

# Die Generalprobe Sonnenfinsternis und ihr Einfluss auf die Erneuerbaren

Von Lucas Neidhardt

*Am 20. März 2015 war auf der Nordhalbkugel eine Sonnenfinsternis zu beobachten. Wobei in Zentraleuropa, Nordafrika und Nordwestasien der Mond nur zu einem Teil die Sonne verdeckte, war in nördlicheren Breitengraden, beispielsweise in Spitzbergen, eine totale Sonnenfinsternis zu beobachten. Aufgrund der niedrigen Sonnenhöhe, die an keinem der betroffenen Orte 18° überstieg, war der Kernschatten mit mehr als 400 km besonders breit. Der Bedeckungsgrad in Mitteleuropa reichte von 60% bis 85%. So wurde beispielsweise in Berlin die Sonne zu maximal 74% um 10:47 mitteleuropäische Zeit (MEZ) durch den Mond verdeckt. Insgesamt dauerte die partielle Sonnenfinsternis in Berlin zwei Stunden und 20 Minuten von 9:38 MEZ bis 11:58 MEZ an.*

Die diesjährige Sonnenfinsternis war bereits im Vorfeld des 20. März ein Ereignis, das in den Fokus von Medien und Übertragungsnetzbetreibern gerückt war. Keine Sonnenfinsternis zuvor hatte eine solche Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Der Hauptgrund waren die Photovoltaikanlagen, auf welche die geringere Einstrahlungsstärke der Sonne während der Teilfinsternis einen großen Einfluss hatte. Erstmals wurde die Problematik der Netzstabilität angesprochen, da aktuell im Vergleich zur



letzten Sonnenfinsternis im Jahr 2011 mehr als doppelt so viel PV-Leistung (>38,5 GWp) in Deutschland installiert ist. Darüber hinaus war der Sonnenstand während der letzten Sonnenfinsternis am 04. Januar 2011 niedriger, was eine geringere Einstrahlungsstärke zur Folge hatte.

#### **Problematik:**

Mit einer erhöhten installierten PV-Leistung geht ein erhöhter Leistungsgradient bei Absinken und Ansteigen der Solareinstrahlung einher. Der Leistungsgradient beschreibt mit welcher Geschwindigkeit dies geschieht. Unterschiedliche Studien wurden im Vorfeld der Sonnenfinsternis erstellt, die eine Änderung von bis zu -400 MW/min bzw.

+700 MW/min prognostizierten. Das entspräche dem 7-fachen eines üblichen Leistungsgradienten, der durch den Sonnenaufgang bzw. -untergang entsteht. Alle Studien sind zu dem gleichen Ergebnis gekommen, dass der negative Gradient am Anfang des Naturereignisses geringer als der positive Gradient am Ende ausfallen würde. Dies ist dadurch zu erklären, dass zum Ende der Sonnenfinsternis der Sonnenstand höher ist als zu Beginn.

Eine Aufgabe der Übertragungsnetzbetreiber ist es, dafür zu sorgen, dass Angebot und Nachfrage in dem deutschen Stromnetz übereinstimmen. Ein Indikator ist die Normfrequenz, die in Europa 50 Hz entspricht. Ist mehr Last im Netz als Erzeugung, sinkt die

Netzfrequenz und umgekehrt. Damit die Stabilität der Netze gewährleistet ist, darf die Frequenz kurzzeitig um maximal +/- 800 mHz schwanken.

#### Maßnahmen:

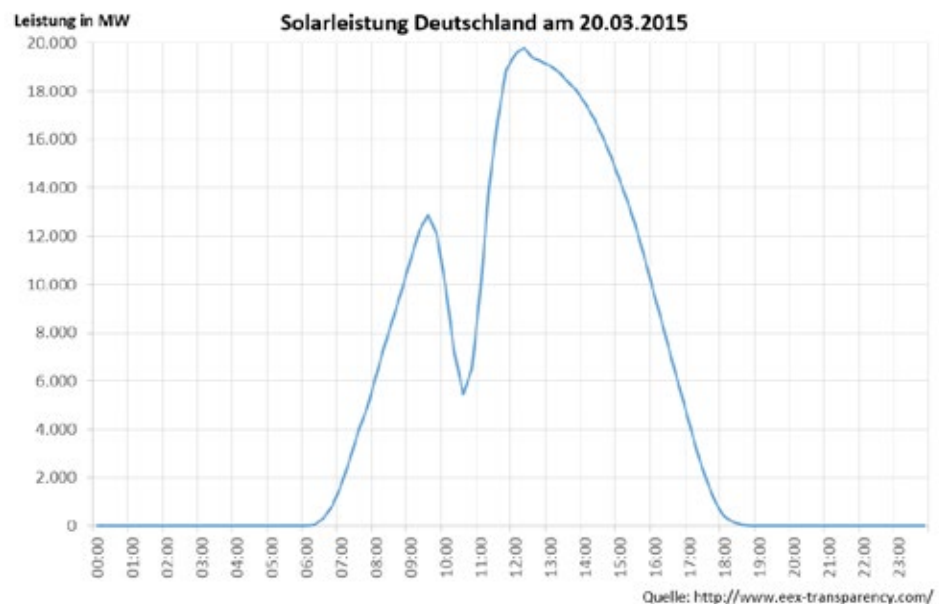
Um während der Sonnenfinsternis den oben beschriebenen Anforderungen gerecht zu werden, wurden folgende Maßnahmen getroffen.

