

Unterstützung der Transformation des Energiesystems durch verbesserte Vorhersage starker Fluktuationen des Windes in einem Windpark

LES für die Entwicklung von Methoden zur LiDAR-gestützten Windvorhersage

G. Steinfeld, M. Ortensi, AG Energiemeteorologie und AG Windenergiesysteme, ForWind - Institut für Physik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Kurzgefasst

- Simulationen von Windrampenereignissen und starken Windrichtungsänderungen mit der Methode der Large-Eddy-Simulation
- Nutzung der Windfelder der Large-Eddy-Simulationen für die Entwicklung von LiDAR-gestützten Methoden zur Windvorhersage
- Dynamik der Windparkströmung und des Verhaltens der Anlagen im Park bei Windrampen und dynamischen Windrichtungsänderungen

Die geplanten Arbeiten sind Teil des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Verbundforschungsprojekts «WindRamp - Beobachtergestützte Vorhersage von Netzengpässen und möglicher Einspeisung von Offshore-Windenergie für die operative Netzbetriebsführung und Handelsprozesse». Das Teilvorhaben der Universität Oldenburg widmet sich der Entwicklung von Methoden für die Kurzzeitvorhersage des Windenergieangebots an Standorten von Windparks.

Erneuerbare Energien unterscheiden sich durch ihre fluktuierende Natur von konventionellen Formen der Energieerzeugung. Mit zunehmendem Anteil von Erneuerbaren Energien im Energiesystem steigt der Bedarf an verbesserten Vorhersagen des Energieangebots. Betreiber von Übertragungsnetzen müssen die Stabilität des Netzes durch Anpassen der Energieerzeugung an den aktuellen Energiebedarf sicherstellen. Für lange Vorhersagehorizonte von mehreren Stunden werden Ergebnisse numerischer Wettervorhersagemodelle genutzt. Für kürzere Vorhersagehorizonte von wenigen Stunden hat sich die Verwendung von statistischen Ansätzen durchgesetzt. Seit wenigen Jahren wird an der Nutzung von Methoden der Fernerkundung für die Vorhersage mit sehr kurzem Vorhersagehorizont geforscht. Für die Anwendung der Vorhersagemethode für Windparks ist hierbei eine Idee, das Windfeld stromauf des Windparks mit einem LiDAR- oder RADAR-Gerät zu erfassen und aus diesen Messungen eine Aussage über die Entwicklungen am Standort des Windparks abzuleiten.

Im Teilvorhaben der Universität Oldenburg im Verbundforschungsprojekt «WindRamp» soll eine Methode zur Kurzzeitvorhersage entwickelt werden, die auf Doppler-LiDAR-Messungen basiert. Das Fernerkundungsverfahren LiDAR ermöglicht die Messung von Windgeschwindigkeiten mehrere Kilometer stromaufwärts eines Windparks. So können die Windbedingungen erfasst werden, bevor sie den Windpark erreichen. Die zu entwickelnde Methode für die Kurzzeitvorhersage soll in der Lage sein, die stromauf des Windparks mit LiDAR gesammelten Informationen an den Standort des Windparks heranzupropagieren. Die Entwicklung soll dabei mit Daten aus Large-Eddy-Simulationen (LES) erfolgen. Zeitlich (etwa 1 Hz) und räumlich (etwa 50 m) relativ hoch aufgelöste Windfelder der LES sollen mit dem an der Universität Oldenburg entwickelten LiDAR-Simulator LiXim (Trabucchi 2020) in virtuelle LiDAR-Messungen überführt werden. Auf Grundlage der virtuellen LiDAR-Messungen soll dann die zeitliche Entwicklung des Windfeldes an der Position eines stromab gelegenen Windparks vorhergesagt werden. Die Entwicklung des Windes mit der Zeit in der LES und laut Vorhersage können miteinander verglichen werden. Forschungsfragen sind beispielsweise, wie die Ergebnisse der Vorhersage von dem Setup der LiDAR-Messungen abhängen oder wie weit stromauf vor dem Windpark das Windfeld durch das LiDAR erfasst werden sollte. Hierbei ist zu berücksichtigen, wie schnell die Anlage auf sich ändernde Windbedingungen reagieren kann, aber auch wie sich die Güte der Windfeldpropagation mit zunehmender Entfernung vom Messpunkt entwickelt. Führen Messungen in mehreren Höhen zu einer deutlich verbesserten Vorhersagequalität?

Im Rahmen der Arbeiten soll vor allem die Vorhersage von Windrampenereignissen verbessert werden. Bei Auftreten einer Windrampe kann sich die Leistungsabgabe eines ganzen Windparks innerhalb von wenigen zehn Minuten von 0 MW auf volle Kapazität des Windparks ändern. 1 zeigt ein entsprechendes Beispiel eines mit dem mesoskaligen Modell WRF simulierten Windrampenereignisses. 2 stellt die mit einem in die mesoskaligen Felder genesteten LES-Ansatz erhaltenen Zeitreihen der Leistung für ausgewählte Windenergieanlagen eines Parks für das Windrampenereignis dar. Windrampenereignisse treten relativ häufig auf. Eine Untersuchung innerhalb des Windramp-Projekts für einen Wind-

park in der Deutschen Bucht zeigte das Auftreten von mehr als 100 Windrampenereignissen innerhalb von drei Jahren. Windrampen wurden dabei als Situationen mit einer Änderung der Windparkleistung von mehr als 50% der Nennleistung des Parks innerhalb von sechs Stunden definiert. Der genaue Zeitpunkt des Auftretens eines Windrampenereignisses lässt sich nur auf Basis einer numerischen Wettervorhersage nicht vorhersagen. Häufig wird zwar das Auftreten vorhergesagt, allerdings zeitlich zum tatsächlichen Zeitpunkt des Ereignisses verschoben. Hier verspricht eine Kurzzeitvorhersage auf Basis von LIDAR-Messungen Verbesserungspotential.

