

Schwachwind-Analyse 2020

Vorgehensweise

Die Schwachwindanalyse basiert auf der monatlichen Aufnahme von öffentlich zugänglichen Strommarktdaten, die als Viertelstunden-Ertrags-Mittelwerte vorliegen [1]. Daraus wird der monatliche Verlauf der ins Netz eingespeisten Leistung ermittelt und als Ergebnisdiagramm mit Tabelle dargestellt. Das besondere Interesse gilt hier der Hervorhebung von Einspeiseleistungen aller Windkraftwerke (On- + Offshore), die in Summe gleich oder kleiner als 5.000 MW sind, im Verlauf der sogenannten Schwachwindbereiche. Das Minimum einer jeden Schwachwindperiode ist eine zu überwindende Hürde, die derzeit nur mit Hilfe von Ersatzspeisung mittels konventioneller Kraftwerke überwunden werden kann.

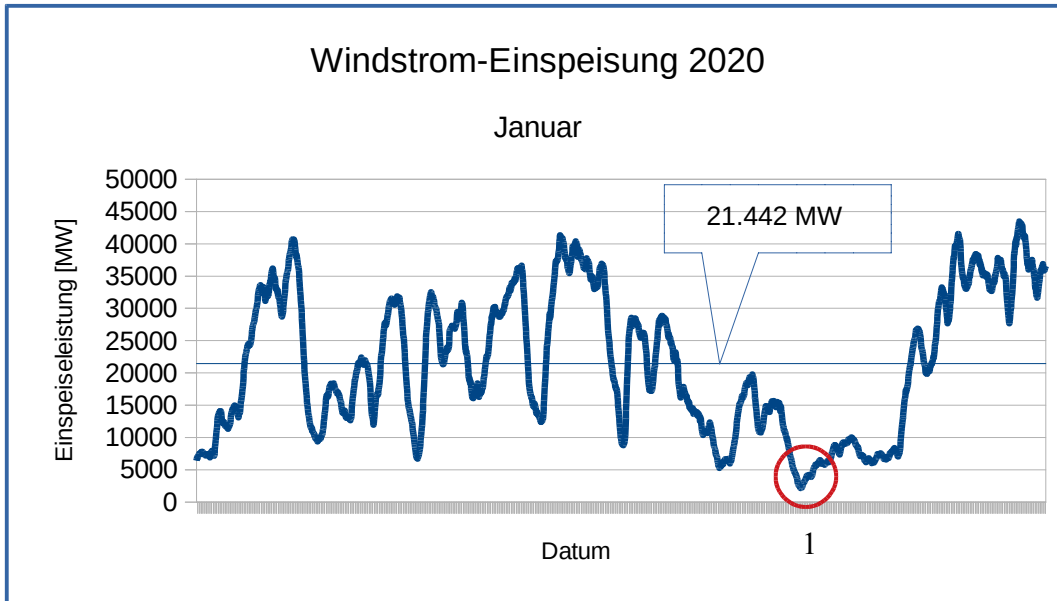
Zu den Diagrammen:

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.

Nach der zuletzt dargestellten Monatsauswertung (aktuell der Juli 2020, Diagramm 7, Folie 8) erfolgt dann eine zusammenfassende Darstellung der gesamten Ersatzspeisung in Form eines Histogramms.

Am Schluss wird der gesamte Jahresverlauf der Windkraft und PV-Einspeisung dargestellt mit dem Ziel, eine Gesamtjahres-Prognose zu erhalten und diese mit dem aktuellen Verlauf vergleichen zu können.

