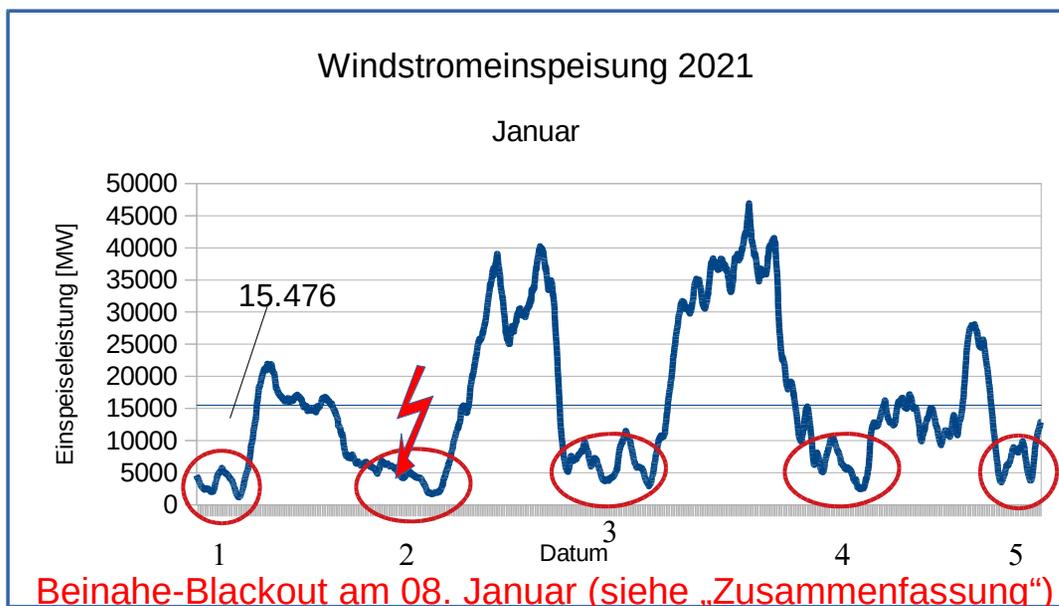


Windflauten und die Folgen 2021



(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

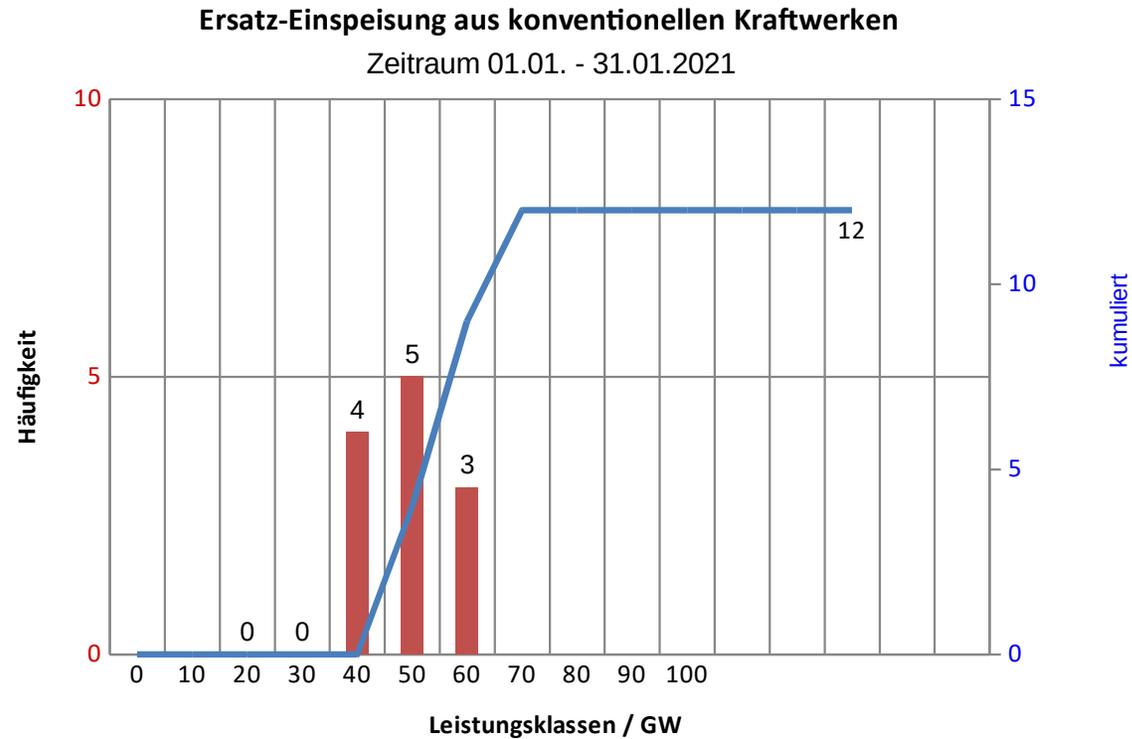
Bereiche	Schwachwind-Datum	Gesamtdauer Std.	Dunkel-Anteil Std.
1	01.01.21 13:00	20,75	10,75
	02.01.21 13:30	19,5	10,50
2	07.01.21 15:15	1	1,00
	08.01.21 14:00	11,75	4,50
	09.01.21 15:00	24	14,25
	10.01.21 00:00	3,75	3,75
3	15.01.21 23:59	3,75	3,75
	16.01.21 00:15	9,25	7,50
	17.01.21 14:45	8	1,25
4	25.01.21 08:15	14	7,50
5	30.01.21 13:15	5,5	
	31.01.21 14:45	4	
Anzahl		Summe	
5	12	125,25	64,75