In diesem Projekt sollen reale Windrampenereignisse zunächst mit dem mesoskaligen Modell WRF (Skamarock 2008) nachsimuliert werden. Unter Verwendung von kürzlich entwickelten Verfahren zum Offline-Nesting von LES mit dem Modell PALM (Maronga 2020) in Felder des mesoskaligen Modells WRF (Kadasch, 2020; Resler, 2020) sollen anschließend turbulenzauflösende Simulationen der Rampenereignisse mit PALM durchgeführt werden. Auf die ausgegebenen Windfelder wird anschließend der LiDAR-Simulator angewendet und aus den virtuellen Messungen Windprognosen für stromab gelegene Orte erstellt.

Die LES-Windfelder, die in diesem HLRN-Projekt generiert werden sollen, sollen also die Entwicklung von LiDAR-basierten Verfahren zur Kurzzeitvorhersage für den Wind ermöglichen. Verfahren dieser Art sind nicht nur für die Absicherung der Netzstabilität bei hohem Anteil von erneuerbaren Energien im Energiesystem von Interesse, sondern ein Einsatz ist beispielsweise auch zur verbesserten Vorhersage der Windbedingungen an Flughäfen denkbar und kann hier zur Steigerung der Verkehrssicherheit beitragen.

Windrampen, d.h. schnelle Änderungen der anströmenden Windgeschwindigkeit verursachen starke Gradienten der Einspeiseleistung von Offshore-Windparks. Die Vorhersage solcher Windrampen ist mit großen Unsicherheiten belegt. Hierdurch wird die operative Netzbetriebsführung erschwert und die an der Börse gehandelte Windenergie verteuert. LiDARs ermöglichen die Messung von Windgeschwindigkeiten mehrere Kilometer stromaufwärts. So können Windrampen erfasst werden, bevor sie auf den Windpark treffen. Mit diesem HLRN-Projekt sollen Windfelder mit Windrampen und Windrichtungsänderungen mit der Methode der LES generiert werden. Auf Grundlage dieser Windfelder soll ein geeignetes Setup für die LIDAR-Messungen zur Gewinnung von Eingangsdaten für die Kurzzeitvorhersage abgeleitet werden. Darüber hinaus sollen die Windfelder auch zur Verifikation der Ergebnisse der im Projektverlauf zu entwickelnden Methoden der Kurzzeitvorhersage verwendet werden.

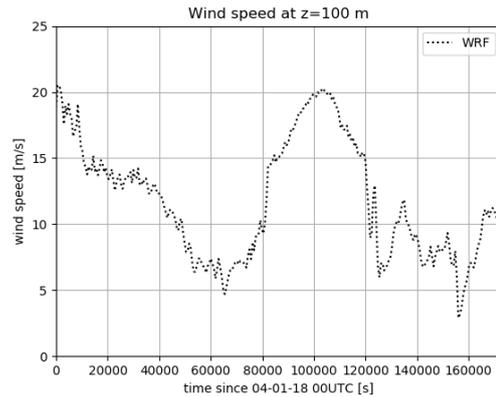


Abbildung 1: Zeitreihe der Wineschwindigkeit in 100 m Höhe an der Position des Windparks Nordergründe für den Zeitraum zwischen dem 04.01.2018 18:00 UTC und dem 05.01.2018 18:00 UTC. Ergebnis einer Simulation mit dem mesoskaligen Modell WRF (ohne Berücksichtigung der Auswirkung des Windparks Nordergründe auf die Windverhältnisse). Im zentralen Bereich des betrachteten Zeitintervalls ist deutlich ein Windrampenereignis vom Typ der Aufwärtsrampe zu erkennen.

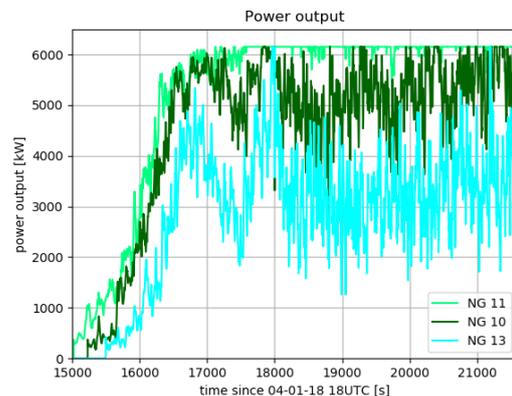


Abbildung 2: Leistungszeitreihen von ausgewählten Windenergieanlagen des Windparks Nordergründe für das Windrampenereignis am 04.01.2018. Ergebnis einer Large-Eddy-Simulation mit Windenergieanlagenparametrisierung, welche offline in Felder aus einer vorangegangenen mesoskaligen Simulation genestet wurden. Es ist zu erkennen, dass die Leistung einzelner Anlagen im Zuge des Passierens der Windrampe innerhalb von nur wenig mehr als einer halben Stunde von 0 W auf Nennleistung springt.

WWW

<https://uol.de/energiemeteorologie/forschung/windenergie>

Weitere Informationen

Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie - FKZ 03EE3027A