Schwachwind-Analyse 2020



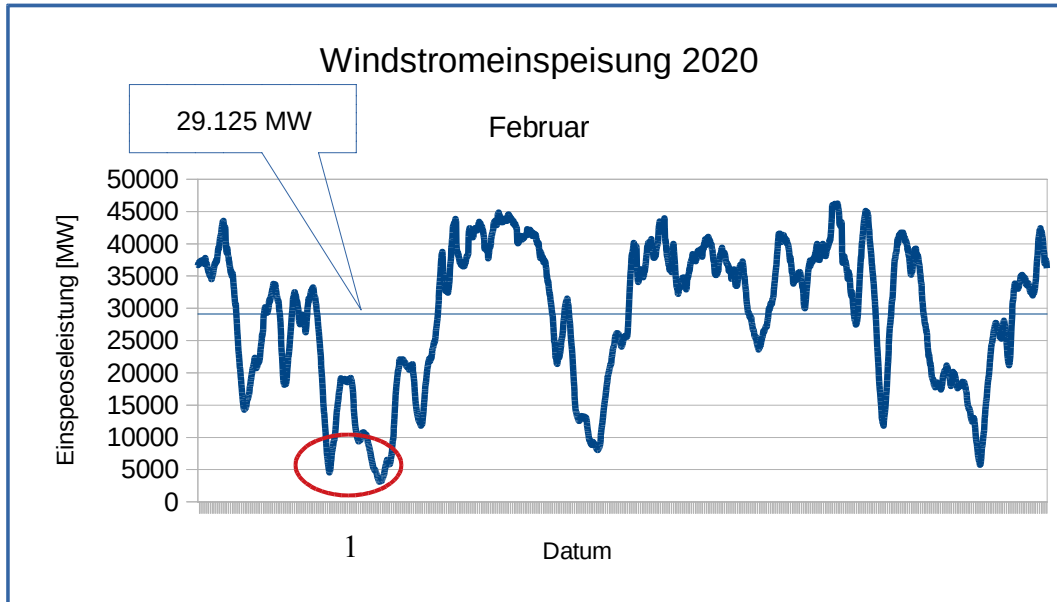
(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

Schwachwind-		Gesamtdauer	Dunkel-Anteil
Bereiche	Datum	Std.	Std.
1	22.01.20 23:59	4,5	4,50
	23.01.20 01:45	12,25	7,75
Anzahl		Summe	
1	2	16,75	12,25

Diagramm 1: Verlauf Januar 2020 mit 1 Schwachwindbereich (Leistungen unter 5000 MW). Verhältnis Monatsdurchschnitt 2020/2019 = $21.442/19.755 = 1,085$

Hinweis: siehe Folie 1, Vorgehensweise, Zu den Diagrammen

Schwachwind-Analyse 2020



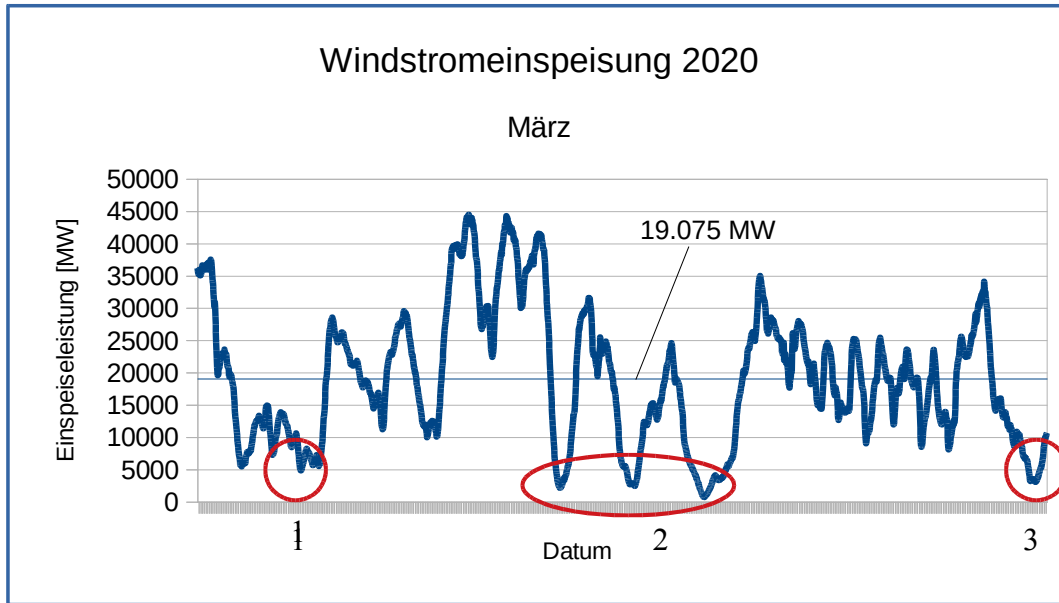
(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

Schwachwind-		Gesamtdauer	Dunkel-Anteil
Bereiche	Datum	Std.	Std.
1	05.02.20 12:00	0,75	
	07.02.20 05:00	8,5	6,50
Anzahl		Summe	
1	2	9,25	6,5

