällen muss eine Regelung andere Energieerzeuger einbinden, um die Differenz auszugleichen. Für einige Tage stehen keine Prognosewerte zur Verfügung, die entsprechenden Punkte liegen alle unten auf der x-Achse. Die gesamte installierte Leistung von Windkraftanlagen betrug Ende 2018 53,1 GW bei Onshore-Anlagen und 6,4 GW bei Offshore-Anlagen.

soweit möglich so gefahren, dass sie die fehlenden Strommengen beisteuern. Lastschwankungen sind für Grundlastkraftwerke (Kernenergie, Braunkohle) so was wie Gift³⁾, daher werden überschüssige Strommengen gerne preiswert exportiert, weil es billiger ist, auf Erlöse zu verzichten, als die Kosten des Runter- und Hochfahrens zu tragen.

Planbarkeit von Sonne und Wind?

Wie ist es mit der Planbarkeit? Prof. Burger vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme wertet dies seit einigen Jahren bemerkenswert systematisch aus⁴⁾, und man kann sich zwar nicht entspannen, wenn man die Ergebnisse studiert, Magenschmerzen müssen die erneuerbaren Energieträger aber auch nicht verursachen.

Planbarkeit hat ja mehrere Facetten:

1. Lassen sich die morgen zu erzeugenden Mengen planen, d.h. steuern?
2. Lässt sich mit den morgen zu erwartenden erzeugten Mengen planen?

Wenn alles im grünen Bereich ist, erhält man am nächsten Tag genauso viel Leistung wie „geplant“. Aber „grün“ in diesem Sinne ist noch nicht mal die Kernenergie. Auch hier sind stündliche unvorhergesehene Abweichungen von mehr als 2 GW festzustellen - es muss also Regelenergie (oder -leistung) kurzfristig zu- oder abgeschaltet werden, ein normaler Vorgang beim Betrieb eines Stromnetzes.

Bilder 4 und 5 stellen die Trefferquoten von Planung/Prognose (y-Achse) und Realität (x-Achse) für die Energieträger Wind und Sonne dar. In der Winkelhalbierenden ist alles Grün, Abweichungen davon erfordern Regelenergieeinsatz.

Bei der Interpretation der Daten muss natürlich beachtet werden, dass z.B. ein ungeplanter Ausfall von Windenergie einen ungeplanten Einsatz von anderen Kraftwerken erforderlich macht, vor allem mit Erdgas und Steinkohle betriebene, um den Verbrauch zu decken. Die zeitlich schnelle Modulationsfähigkeit⁴⁾ von Kern- und Braunkohlekraftwerken hält sich dagegen in Grenzen. Durch Wind und Photovoltaik ist daher keine wirklich grundsätzlich neue Kompetenz im Netzbetrieb nötig, man muss aber öfters eingreifen, auch aufgrund der geographisch viel weiter verteilten Anlagen als bei sieben Kernkraftwerksstandorten. Das darf nicht verschwiegen werden, weil es Geld kostet und letztendlich von den Stromverbrauchern zu tragen ist. Aber was ist schon umsonst (im Gegensatz zu CO₂-Emissionen im Verkehr und beim