Verlauf Januar 2021 mit 5 Schwachwindbereichen (Leistungen unter 5000 MW). Verhältnis Monatsdurchschnitte 2021/2020 = $15.476/21.445 = 0,722$.

Anschließende Folien, Inhalt:

- Folie 2: Statistisches Ergebnis (Ersatzeinspeisung)
- Folie 3: Gesamtjahres-Prognose
- Folie 4: Zusammenfassung
- Folie 5: Vorgehensweise
- Folie 6. Quellenverzeichnis

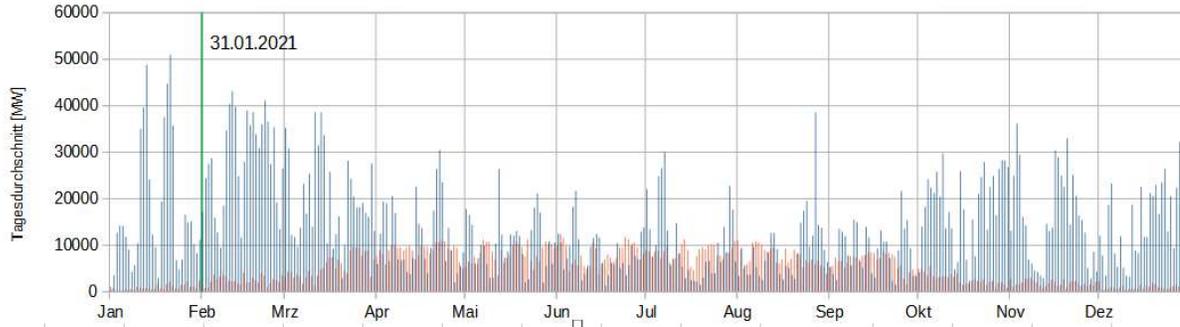
Windflauten und die Folgen 2021



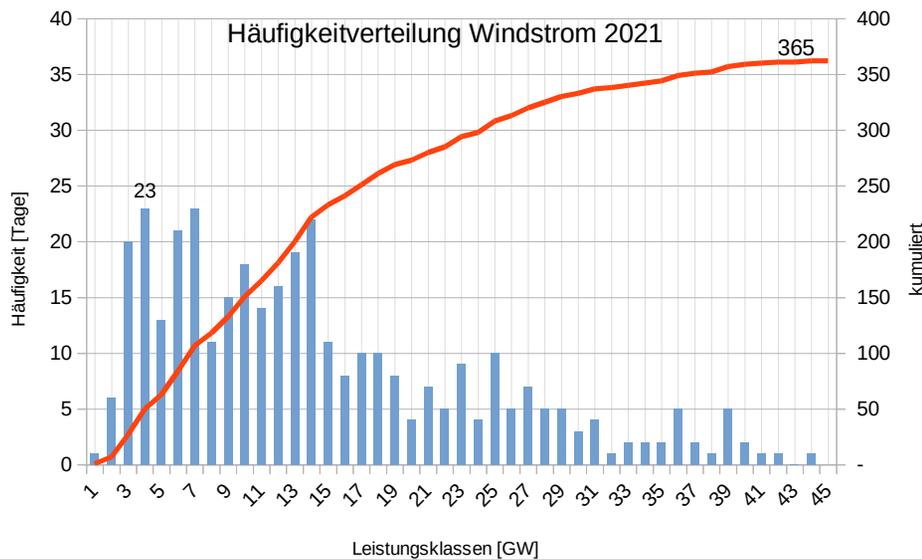
Statistisches Ergebnis von Jahresbeginn bis zum 31. Januar 2021. An 12 Tagen trat Windleistung unter 5 GW (= 8% der installierten Leistung) auf. Der jeweils am Minimum eines Schwachwindtages ermittelte Leistungsbedarf abzügl. Windstromeinspeisung und abzüglich aller sonstigen EE-Einspeisungen ergibt die geforderte Ersatzkapazität, aktuell zwischen > 30 bis ≤ 60 GW.

Windflauten und die Folgen 2021

Vergleich Wind- /Solareinspeisung 2021



Windstromeinspeisung und Vergleich mit Solar
(Quelle: Windjournal)



Histogramm Windstromeinspeisung
(Quelle: B. Zierenberg)

Oberes Diagramm: Jahresverlauf der Tagesdurchschnitte Wind (blau) + Solar (rot) für gesamtes Jahr 2020, überschrieben mit Verlauf 2021 bis Ausgabedatum der Präsentation. In anderen Studien wird gezeigt, dass zur vollständigen Verstetigung dieser Volatilität eine Speicherkapazität von 15 TWh benötigt wird [3], wobei ein vollkommen verlustloser Speicher unterstellt wird.

