



**Bild 1:** Mit einer erwarteten Stromarbeit von 1.200 Millionen kWh pro Jahr aus 54 Windkraftanlagen zählt Nordsee One zu den großen Offshore-Windparks in der Nordsee. (Quelle: Condair)

# Lufttrocknung auf hoher See

## Luftentfeuchter zum sicheren Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen

### Einleitung

In den vergangenen Jahren hat sich die Erzeugung von regenerativem Strom in Offshore-Windparks zu einer wichtigen Säule des ökologischen Energiemixes entwickelt und zählt zu den großen Hoffnungsträgern der Energiewende. Damit die vielen tausend Windräder, die in der Nord- und Ostsee betrieben werden, dauerhaft sicher funktionieren, darf in deren Betriebsräumen eine maximale Luftfeuchte nicht überschritten werden. Daher muss die Luft fast ständig entfeuchtet werden: Ausfälle und Reparaturen von Windanlagen weit im Meer sind sehr aufwändig und können zu hohen Einkommenseinbußen führen. Dieser Beitrag erläutert die Problematik und deren Lösung beispielhaft am Ende 2017 in Betrieb gegangenen Windpark Nordsee One (siehe **Bild 1**). Dieser umfasst 54 Windkraftanlagen und hat eine Gesamtleistung von mehr als 330 MW.

Die auf hoher See herrschenden starken und meist auch stetig wehenden Winde machen die Offshore-Windenergie lukrativ. Aufgrund der guten Bedingungen

sind bei Offshore-Windanlagen die jährlichen Volllaststunden doppelt so hoch wie bei vergleichbaren Anlagen an Land. Rund 20.000 MW elektrische Leistung sind derzeit in Windparks in der Nordsee, in der Ostsee und in der Irischen See installiert. Weitere 35.000 MW befinden sich im Bau oder sind in der Planung. Bei rund 3.500 Vollbetriebsstunden pro Jahr erzeugen die mehreren tausend Windräder derzeit pro Jahr eine elektrische Arbeit von 70 Milliarden kWh, im Jahr 2025 werden es gemäß den Planungen insgesamt weit über 220 Milliarden kWh sein. Nutzer des grünen Stroms sind wesentlich Großbritannien, Deutschland, die Niederlande, Belgien und Dänemark.

### Auch Deutschland setzt auf Windkraft

In Deutschland läuft der Ausbau der Offshore-Windenergie mit Hochdruck. Ende 2017 waren vor den deutschen Küsten fast 1.200 Windenergieanlagen in 20 Offshore-Windparks mit einer Leistung von insgesamt 5.400 MW am Netz.

Informationen des Bundesverbands Windenergie zufolge steuerte die Windenergie im Jahr 2017 mit rund 105 Milliarden kWh einen Anteil von etwa 18 % zur deutschen Stromerzeugung bei (600 Milliarden kWh). Damit ist die elektrische Arbeit aus Windenergie etwa genauso groß wie die der Photovoltaik, Biomasse und Wasserkraft zusammen. Von dem Strom aus Windkraftanlagen stammten 2017 rund 20 Milliarden kWh aus Offshore-Windkraftanlagen – das waren 50 % mehr als 2016. Auch die Bundesregierung setzt für die kommenden Jahre stark auf Windstrom: Bis 2030 soll eine Windleistung von 15.000 MW installiert sein (je etwa 50 % on- und offshore), die dann eine Stromarbeit von mindestens 200 Milliarden kWh erzeugen wird. Diese entspricht etwa einem Drittel des heutigen deutschen Gesamtstromverbrauchs. Auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) beträgt derzeit die Anfangsvergütung für Windenergieanlagen auf See 15,4 Cent/kWh für die ersten zwölf Jahre, danach 3,9 Cent/kWh.