Diagramm 2: Verlauf Februar 2020 mit 1 Schwachwindbereich (Leistungen unter 5000 MW). Verhältnis Monatsdurchschnitte 2020/2019 = $29.125 / 16.936 = 1,72$

Hinweis: siehe Folie 1, Vorgehensweise, Zu den Diagrammen

Schwachwind-Analyse 2020



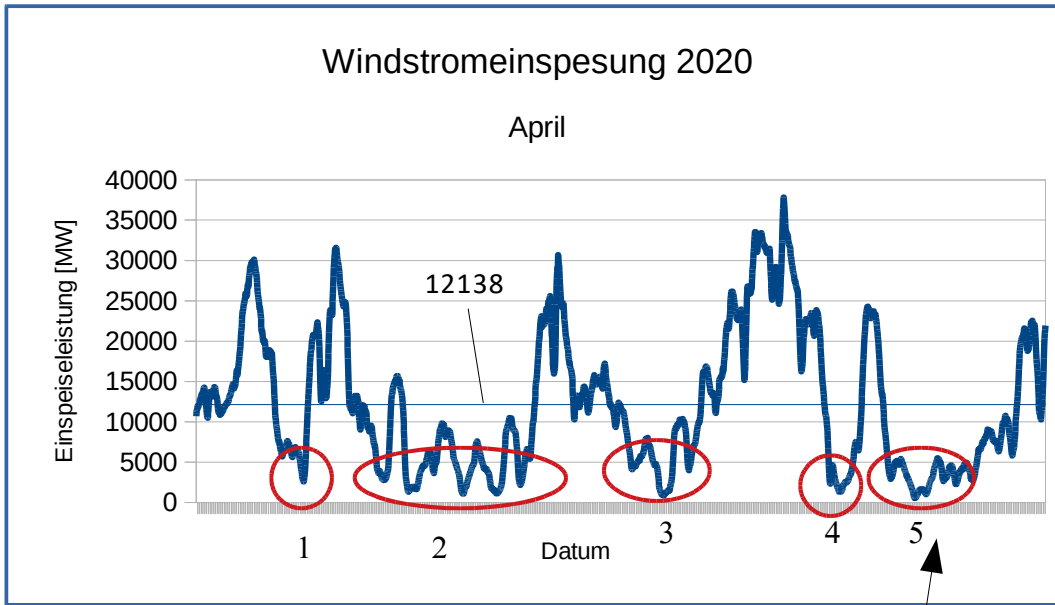
(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

Bereiche	Schwachwind-Datum	Gesamtdauer Std.	Dunkel-Anteil Std.
1	04.03.20 18:00	0,5	
	14.03.20 05:00	9,25	4
2	16.03.20 19:45	8,75	3,50
	17.03.20 00:00	1,25	1,25
	19.03.20 11:15	23	10,00
	20.03.20 00:00	5,75	5,75
3	31.03.20 13:45	17,75	
	Anzahl	Summe	
3	7	66,25	24,5

Diagramm 3: Verlauf März 2020 mit 3 Schwachwindbereichen (Leistungen unter 5000 MW). Verhältnis Monatsdurchschnitte 2020/2019 = $19.075 / 21.790 = 0,88$