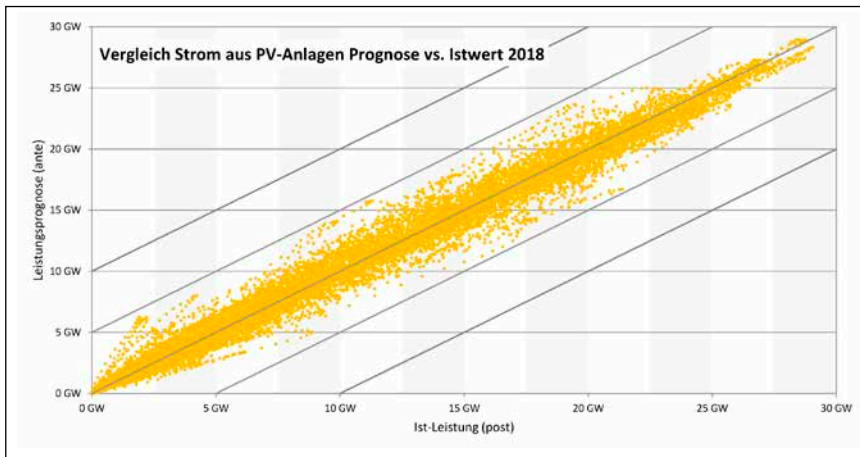


Bild 5: Gegenüberstellung der Photovoltaik-Prognose zum Hochrechnungs-Istwert in Deutschland in 2018 (Viertelstundenwerte). Ende 2018 gab es ca. 45,3 GW photovoltaischer Peak-Leistung in Deutschland. Für die anderen Energieträger Uran, Braun-, Steinkohle und Erdgas können ähnliche Darstellungen unter www.energy-charts.de/scatter_de.htm eingesehen werden.

Heizen!)? Ob die Höhe der Regel-Leistung bei nötigen Eingriffen mit dem weiteren Ausbau von Windenergie und Photovoltaik steigen wird, ist etwas unklar. Bei einem großen Ensemble von Anlagen sind natürlich Mittelungseffekte ausgleichend wirksam. Und die Präzision von lokalen Wettervorhersagen wird auch immer besser⁵⁾. Wir werden sehen, wie sich das weiter entwickelt.

Eine Strombilanz mit weiteren Details ist für 2018 noch nicht möglich, bislang liegen nur Daten für das Jahr 2015 vor (Bild 6).

Hier sind auch die durch Industriekraftwerke erzeugten Strommengen berücksichtigt. Ein kleiner Teil der regenerativ erzeugten Strommengen kann nicht in die Netze eingespeist werden, 2018 waren das - etwa wie in 2017 - mit 5,4 TWh zwar nur ein Prozent des Verbrauchs, diese Menge hätte aber zur Versorgung von ca. 2,3 Millionen Elektro-Pkws ausgereicht. Vor allem Windkraftanlagen werden abgeregelt⁶⁾, wenn die Mittel-

spannungsnetze zeitweise nicht in der Lage sind, die Strommengen aufzunehmen. Die Abregelung erfolgte vor allem in den norddeutschen Bundesländern (Schleswig-Holstein 52,9 %, Niedersachsen 28,1 %, Brandenburg 6,6 %).

Fragwürdige Stromexporte

Dann sind da noch die bisweilen irritierenden Stromexporte, die 2018 netto 51,1 TWh erreichten, wie der Netzbetreiber 50Hertz in seiner Bilanzpressekonferenz⁷⁾ im Januar 2019 mitteilte. Dort wurde übrigens auch festgestellt, dass die Erneuerbaren Energien für die Stabilität des Netzes derzeit (2018) kein Problem darstellten, wobei im 50Hertz-Netz der Anteil Erneuerbarer Energien (vor allem Windenergie) bereits bei 56,5 % lag. So etwas hören Kritiker des EE-Ausbaus und der Abschaltung von Kernreaktoren gar nicht gerne. Fakten helfen aber, Bodenhaftung zu bewahren.

Wie man an der Länderverteilung der Im- und Exporte sieht (Bild 7), kam zwar

ein gehöriger, wenn auch überschaubarer Nettoimport aus dem Kernenergieland Frankreich (8,3 TWh; teils Weiterleitung über die Niederlande nach Belgien), aber sowohl Polen (Kohlekraft), Tschechien (Kern-, Kohlekraft), Niederlande/Belgien (Kernkraft) und Schweiz (Kernkraft, auch Weiterleitung nach Italien) importieren netto aus Deutschland. Offensichtlich überzeugt die Preisgestaltung der deutschen Stromproduzenten, nicht immer zur Freude ihrer ausländischen Konkurrenz. Vermutlich können die deutschen Versorger dadurch ihre unflexiblen Großkraftwerke besser auslasten - naja, das wird sich mit Kernenergie- und Kohleausstieg erübrigen.