- Die Schaltstellen von Übertragungsnetz, Verteilnetz und Strommarkt wurden mit speziell geschultem Personal aufgestockt.
- Zusätzlich zu den üblichen ca. 4,2 GW positiver und 4,5 GW negativer Minuten- und Sekundärreserveleistung (MRL und SRL) wurden zusätzlich 3,8 GW positive und 2,8 GW negative MRL und SRL auktioniert, die das Netz im Bedarfsfall stabilisieren konnten.
- Innerhalb des europäischen Verbundnetzes wurde Strom importiert und exportiert.
- Energieintensive Unternehmen wurden im Zuge von Lastmanagementmaßnahmen angewiesen, ihren Strombedarf zu reduzieren, beispielsweise eine Metallschmelze in Nordrhein-Westfalen.
- Die Kraftwerkseinsatzplanung wurde an die Erzeugungsprognosen angepasst, so zum Beispiel mit schnell einsetzbaren Gaskraftwerken.
- Stromspeicher, vor allem die Pumpspeicherkraftwerke, wurden in Anspruch genommen.
- Auch mögliche Kraftwerksausfälle wurden modelliert.

#### Ergebnis:

Der Einbruch der Solarleistung wurde trotz des Eintretens des worst-case Szenarios überschätzt, da das Wetter in vielen Teilen Deutschlands sonnig

war. Wie der untenstehenden Grafik zu entnehmen ist, kam es während der Verschattung lediglich zu einem Absinken um rund 7,5 GW, von 12,9 auf 5,4 GW, mit einem negativen Leistungsgradienten von ca. 110 MW/min in Gesamtdeutschland. Darauf folgte in den nächsten 70 Minuten ein Anstieg um ca. 14,4 GW mit einem positiven Leistungsgradienten von ca. 200 MW/min.



Dank einer langen Vorbereitungsphase, in der sich alle relevanten Akteure und Marktteilnehmer für das Ereignis wappneten, wurde die bereitstehende Regelleistung nur in einem geringen Maß in Anspruch genommen. Im Verlauf der ersten Rampe (Absinken der PV-Leistung) mussten lediglich 1,6 GW hochgefahren werden (im 15-Minutenintervall 10:15 Uhr bis 10:30 Uhr). Auch in der zweiten Rampe wurde der Spitzenabruf von 1,6 GW nicht übertroffen. Ebenfalls halfen die detaillierten Solarprognosen, die Fahrweise der Kraftwerke an die Sonnenfinsternis anzu-

passen. Weiterhin war die extrem niedrige Windproduktion von Vorteil. Diese pendelte um 500 MW und hatte so trotz ihrer Volatilität keinen großen Einfluss auf die Netzstabilität. So herrschte am 20. März eine vergleichsweise hohe und planbare Residuallast vor.

Die Bereitstellung der Regelleistung kostete ca. 3,5 Mio. €, was im Vergleich zu den Kosten, die während eines Orkans anfallen können, wenig ist.

Wenn bei extrem hoher Windproduktion geregelt werden muss, können die Kosten auf über 10 Mio. € steigen.

Die nachfolgende Grafik beschreibt mit dem blauen Graph, wie sich die Netzfrequenz während der Sonnenfinsternis im Vergleich zu einem beliebigen Tag (oranger Graph) verhalten hat. Daraus werden zweierlei Dinge ersichtlich. Erstens verhielt sich die Frequenz während der Verschattung unauffällig und ohne Ausreißer, wie an dem Vergleichstag. Zweitens ist die Ordinatenachse so skaliert, dass sie den Bereich abdeckt, in dem die Netz-

frequenz unbedenklich pendeln dürfte. Somit wird erkenntlich, dass es noch ausreichend Puffer für Schwankungen gegeben hätte.