Hinweis: siehe Folie 1, Vorgehensweise, Zu den Diagrammen

Schwachwind-Analyse 2020



(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

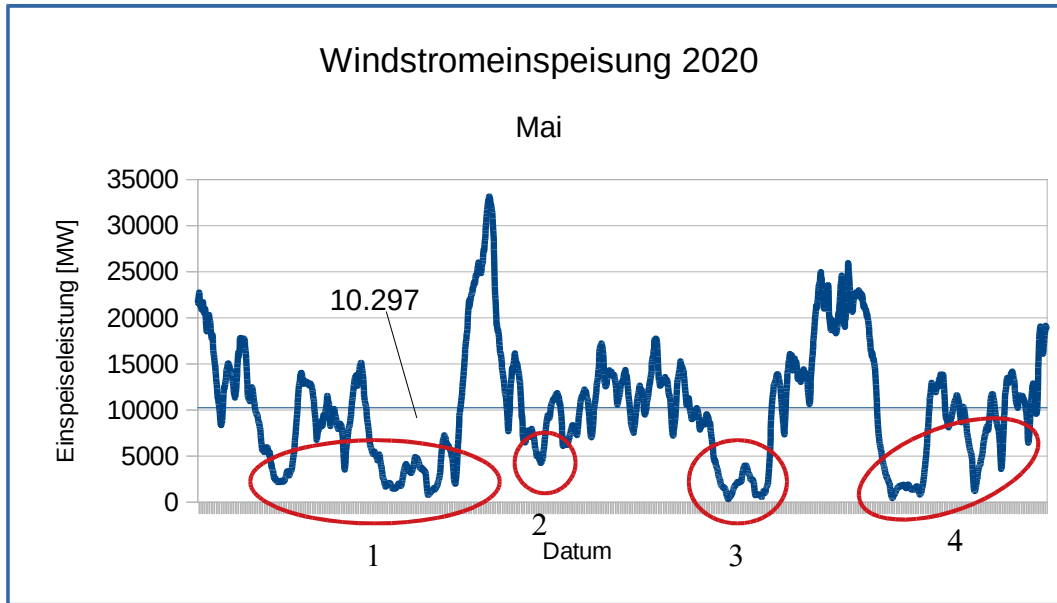
Mehrtägige zusammenhängende Schwachwind-Dauer
25 - 28.04. = 67,5 Std.

Schwachwind-Bereiche		Gesamtdauer	Dunkel-Anteil
	Datum	Std.	Std.
1	04.04.20 19:00	4	0,25
	07.04.20 15:00	10,25	
2	08.04.20 12:00	14,75	3,75
	09.04.20 09:30	6,5	3,00
	10.04.20 10:45	15,75	2,00
	11.04.20 14:15	18,25	6,00
	12.04.20 14:15	5,5	
3	16.04.20 09:45	5,5	
	17.04.20 12:45	16,25	1,75
4	18.04.20 09:45	2,5	
	23.04.20 17:30	11,5	3,00
5	24.04.20 00:00	4,75	4,75
	25.04.20 12:45	9	1,50
	26.04.20 09:15	24	8,50
	27.04.20 09:30	20,75	6,50
	28.04.20 10:30	13,75	5,25

Diagramm 4: Verlauf April 2020 mit 5 Schwachwindbereichen (Leistungen unter 5000 MW).
Verhältnis Monatsdurchschnitte 2020/2019 = 12.138 / 12.478 MW = 0,98

Hinweis: siehe Folie 1, Vorgehensweise, Zu den Diagrammen

Schwachwind-Analyse 2020



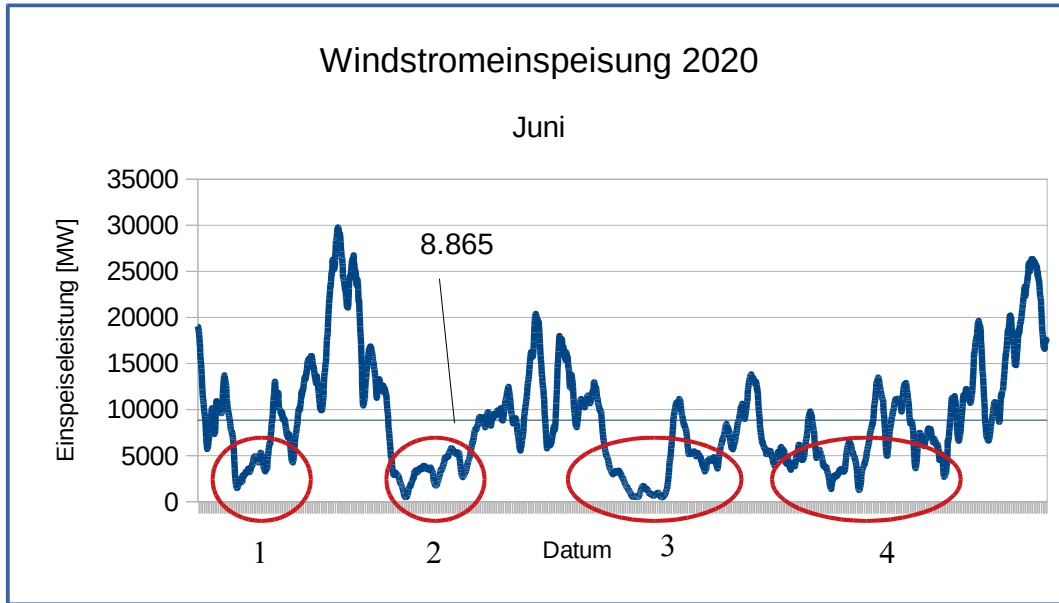
(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