EE-Strom: stabil, zuverlässig?

Bevor wir zur Diskussion der Zukunft kommen, noch einige Gedanken zu Verfügbarkeit und Stabilität der Stromversorgung. Die Bundesnetzagentur überwacht die Netzverfügbarkeit⁸⁾ und veröffentlicht regelmäßig den SAIDI-Parameter (SAIDI = System Average Interruption Duration Index) des deutschen Stromnetzes. SAIDI ist die durchschnittliche Ausfalldauer je versorgtem Verbraucher. Hier malen ja alle Kritiker die Unzuverlässigkeit der erneuerbaren Energieträger an die Wand und warnen vor der Dunkelflaute. Deutschland ist allerdings immer noch auf einem Spitzenplatz der Zuverlässigkeit. 2017 betrug die mittlere Ausfalldauer pro Endabnehmer nur 15,14 Minuten, Dänemark mit einem noch höheren Anteil erneuerbarer Energieträger (Wind) liegt noch darunter. Also derzeit und seit 2006 fast konstante Entwarnung. Ein hoher, d.h. schlechter SAIDI-Wert hat mehr mit der Qualität der verlegten Leitungen und ihrer Beschädigung durch Pech, Unachtsamkeit⁹⁾ oder Stürmen als mit fluktuierenden Energieträgern zu tun.

Und die Stabilität? Destabilität macht sich in einer Verschiebung der Frequenz

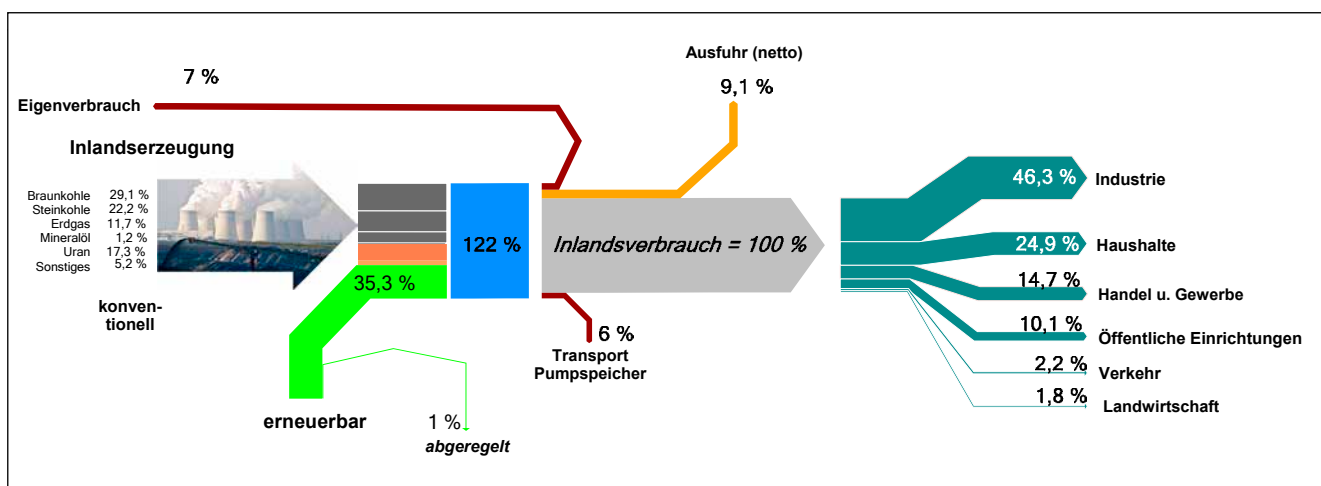


Bild 6: Strombilanz für Deutschland²⁾ im Jahr 2015. 100 % entsprechen 530 TWh (eigene Darstellung).