Unteres Diagramm: Die aus dem Jahresverlauf 2020 / 21 ermittelte Häufigkeitsverteilung, zeigt ein Übergewicht geringerer Leistungen, mit Maximum bei der Klasse 4 GW (Bereich $> 3 \dots \leq 4$ GW). **Die der Windstromeinspeisung zugrunde liegenden Gesetze der Physik und statistischen Mathematik lassen kein anderes Resultat erwarten! [4]**

Die im Laufe des Jahres 2021 getroffene Schwachwindprognose für das gesamte lfd. Jahr ist: an mindestens 63 Tagen wird die durchschnittliche tägliche Windstromeinspeisung weniger als 5 GW betragen (Summe der Häufigkeit der ersten 5 Balken). Aktueller Ist-Stand: 12 Tage (siehe Diagramm Folie 2)

Windflauten und die Folgen 2021

Zusammenfassung 2021 (Jahresbeginn bis Ausgabedatum der vorliegenden Präsentation)

Windflauten-Lage: Die Dauer der 12 Windflauten (Folie 2) summierte sich auf 125 Stunden. Im Verlauf des gesamten Jahres ist zu jeder Zeit eine Gesamt-Jahresprognose mit großer Sicherheit auf Basis der Vorjahresdaten möglich (Folie 3).

Längste ununterbrochene Schwachwindperiode = 21 Stunden vom 01.01. 00:00 bis 21 Uhr (siehe Folie 1).
An 10 Tagen wurden die Schwachwindperioden von Dunkelflauten mit einer Gesamtdauer von 65 Stunden begleitet.

Die gesicherte Leistung der Windkraft betrug im Jahr 2021 **bis zum aktuellen Datum** 1,152 GW, dem am 02.01. aufgetretenen niedrigsten Einspeisewert. Das entspricht der Leistung von ca. 0,8 Kernkraftwerk.