Schwachwind-		Gesamtdauer	Dunkel-Anteil
Bereiche	Datum	Std.	Std.
1	03.05.20 23:59	8,5	3,00
	04.05.20 00:00	11,75	5,00
	06.05.20 08:45	1,5	
	07.05.20 21:00	11,5	2,75
	08.05.20 04:15	24	7,5
	09.05.20 04:15	11,25	5,25
2	10.05.20 09:45	4,75	
	13.05.20 13:15	4	
3	19.05.20 13:23	3,75	2,50
	20.05.20 09:00	24	7,25
4	21.05.20 14:15	21,25	4,45
	25.05.20 23:59	0,5	0,50
	26.05.20 08:30	24	7,25
	27.05.20 08:45	14	4,50
	29.05.20 08:45	8,75	
Anzahl		Summe	
4	15	174	50

Diagramm 5: Verlauf Mai 2020 mit 4 Schwachwindbereichen (Leistungen unter 5000 MW).
Verhältnis Monatsdurchschnitte 2020/2019 = $10.297 / 11.005 \text{ MW} = 0,94$

Hinweis: siehe Folie 1, Vorgehensweise, Zu den Diagrammen

Schwachwind-Analyse 2020

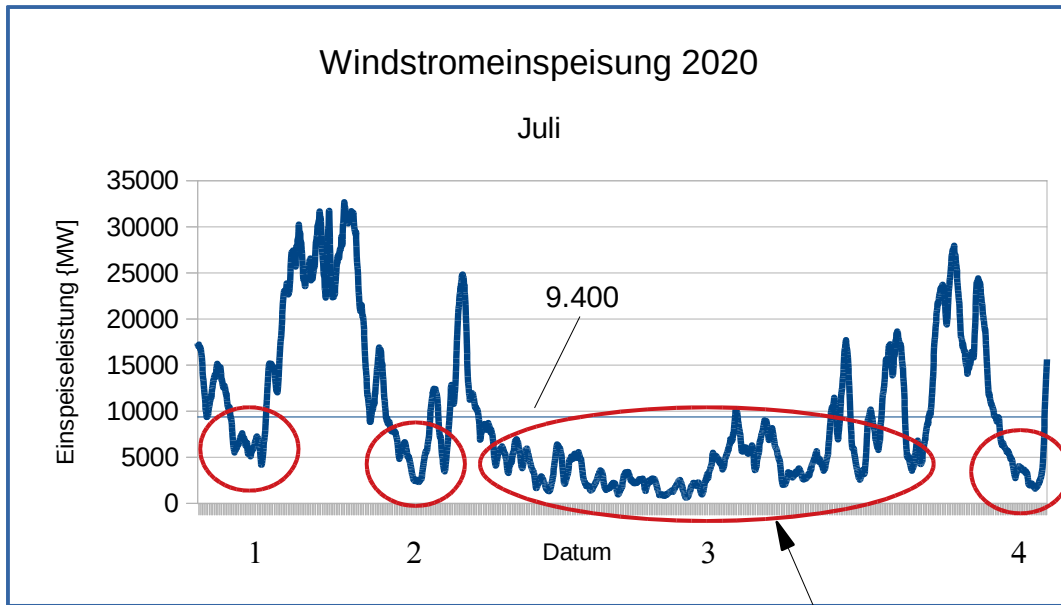


(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

Schwachwind-Bereiche	Schwachwind-Datum	Gesamtdauer	Dunkel-Anteil
	Datum	Std.	Std.
1	02.06.20 09:30	16,75	2,25
	03.06.20 03:30	5	4,25
	04.06.20 08:45	2	
2	07.06.20 22:15	4	2,00
	08.06.20 08:15	24	6,25
	09.06.20 10:15	22	4,50
	10.06.20 08:45	8,75	
3	15.06.20 23:59	12,25	2,00
	16.06.20 13:15	24	6,25
	17.06.20 02:30	17	4,25
	18.06.20 22:00	7	2,00
	19.06.20 08:45	10,25	4,50
	20.06.20 08:45	10,25	4,50
4	21.06.20 23:00	9,75	2,00
	22.06.20 02:15	6,75	3,50
	23.06.20 09:00	20,75	4,25
	24.06.20 08:45	10,75	
	26.06.20 08:45	2	
	27.06.20 09:00	5,75	
Anzahl		Summe	
4	18	209	48