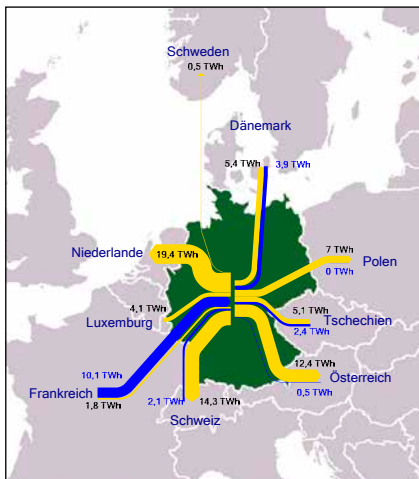


Bild 7: Stromimporte (blau) und -exporte (gelb) in 2018.

des Wechselstroms bemerkbar, empfindliche Industrie- und IT-Anlagen reagieren da schnell allergisch durch plötzliches Abschalten und lassen sich nur langwierig wieder hochfahren. Das wird laut vom Management stromintensiver Aluminiumwerke und anderer Industrieanlagen thematisiert und mit dem „zügigen“ Ausbau der erneuerbaren Stromgewinnung in Verbindung gebracht. Auch IHK-Vertreter¹⁰⁾ fallen in den Chor der Mahner gerne mit ein. Allerdings ergab eine recht neue Untersuchung des

Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation¹¹⁾, dass zu Fluktuationen sowohl der Stromhandel an der Börse wie auch erneuerbare Energieträger im Netz beitragen („...wurde nachgewiesen, dass mindestens in Europa der Stromhandel einen wesentlichen Beitrag zu den Schwankungen der Netzfrequenz liefert“). Die Analyse der jüngsten Fast-Blackouts (Dezember/Januar/Juni) kam zu ähnlicher Ursachenvermutung.

Anmerkungen zur befürchteten Dunkelflaute und wie es in Zukunft aussehen könnte in Teil 2.

Fußnoten

- 1) www.smarde.de/home
- 2) [www.bmwi.de/Redaktion/DE/ Artikel/Energie/energiedaten-gesamt ausgabe.html](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamt-ausgabe.html)
- 3) TAB-Hintergrundpapier »Lastfähigkeit deutscher Kernkraftwerke« ([www.tab-beim-bundestag.de/de/aktuelles/ 20170505.html](http://www.tab-beim-bundestag.de/de/aktuelles/20170505.html))
- 4) www.energy-charts.de/scatter_de.htm?source=solarAP&year=2018
- 5) www.dwd.de/DE/wetter/schon_gewusst/qualitaetvorhersage/qualitaetvorhersage_node.html
- 6) [www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungs-](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungs-sicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html)

sicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html

- 7) www.50hertz.com/de/News/Details/id/6007/neuer-rekord-erneuerbaren-anteil-am-stromverbrauch-bei-56-5-prozent
- 8) Bundesnetzagentur: Kennzahlen der Versorgungsunterbrechungen Strom. <https://www.bundesnetzagentur.de/SAIDI-Strom.html>
- 9) [www.tagesspiegel.de/berlin/black-out-in-koepenick-der-groesste-und-laengste-stromausfall-in-berlin-seit-jahrzehnten/ 24019418.html](http://www.tagesspiegel.de/berlin/black-out-in-koepenick-der-groesste-und-laengste-stromausfall-in-berlin-seit-jahrzehnten/24019418.html)
- 10) www.dihk.de/ressourcen/downloads/ihk-energiewende-barometer-2018
- 11) www.ds.mpg.de/3175148/180108-pm-netzwerke

ZUM AUTOR:

► Uwe Dankert
Geschäftsführer von udEEE Consulting GmbH, Haar bei München
uwe.dankert@udeee.de



IHR PLUS AN ERFAHRUNG.

Individuelle Beratung und umfassende Absicherung für Ihre Photovoltaikanlagen.

R+V-Privatkundenbetreuer Kevin Blohm berät Frau Starck-Bähr bei der Absicherung ihrer Photovoltaikanlage.

Weitere Informationen erhalten Sie unter 0611 533 98751 oder auf www.kompetenzzentrumEE.de