

Anforderungen bei der Integration von Windenergie in die Netze verschiedener Länder

Fraunhofer IWES

Dr. Kurt Rohrig
krohrig@iset.uni-kassel.de

Dr. Bernhard Lange
blange@iset.uni-kassel.de

Reinhard Mackensen
Fraunhofer IWES
rmackensen@iset.uni-kassel.de

Einleitung

Die Entwicklung der Windenergie weist in Europa und weltweit enorme Zuwachsraten auf. Dabei haben Länder wie Dänemark, Deutschland und Spanien mit ihrer Vorreiterrolle wesentliche Grundlagen für die Integration der Windenergie geschaffen. Im Jahr 2030 soll die Windenergie mehr als 25 % des Strombedarfs in Europa zur Verfügung stellen [1].

Dieser hohe Anteil der Windenergieerzeugung stellt eine enorme Herausforderung für die zuverlässige und sichere Integration der Windenergie in die Versorgungsnetze dar. Folglich erhöhen sich die Notwendigkeiten, Windparks wie konventionelle Kraftwerke bezüglich Planbarkeit und Netzverträglichkeit zu steuern, um eine zuverlässige und sichere Integration der Windenergie zu gewährleisten. Die länderspezifischen Regelungen und Anforderungen bezüglich Energiemarkt und Stromnetzen sind Randbedingungen, die bei der Entwicklung der Anlagentechnik und der Werkzeuge zur Planung, Überwachung und Steuerung Berücksichtigung finden müssen.

Der Begriff „Kraftwerkseigenschaften für Windparks“ deutet an, dass Windenergieerzeugung kontrollierbar und zuverlässig entsprechend den Systemanforderungen sein muss und Windenergieanlagen das elektrische Netz bei Störungen stützen müssen. Diese Fähigkeiten basieren auf der Steuerung der Wirk- und Blindleistung der Windparks sowie dem Verhalten bei Netzstörungen wie dem der Fault-Ride-Through [2] Capability Verhalten, eine Fähigkeit, mit der Windkraftanlagen kurzzeitige Spannungszusammenbrüche überstehen können und somit zur Netzstabilität beitragen.

Status der Netzintegration

Eines der größten Hindernisse für die weitere Entwicklung der Windenergietechnologie ist die begrenzte Kapazität der Übertragungsnetze. Der weiträumige Ausgleich der Windenergieeinspeisung durch den Energietransport über weite Strecken verringert große Fluktuationen in erheblichem Ausmaß [3]. Dieses erfordert einen effizienten und nachhaltigen Ausbau und eine Verstärkung des Europäischen Übertragungsnetzes und besonders der Kuppelstellen in Verbindung mit einer detaillierten Planung und einer frühzeitigen Erkennung der Netzengpässe auf Europäischer Ebene.

Die zukünftige zuverlässige und ökonomische Netzplanung und ein sicherer Netzbetrieb erfordern zudem eine zuverlässige Überwachung, ein besseres Verständnis und eine präzise Voraussagbarkeit des jeweiligen Netzzustandes. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit für verbesserte Überwachungs-, Simulations- und Vorhersagewerkzeuge gekoppelt mit dynamischer Analyse und Bewertung des Europäischen Verbundsystems.

Der Ausbau der Windenergienutzung in Europa ist in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich. So weist die installierte Leistung in Deutschland und Spanien zweistellige Gigawattgrößen auf, gefolgt von Italien, Frankreich, Großbritannien, Dänemark und Portugal.

Weltweit sind heute ca. 130.000 MW Windleistung installiert und die Zuwachsraten sind enorm. In einigen Ländern deckt die Windenergieerzeugung teilweise schon mehr als die Hälfte der gesamten Last (Dänemark, Spanien). Die Herausforderungen an ein elektrisches Energieversorgungssystem mit sehr hohem Windenergieanteil sind