Diagramm 6: Verlauf Juni 2020 mit 4 Schwachwindbereichen (Leistungen unter 5000 MW). Verhältnis Monatsdurchschnitte 2020/2019 = $8.865 / 9.129 \text{ MW} = 0,97$; bis jetzt **schwächster Monat des Jahres**. Hinweis: siehe Folie 1, Vorgehensweise, Zu den Diagrammen

Schwachwind-Analyse 2020



(Quelle: SMARD Strommarktdaten)

Bisher längste zusammenhängende Schwachwind-Dauer
14 - 19.07. = 129 Std.

Diagramm 7: Verlauf Juli 2020 mit 4 Schwachwind-
bereichen (Leistungen unter 5000 MW). Verhältnis
Monatsdurchschnitte 2020/2019 = $9.400 / 8827 = 1,06$.

Hinweis: siehe Folie 1, Vorgehensweise,
zu den Diagrammen

Schwachwind-		Gesamtdauer	Dunkel-Anteil
Bereiche	Datum	Std.	Std.
1	03.07.20 08:15	1,75	
	08.07.20 22:30	6,50	2,25
2	09.07.20 02:00	8,00	6,00
	10.07.20 00:30	2,00	2,00
3	11.07.20 21:00	2,5	0,50
	12.07.20 08:15	8,75	0,50
	13.07.20 08:45	21,75	4,50
	14.07.20 09:45	13,25	3,25
	15.07.20 08:15	24	6,50
	16.07.20 08:30	24	6,75
	17.07.20 08:30	24	6,75
	18.07.20 20:45	24	6,75
	19.07.20 10:00	19,75	5,50
	20.07.20 04:00	6,5	4,75
	22.07.20 08:45	19,75	2,25
	23.07.20 03:00	20,5	7,50
	25.07.20 04:15	9,5	4,75
	26.07.20 23:59	1,0	1,00
27.07.20 01:45	8,0	4,50	
4	30.07.20 20:30	8	2,50
	31.07.20 15:30	20,75	5,50
Anzahl		Summe	
4	21	274,25	84