Bedarfsdeckung durch konventionelle (Ersatz-)Kapazität: erfolgte während der Schwachwindperioden in der Spitze mit 53 GW konventioneller Kraftwerksleistung, bei 76% Deckungsgrad. Dies entspricht 52 % der installierten konventionellen Leistung (Kohle, Erdgas, Pumpspeicher, Kernenergie, Sonstige = 101 GW). Der maximal erreichte Deckungsgrad, abh. Vom Verbrauch, war 87%. Am häufigsten, nämlich 5 mal, kamen konventionelle Kraftwerks-Einsätze zur Bedarfsdeckung im Bereich zwischen 40 bis 50 GW vor.

Deckungsbeitrag Kohle + Kernkraft: Kohlekraftwerke deckten den Bedarf während der Schwachwindzeiten in der Spitze zu 47 % am 09.01. mit 26 GW, Kernkraftwerke zu 17 % am 01.01. mit 8,156 GW.

Maximaler Stromimport: 25.01. mit 4,72 GW

Netzstabilität: Schwankungsbereich der Netzfrequenz 49,746 – 49,888 Hz,
Lastausgleichs-Bereich -3,741 bis -1,564 GW [6]

Besonderheit am 08.01.2021 14:05 Uhr: Beinahe-Blackout, Frequenzabsturz auf 49,746 Hz, damit wurde die erste Stufe des Ablaufplans (Aktivieren von Leistungsreserven) erreicht.

Vorgehensweise

Definition: unter „Windflauten und die Folgen“ ist, im Sinne der vorliegenden Präsentation, die stark ertragsgeschwächte Windstrom-Einspeisung während Schwachwindzeiten und dem damit einhergehenden Bedarf an Ersatzkapazität zu verstehen.

Windstromeinspeisung:

Aus der Aufnahme von öffentlich zugänglichen Strommarktdaten, die als Viertelstunden-Ertrags-Mittelwerte vorliegen [1], wird der monatliche Verlauf der Windstromeinspeisung ins Netz ermittelt und als Ergebnisdiagramm mit Tabelle dargestellt. Das besondere Interesse gilt hier der Hervorhebung von Einspeiseleistungen (On- + Offshore), die in Summe gleich oder kleiner als 5.000 MW sind, im Verlauf der sogenannten Schwachwindbereiche. Am Minimum einer jeden Schwachwindperiode entsteht ein erhöhter Bedarf an Ausgleichskapazität, eine Hürde, die derzeit nur mit Hilfe von Ersatzspeisung mittels konventioneller Kraftwerke überwunden werden kann. Das Vorgehen wird im folgenden „Schwachwindanalyse“ genannt.

Zu den Monats-Diagrammen: Anordnung in absteigender Reihenfolge, d.h. aktueller Monat zuerst, Januar zuletzt. Mit „Datum (und Uhrzeit)“ wird jeweils das Tagesminimum der Einspeiseleistung markiert. Unter Gesamtdauer und Dunkel-Anteil sind die entsprechenden Dauern für jeden von Schwachwind betroffenen Tag zu verstehen. Es wird dann jeweils die erforderliche Ersatzspeisung ermittelt, also die zur Bedarfsdeckung an diesem kritischen Zeitpunkt erforderliche Leistung, ohne Systemdienstleistung, also der Residuallast.

Statistische Aussage:

Das Ergebnis der „Schwachwindanalyse“, ist eine zusammenfassende Darstellung der gesamten Ersatzspeisung in Form eines Histogramms, das sich immer auf die aktuelle Gesamtauswertung bezieht, also zum Jahresende hin zunehmend genauer wird (aktuell siehe Folie 2).

Am Schluss (Folie 3) wird der gesamte Jahresverlauf der Windkraft und PV-Einspeisung dargestellt mit dem Ziel, schon zu Jahresbeginn eine Gesamtjahres-Prognose zu ermöglichen und diese mit dem aktuellen Verlauf vergleichen zu können.

Quellenverzeichnis

- [1] smard strommarktdaten der Bundesnetzagentur
- [2] Windjournal (Windenergie-Schwankung, Sonnenenergie-Schwankung)
- [3] Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Hans-Werner Sinn, ifo-Institut München, „Wieviel Zappelstrom verträgt das Netz“(2014)
- [4] Vernunftkraft, Windkraft vs. Würfeln; Statistische Betrachtungen
- [5] Vernunftkraft Landesverband Hessen e.V.
- [6] <https://pc-projekte.lima-city.de/stromnetz-01.html>

—