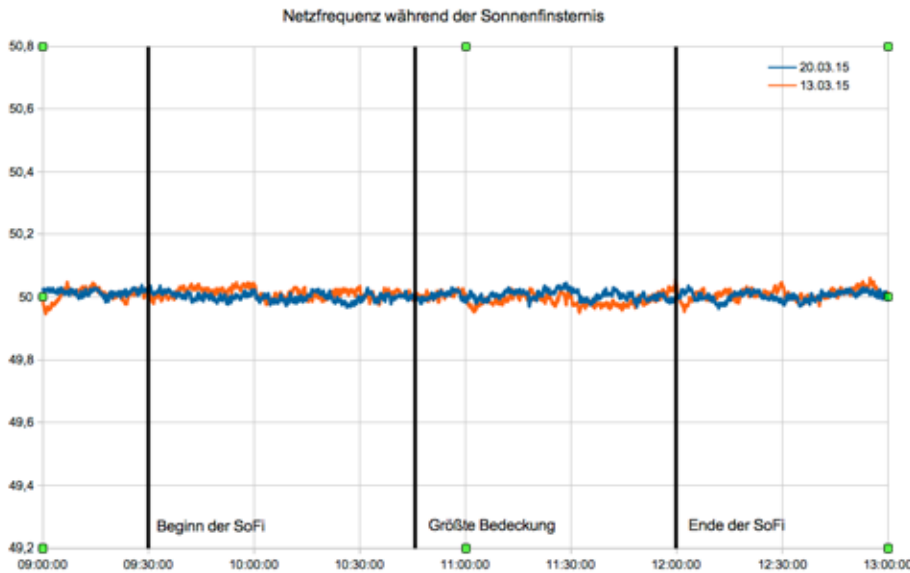
einer Sonnenfinsternis auf das Wetter. Er kam zu dem Ergebnis, dass dort, wo der Kernschatten die Erde verdunkelt, die Temperaturen sinken und um

konkreten Ergebnisse:

- Die Windgeschwindigkeit im Kernschatten sank im Durchschnitt um 0,7 m/s.
- Die Windrichtung drehte um 17° gegen den Uhrzeigersinn.
- Weiterhin wurde eine Temperaturabnahme von 1°C dokumentiert.

Um noch genauere Ergebnisse zu erzielen, wurde das diesjährige „NEWEX – National Eclipse Weather Experiment“ in England ins Leben gerufen. Erstmals war die Bevölkerung aufgerufen an den Beobachtungen mitzuwirken, um so möglichst viele Daten zu sammeln. Bisher liegen keine konkreten Ergebnisse vor, jedoch haben alleine über 200 Schulen an dem Experiment teilgenommen.

Nach dem bisherigen Stand der Forschung hat eine Sonnenfinsternis einen marginalen Einfluss auf die Windenergie. Deshalb sind die Ergebnisse des NEWEX mit Spannung zu erwarten, um zukünftig in den Erzeugungsprognosen auch die Windenergie während einer Sonnenfinsternis genauer vorhersagen zu können.



Zusammenfassend ist zu sagen, dass ein planbares Ereignis, wie die Sonnenfinsternis vom 20. März, nach dieser Generalprobe für die Netzstabilität als unproblematisch zu betrachten ist. Die nächste Sonnenfinsternis am 10. Juni 2021 wird nur einen maximalen Bedeckungsgrad von 13% in Deutschland aufweisen. Trotz der erwarteten höheren installierten PV-Leistung in 2021, sollte auch diese Sonnenfinsternis für die Netzstabilität unkritisch verlaufen, nicht zuletzt dank der diesjährigen Erfahrung. Weitauß problematischer zu betrachten sind unvorhersehbare Wettereinflüsse, wie beispielsweise Saharastaub oder eine Aschewolke, hervorgerufen durch einen Vulkanausbruch.

#### Windenergie:

Erstmals 1906 untersuchte der Amerikaner Henry Helm Clayton die Einflüsse

den abgekühlten Bereich ein schwacher, kurzlebiger Zyklon entsteht. Erst 93 Jahre später wurde die Theorie durch ein Forschungsprojekt von Dr. Karen Aplin von dem Rutherford Appleton Laboratory und Dr. Giles Harrison von der University of Reading nachgewiesen. Sie untersuchten die auftretenden Wetterphänomene mithilfe von zwei Wettermessstationen in unterschiedlichen Gegenden Englands während der totalen Sonnenfinsternis in 1999.

Die neuste Studie zu dem Thema stammt aus dem Jahr 2012. In dieser wurden Realdaten von 121 Wetterstationen zum Zeitpunkt der Sonnenfinsternis von 1999 mit einem neuentwickelten, hochauflösenden Wettermodell verglichen. Das Modell konnte darüber Auskunft geben, wie sich die einzelnen Parameter in England verhalten hätten, wäre es zu keiner Sonnenfinsternis gekommen. So entstanden die ersten