

# Meteorologische Aspekte der Netzintegration von Windenergie

## Einleitung

B. Lange  
 ISET  
[blange@iset.uni-kassel.de](mailto:blange@iset.uni-kassel.de)

Der Anteil der Stromerzeugung aus Windenergie hat in Deutschland in den letzten Jahren stetig zugenommen. Inzwischen gibt es zu Zeiten mit hoher Einspeisung und schwachem Verbrauch ganze Netzregionen, die vollständig aus Windenergie gedeckt werden. Durch den geplanten Ausbau der Offshore-Windenergie wird die Bedeutung der Windenergie für die Stromversorgung weiter zunehmen. Sie wird dauerhaft einen wichtigen Beitrag zu einer klimaschonenden und sicheren Energieversorgung leisten. Bei zunehmendem Anteil an der gesamten Stromerzeugung führt die Integration dieser Technologien zu neuen Herausforderungen an das Stromversorgungssystem.

## Herausforderungen bei der Netzintegration von Windenergie

Bei der Integration von Windenergie in das Stromversorgungssystem gibt es grundsätzliche Unterschiede zu konventionellen Kraftwerken, die zu neuen Herausforderungen bei Planung und Betrieb des Stromversorgungssystems führen:

- Konventionelle Kraftwerke sind flexibel in der Planung ihrer Stromerzeugung, d. h., sie können verbrauchsorientiert betrieben werden, indem sie vorgegebenen Fahrplänen folgen. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung um eine „dargebotsabhängige“ Erzeugung, d. h., die eingespeiste Leistung ändert sich abhängig vom Wind. Die Folge ist eine zeitlich nicht an den Verbrauch angepasste Einspeisung.
- Konventionelle Kraftwerke stellen Reserveleistung und Regelenergie für den aktuellen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch zur

Verfügung. Darüber hinaus stellen sie zusätzlich zur Energieerzeugung Netzdienstleistungen für die Netzführung zur Verfügung (z. B. Frequenzregelung, Spannungshaltung). Bisher werden Windparks nur sehr eingeschränkt für diese Aufgaben eingesetzt.

- Nicht nur der Betrieb des Stromversorgungssystems, sondern bereits dessen Planung ist vom Einsatz der Windenergie als Energiequelle betroffen. Konventionelle Kraftwerke sind in ihrer Standortwahl relativ flexibel und können daher in der Nähe der Verbrauchszentren errichtet werden, wodurch lange Transportwege vermieden werden. Die Standorte von Windparks sind dagegen wesentlich durch die herrschenden Windverhältnisse bestimmt. Daher werden Windparks häufig an netzfernen Standorten errichtet. Außerdem ist bei Windparks die installierte und damit die maximal eingespeiste Leistung erheblich höher als die mittlere Leistung, was vergleichsweise größere Transportkapazitäten erforderlich macht.

Die Einbeziehung eines bedeutenden Anteils von Windenergie in das Stromversorgungssystem erfordert ein Umdenken in der Energiesystemtechnik. Wegen der wesentlich durch meteorologische Bedingungen bestimmten Stromerzeugung müssen energiemeteorologische Verfahren und Erkenntnisse in Betrieb und Planung des Stromversorgungssystems einbezogen werden.

## Aufgaben der Energiemeteorologie bei der Netzintegration

Aufgabe der Energiemeteorologie bei der Netzintegration von Windenergie ist es, Verfahren und Werkzeuge bereitzustellen, die die sichere und ökonomische Integration der Windenergie ermöglichen.

Im Betrieb muss vor allem das Verfahren zum Leistungsausgleich an die Erfordernisse der dargebotsabhängig fluktuierenden Windleistung angepasst werden. Die zentrale Rolle spielen hier Prognosen der in den nächsten Stunden und Tagen zu erwartenden Windleistung. Die Windleistungsprognose ermöglicht die Integration der Windleistung in das Fahrplansystem, mit dem der Kraftwerkseinsatz an den erwarteten Verbrauch angepasst wird.

Auch bei Fragen der Netzführung und Netzsicherheit müssen die Besonderheiten der Windenergie berücksichtigt werden. Hier stellen Windleistungsprognosen die entscheidenden Informationen bereit, die Windparks in die Lage versetzen, Netzdienstleistungen für die Netzführung bereitzustellen. Dazu sind Prognosen der Windleistungseinspeisung an den Einspeisepunkten ins Stromnetz erforderlich. Zusätzlich ist eine verlässliche Angabe der möglichen Prognosefehler nötig, um die sicher zur Verfügung stehende Leistung zu bestimmen. Um die für die Netzführung wichtige kurzfristige Prognose für die nächsten Stunden mit ausreichender Genauigkeit machen zu können, ist es zudem notwendig, aktuelle Messdaten in die Prognose mit einzubeziehen.

Für die Planung des Stromversorgungssystems sind wesentliche Aufgaben der Energiemeteorologie sowohl bei der Netzplanung als auch bei der Kraftwerksplanung zu sehen. Bei der Netzplanung müssen die Anforderungen der Windenergie an die Transportkapazitäten berücksichtigt werden. Dabei muss die in Raum und Zeit fluktuierende Windleistung detailliert in die Planung einbezogen werden. Die Berücksichtigung einer fluktuierenden Einspeisung zusammen mit der ebenfalls fluktuierenden Last erfordert eine Erweiterung der Netzplanung. Statt der Berücksichtigung von einzelnen Situationen müssen realistische, räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Zeitreihen der Windleistung für zukünftige Szenarien als Grundlage genommen werden, um die räumlich und zeitlich durch das Windangebot bestimmte Einspeisung bei den Netzberechnungen zu berücksichtigen.