Schwachwind-Analyse 2020

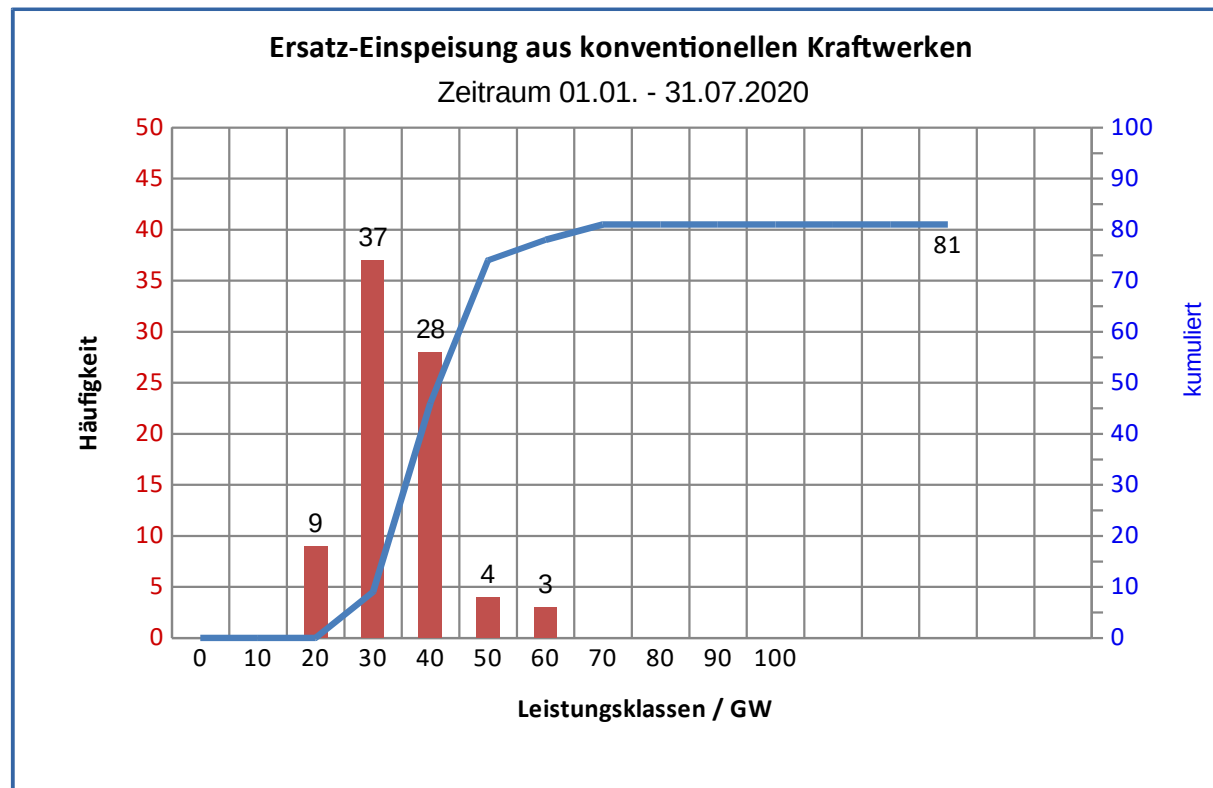


Diagramm 8: Statistisches Ergebnis von Jahresbeginn bis zum 31. Juli 2020. An 81 Tagen trat Windleistung unter 5 GW auf. Der jeweils am Minimum eines Schwachwindtages ermittelte Leistungsbedarf abzügl. Windstrom einspeisung und abzüglich aller sonstigen EE-Einspeisungen ergibt die geforderte Ersatzkapazität, aktuell zwischen >10 bis \leq 60 GW.

Schwachwind-Analyse 2020

Zusammenfassung Jahresbeginn – Ende Juli 2020

An 81 Windflauten-Tagen sank die gesamte Windstrom-Einspeiseleistung (On + Offshore) unter 5 GW, also 8 % der installierten Leistung.

Die Dauer aller Windflauten – summierte sich auf 932 Stunden. Im Verlauf des gesamten Jahres war zu jeder Zeit eine Gesamt-Jahresprognose mit hinreichender Sicherheit auf Basis der Vorjahresdaten möglich (siehe vorletzte Folie)

Längste ununterbrochene Schwachwind-Periode = 129 Stunden vom 14.07. 07:15 bis 19.07. 20:45 Uhr (siehe Folie 8, Diagramm 7)

An 64 Tagen wurden die Schwachwindperioden von Dunkelflauten mit einer Gesamtdauer von 271 Stunden begleitet.

Die Bedarfsdeckung während der Schwachwindperioden erfolgte in der Spitze mit 54 GW konventioneller Kraftwerksleistung, entspr. 94%. Dies entspricht 54 % der installierten konventionellen Leistung (Kohle, Erdgas, Pumpspeicher, Kernenergie, Sonstige = 100 GW).

Am häufigsten, nämlich 37-mal, kamen Konventionelle Kraftwerks-Einsätze zur Bedarfsdeckung im Bereich zwischen 20 bis 30 GW vor. Kohlekraftwerke deckten den Bedarf während der Schwachwindzeiten in der Spitze zu 54 % am 23.01. mit 28 GW, Kernkraftwerke zu 20 % am 03.06. mit 7,860 GW. Maximaler Stromimport: 30.07. mit 9,68 GW

Die gesicherte Leistung der Windkraft betrug **bis zum 31. Juli 2020** 0,352 GW, dem am 20.05. aufgetretenen niedrigsten Einspeisewert. Das entspricht der Leistung von ca. 1/3 Kernkraftwerk.