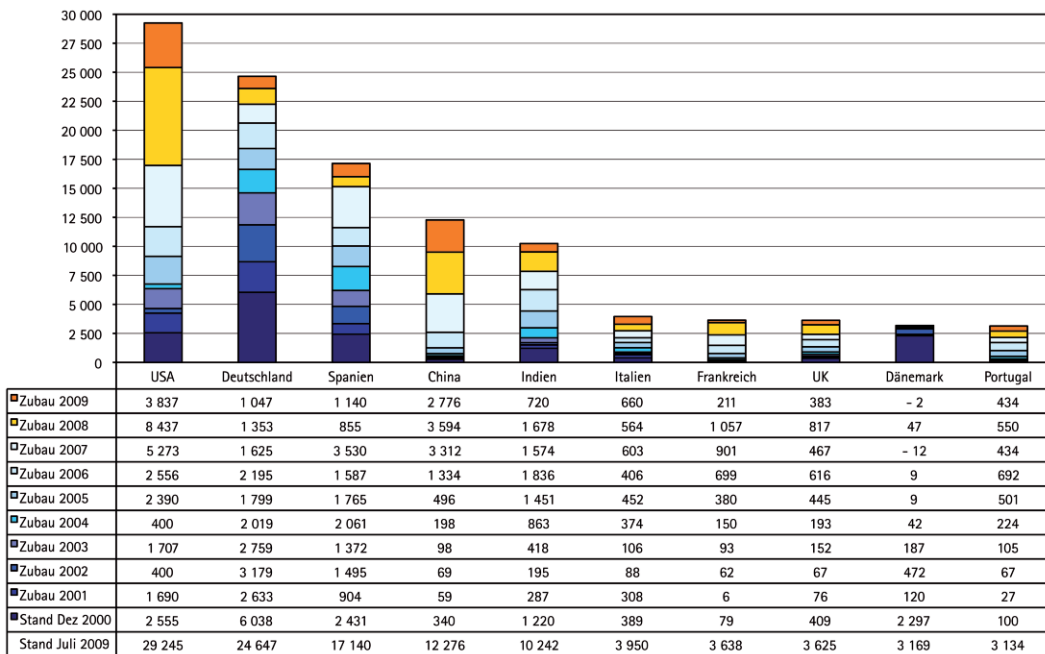


Tabelle 1
Weltweit installierte
Windleistung.

Grafik: Fraunhofer IWES

- die Variabilität der Windenergieeinspeisung,
- der Prognosefehler bei der Windeinspeisung,
- das elektrische Netz zur Aufnahme und zum Transport von Windenergie.

Einfluss der Windenergieeinspeisung auf den Netzbetrieb ist vielmehr abhängig von diesen Faktoren:

- dem Anteil der Windleistung im Netz (% min, % avg, % max)
- der Variabilität der Last
- der Flexibilität des konventionellen Kraftwerksparks
- den Möglichkeiten zur Erhöhung der Flexibilität von Erzeugung und Last
- der Struktur des Netzes (Windstandorte – Lastzentren)

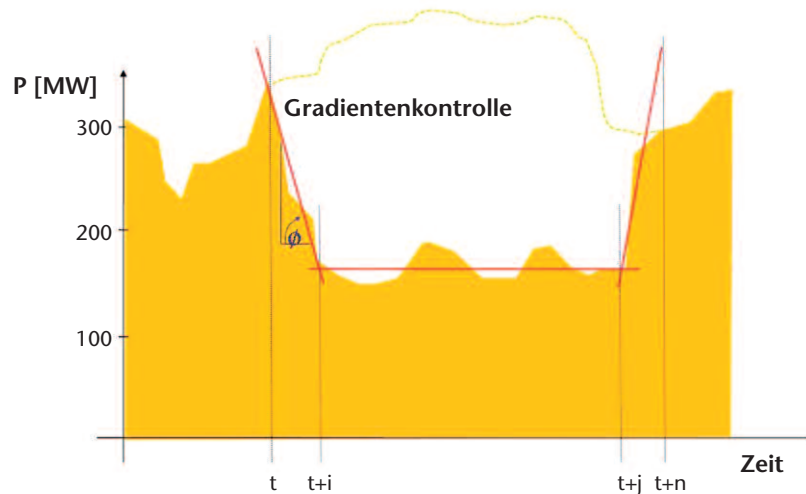
Der Status Quo der Netzintegration in diesen Ländern besagt, dass das Netz die Energie von den heute existierenden Anlagen weitgehend aufnehmen und transportieren kann. Die Auslastung der Netze gerät in einigen Ländern jedoch zunehmend an die Kapazitätsgrenzen. Um die Anforderungen an die Netzintegration in den verschiedenen Ländern vergleichbar zu machen, reicht es nicht aus, die installierte Windleistung als Messgröße anzusetzen. Der

Der Grad der Durchdringung kann an der Energie oder an der Leistung gemessen werden.

Region/ Fallstudie	Last			Inter-connection	Windleistung					
					2007			Höchste untersucht		
	Peak MW	Min MW	TWh/a	MW	MW	MW	TWh/a	%	%	%
West-Dänemark real	3700	1300	21	2830	2380		5,00	65%	24%	58%
Dänemark 2025	7200	2600	38	5190/6790	3125	6500	20,20	90%	53%	83%/69%
Irland 2020	9600	3500	54	1000	900	6000	19,00	63%	35%	178%
Portugal	8800	4560	49,2	1000	2150	5100	12,80	58%	26%	92%
UK	76000	24	427	2000	2389	38000	115,00	50%	27%	146%
Deutschland 2015	77955	41000	552,3	10000	22247	36000	77,20	46%	14%	71%
Spanien 2011	53400	21500	246,2	2400	15145	17500		33%	19%	73%
Schweden	26000	13000	140	9730	788	8000	20,00	31%	14%	35%

Tabelle 2
Durchdringung der
Windenergie in
Ländern Europas.