Auch bei der Wahl von Standort und Technologie der konventionellen Kraftwerke müssen die Eigenschaften der Windenergienutzung mit

einbezogen werden. Der konventionelle Kraftwerkspark muss geeignet sein die fluktuierende Windleistung auszugleichen. Neben dem zeitlichen Ausgleich der Leistung muss auch hier dessen räumliche Verteilung berücksichtigt werden.

## Stand der Anwendung energiemeteorologischer Verfahren und Werkzeuge zur Netzintegration

Bedingt durch den steigenden Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung in einigen Ländern sind bereits eine Reihe von Verfahren und Werkzeugen in Einsatz, die aus der Energiemeteorologie stammen.

Windleistungsprognosen sind heute in allen Ländern mit einem bedeutenden Anteil von Windstromerzeugung aus der Energiewirtschaft nicht mehr wegzudenken. Sie werden von Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB), Verteilnetzbetreibern und Händlern entweder mit Hilfe von Softwarewerkzeugen selbst erstellt oder als Service eingekauft. Das am weitesten verbreitete Softwareprogramm zur Windleistungsprognose ist das Wind Power Management System (WPMS) [1]. Dies wurde vom Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) zusammen mit den deutschen ÜNB und dem DWD (Deutscher Wetterdienst) mit Förderung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) entwickelt und ist seit 2001 im operationellen Einsatz.

Für die aktive Integration der Windenergie in Fragen der Netzführung und Netzsicherheit ist eine Eingriffsmöglichkeit der Netzbetriebsführung in die Einspeisung der Windparks Voraussetzung. Dies ist momentan in Deutschland nur in Ausnahmefällen möglich. Aus technischer Sicht bieten moderne Windparks dagegen schon vielfältige Möglichkeiten Netzdienstleistungen bereitzustellen. In Deutschland entwickelt das ISET zusammen mit ÜNB, der Universität Kassel und dem DWD mit Förderung durch das BMU ein Werkzeug zur aktiven Integration von Windparks in die Netzführung: das Windpark Cluster

Management System (WCMS) [2]. Die momentan als Demonstrationsprojekt bei E.ON Netz laufende Software beinhaltet eine netzknotenscharfe Windleistungsprognose mit spezieller Kurzfristprognose und Vorhersage eines Unsicherheitsintervalls. Sie ermöglicht es dem Netzbetreiber die angeschlossenen Windparks mit verschiedenen Regelungsstrategien aktiv in die Netzführung einzubeziehen.

Für die Netzplanung und die Planung des Kraftwerksparks wird die Windenergie bisher noch wenig berücksichtigt. Die deutsche dena-Studie [3] und die europäische EWIS-Studie zeigen den Anfang eines Umdenkens in der Energiewirtschaft, wobei bisher dem dargebotsabhängigen Charakter der Windleistung nur sehr vereinfacht Rechnung getragen wird. Für die Planung von Netz und Kraftwerkspark werden von der Windenergienutzung Erzeugungszeitreihen für zukünftige Szenarien benötigt. Diese werden bei der Modellierung und Planung des übrigen Kraftwerksparks berücksichtigt. Der so berechnete Kraftwerkseinsatz und die prognostizierten Lasten gehen in die Netzberechnungen ein, mit denen der Netzausbau geplant wird. Die für die Studien benötigten Zeitreihen werden von Forschungsinstituten nach unterschiedlichen Verfahren berechnet. Die Zeitreihen für die dena-Studie wurden beispielsweise vom ISET mit dem Online-Monitoring Verfahren des WPMS erstellt.

## Fazit

Die Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wie der Windenergie unterscheiden sich grundsätzlich von den bisher eingesetzten Stromerzeugungstechnologien der fossilen oder nuklearen Kraftwerke.

Der wesentlichste Unterschied ist die fehlende Anpassung der Erzeugung an den Verbrauch. Dies betrifft sowohl eine zeitliche Nichtanpassung von Windangebot und Stromverbrauch, als auch die räumliche Nichtanpassung von Windressourcen und Verbrauchsschwerpunkten. Meteorologische und klimatologische Aspekte spielen daher bei der Entwicklung eines tragfähigen Konzeptes zur Integration der

Windenergie in die Stromversorgung eine wesentliche Rolle. Die Energiemeteorologie muss Verfahren und Werkzeuge bereitstellen, die neue Konzepte in der Energiesystemtechnik ermöglichen. Nur so kann die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien dauerhaft in das Stromversorgungssystem integriert werden.

## Literatur

- [1] Lange, B., K. Rohrig, B. Ernst, F. Schlögl, Ü. Cali, R. Jursa, J. Moradi: 'Wind power forecasting in Germany – Recent advances and future challenges'. Zeitschrift für Energiewirtschaft. Vol. 30 no. 2 (2006), pp. 115-120
- [2] Wolff, M., R. Mackensen, G. Füller, B. Lange, K. Rohrig, F. Fischer, L. Hofmann, S. Heier, B. Valov: Extended operation control to integrate German (offshore) wind farms. Proceedings of the German Wind Energy Conference DEWEK 2006, published on CD
- [3] dena, „Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland“, dena, Chauseestr. 128a, 10115 Berlin, Germany, 2005
- [4] Mortensen, N. G., L. Landberg, I. Troen, E. L. Petersen: ‚Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)‘. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1993.