Netzstabilität: Schwankungsbereich der Netzfrequenz 49,852 – 50,133 Hz, Lastausgleichs-Bereich - 2,116 bis 1,886 GW [6]

Schwachwind-Analyse 2020

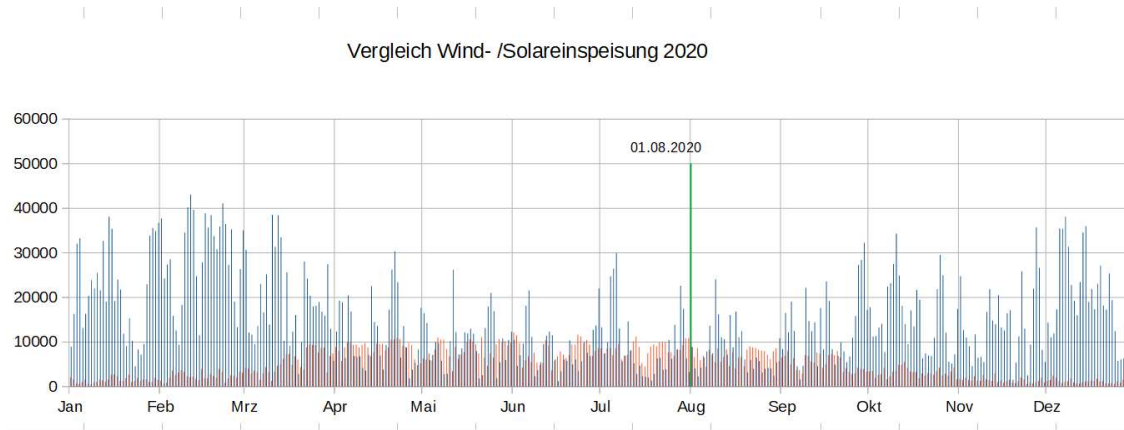


Diagramm 9: Windstromerzeugung und Vergleich mit Solar
(Quelle: Windjournal)

Diagramm 9: Jahresverlauf der Tagesdurchschnitte Wind (blau) + Solar (rot) für gesamtes Jahr 2019, überschrieben mit Verlauf 2020 bis Stichtag 31.07.2020. In anderen Studien wird gezeigt, dass zur vollständigen Verstetigung dieser Volatilität eine Speicherkapazität von 17 TWh benötigt wird [3]

Die darauf basierende Häufigkeitsverteilung, Diagr. 10, zeigt ein Übergewicht geringerer Leistungen, mit Maximum bei der Klasse 7 GW (Bereich $> 6 \dots \leq 7$ GW).

Die der Windstromerzeugung zugrunde liegenden Gesetze der Physik und statistischen Mathematik lassen kein anderes Resultat erwarten! [4]

Die im Laufe des Jahres 2020 getroffene Schwachwindprognose für das gesamte Jahr ist Ende Juli: an mindestens 47 Tagen wird die durchschnittliche tägliche Windstromerzeugung weniger als 5 GW betragen (Summe der Häufigkeit der ersten 4 Balken). Aktueller Stand am 31.07.2020 : 81 Tage (siehe Diagramm 8)

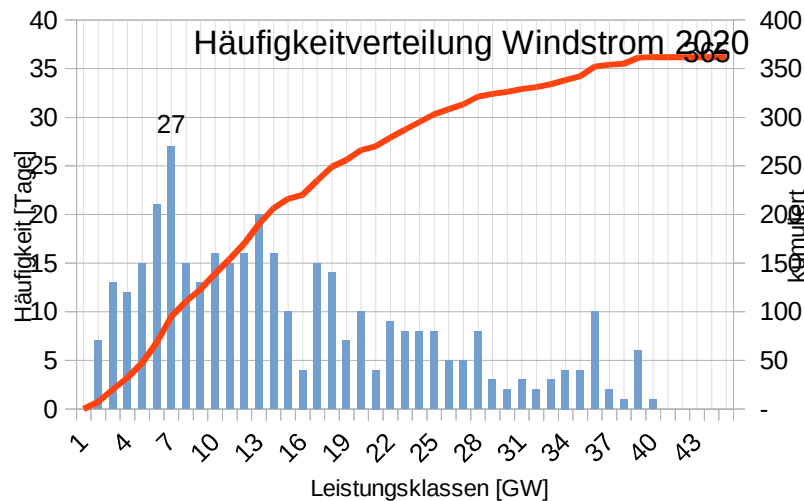


Diagramm 10: Histogramm Windstromerzeugung
(Quelle: B. Zierenberg)

Schwachwind-Analyse 2020

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>

—