Abbildung 1
Wirkleistungsregelung
– Gradientenkontrolle
mit dem WCMS.
Grafik Fraunhofer IWES



Im IEA Wind Annex 25 [4] wurde die Durchdringung auch an der Minimallast und der Netzkapazität gemessen. Diese Betrachtung spiegelt die Herausforderungen bei hohen Windeinspeisungen zu Schwachlastzeiten wider. Weiter zeigt es die Besonderheiten von Inselsystemen gegenüber gut vernetzten Gebieten.

Die Tabelle 2 zeigt die aktuelle und zu erwartende Durchdringung der Windenergie in einigen Ländern Europas. So wird in Deutschland ein Anteil an der Spitzenlast von 14 % und an der Minimallast von 71 % in 2015 erwartet. Bei dieser hohen Durchdringung überschreitet die Windleistung in naher Zukunft in vielen Ländern die Last in erheblichem Ausmaß. Daher ist es erforderlich, die erzeugte Windenergie über weite Strecken zu transportieren um einen Austausch zu ermöglichen. Eine zentrale Aufgabe von Forschung und Industrie ist dabei zukünftige Netzplanungswerkzeuge für den Entwurf einer nachhaltigen, leistungsfähigen, Europäischen Netzstruktur zu entwickeln. Insbesondere gilt es, die neuen transnationalen Offshore-Anschlüsse und ein Offshore-Supergrid zu gestalten.

Zukünftige Herausforderungen

Durch die Zusammenfassung mehrerer großer Offshore-Windparks sowie weiterer verteilter Windanlagengruppen zu Windpark Clustern [5] erschließen sich neue Möglichkeiten zur opti-

mierten Einbindung dargebotsabhängiger Erzeugung in elektrische Versorgungssysteme. Das am Fraunhofer IWES entwickelte Windpark-Cluster-Management System (WCMS) hat die Aufgabe, die geografisch verteilten Windparks zum Zwecke einer optimalen Netzbetriebsführung und der Minimierung des Reserve- und Regelleistungsbedarfs zusammenzufassen und als einzelnes Großkraftwerk mit Einspeisung in mehrere Höchstspannungsknoten abzubilden und zu steuern. Mit Hilfe neuer Betriebsführungskonzepte bezüglich Wirk- und Blindleistungsregelung können auch größere Windleistungen in Versorgungssysteme integriert werden.

Grundsätzlich ergeben sich aufgrund der Anlagentopologie folgende zu betrachtende Systemebenen:

- einzelne Windenergieanlage (WEA)
- einzelner Windpark (WP)
- geografische, netztopologische und regelungstechnische Zusammenfassung mehrerer Windparks zu einem Windpark-Cluster (WPC)

Für moderne Windparks und mit entsprechenden Windpark-Controllern sind die folgenden Regelungs- und Betriebsführungsstrategien bereits Stand der Technik bzw. realisierbar:

- Einspeisung von Blindleistung nach Sollwertvorgabe
- Maximalwertbegrenzung nach Sollwertvorgabe

- Einhalten maximaler Gradienten nach Sollwertvorgabe
- Leistungsbegrenzung bei Überfrequenz

Mit den genannten Möglichkeiten sind ebenfalls erweiterte Strategien realisierbar:

- Fahrplanvorgabe (zeitvariable Vorgabe von Maximalwerten)
- Spannungsregelung im Hoch- /Höchstspannungsnetz
- schnelle Spannungsregelung im Mittelspannungsnetz
- Bereitstellung von Regelleistung

Auf Grundlage dieser Möglichkeiten lassen sich zukünftige Regelungs- und Betriebsführungsstrategien für Windparks ableiten:

- Blindleistungseinspeisung
- Erzeugungsmanagement
- Fahrplanvorgabe
- Spannungsregelung auf Hoch- und Höchstspannungsebene
- Bereitstellung von Reserveleistung
- Fähigkeit zur Primärregelung

Literatur

- [1] Strategic Research Agenda (SRA) from 2008 to 2030; European Wind Energy Technology Platform, Brüssel, Juli 2008
- [2] dena Netzstudie I
- [3] Wilhelm Winter; European Wind Integration Study (EWIS); Tagungsband 14. Kasseler Symposium Energiesystemtechnik; Kassel; 2009
- [4] Hannele Holttinen; Impacts of large amounts of wind power on design and operation of wind power systems; Tagungsband 14. Kasseler Symposium Energiesystemtechnik; Kassel; 2009
- [5] Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Integration großer Offshore-Windparks in elektrische Versorgungssysteme“; Fraunhofer IWES; Kassel; 2009