### Nordsee One liefert 1.200 Millionen kWh Strom pro Jahr

Der Windpark Nordsee One befindet sich etwa 35 km nördlich der Insel Juist in der südlichen Nordsee. Er hat eine Gesamtfläche von 41 km<sup>2</sup>, die Wassertiefe beträgt 26–29 m (siehe Bild 2). Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt bei 10 m/s. Fast zehn Jahre, nachdem das Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie die Freigabe zur Errichtung des Windparks gegeben hatte, startete Ende 2015 der Bau von Nordsee One. Im April 2016 waren die Fundamente für die 54 Windkraftanlagen fertig, im Sommer wurde die Umspannplattform errichtet, Ende September 2017 waren alle 54 Windkraftanlagen montiert. Im Dezember 2017 ging Nordsee One in Betrieb und liefert seitdem grünen Strom.

Zum Einsatz kommen 54 Windenergieanlagen mit einem Rotordurchmesser von 126 m, die eine Nennleistung von je 6,15 MW haben. Die Windkraftanlage startet bei Windgeschwindigkeiten ab 3,5 m/s und erreicht ihre Maximalleistung bei etwa 12 m/s. Die Rotoren haben eine Gesamtfläche von 12.500 m<sup>2</sup> – das entspricht der Größe von eineinhalb Fußballfeldern! Die Gesamtleistung aller 54 Anlagen beträgt 332 MW. Die Betreiber des Windparks rechnen bei etwa 3.600 Vollleistungsstunden mit einer elektrischen Arbeit von zirka 1.200 Millionen kWh pro Jahr. Dieser Strom entspricht dem jährlichen Verbrauch von rund 400.000 Haushalten und spart eine Million Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr, der ansonsten in Kraftwerken zur Stromerzeugung anfallen würde. Vorgesehen ist eine Betriebszeit des Windparks von mindestens 25 Jahren.



**Bild 2:** Die 54 Windkraftanlagen von Nordsee One umfassen eine Fläche von rund 41 km<sup>2</sup>. (Quelle: Condair)



**Bild 3:** Der Weg des Stroms geht von der Windkraftanlage zur Sammelstation, dann zur Umspannplattform und von dort aus zur Zentralstation an Land. (Quelle: Condair).

### Strom aus der Nordsee ans Land

Die 54 Windkraftanlagen sind durch Mittelspannungskabel mit der Umspannplattform verbunden, die den Strom auf eine Hochspannung von 155 kV transformieren. Von dort aus wird der Strom mit zwei Seekabeln zur sieben km entfernten und als Sammelstation dienenden Offshore-Konverterplattform geleitet (32 m x 16 m x 18 m), wo der Strom in Gleichstrom gerichtet wird. Zwei 320-kV-Kabel übertragen den Strom letztlich zum Einspeisepunkt an Land, dem Umspannwerk Dörpen West (siehe Bild 3).

### Betriebsicherheit als oberstes Gebot

Windkraftanlagen, die oft viele Kilometer vom Land entfernt sind, müssen eine maximale Betriebsicherheit aufweisen. Bei Anlagenausfällen geht dem Betreiber wegen der hohen Erträge der MW-Anlagen viel Geld verloren. Notwendige Reparaturen können sich oft witterungsbedingt um Tage verzögern. Bei schwerer See sind die Serviceteams durch mehrstündige Anfahrten und schwierige Übergänge vom Schiff zur Windkraftanlage hohen Belastungen ausgesetzt. Transfers per Helikopter



**Bild 4:** Die 54 Condair-Luftentfeuchter wurden für das Nordsee One-Projekt in einer seewasser- und salzresistenten Spezialausführung geliefert. (Quelle: Condair)



**Bild 5:** Windkraftanlage mit Luftentfeuchter im Turm an der Netzleitung. (Quelle: Condair)

sind zwar schneller, aber teurer und müssen bei Nebel und starkem Wind oft ausfallen. Eine elektronische Anlagenfernüberwachung und redundante Systeme sind daher bei Windkraftanlagen Standard, ebenso regelmäßige von Spezialunternehmen durchgeführte Inspektionen

und Wartungen der Fundamente, der Rotorblätter und der gesamten Elektronik.

Die Condair GmbH, Garching lieferte für das Nordsee One-Projekt insgesamt 54 Luftentfeuchter vom Typ DC 75 (siehe **Bild 4**). Zu deren Schutz vor zu hoher Feuchte und vor Korrosion muss daher die Luft kontinuierlich auf eine relative Feuchte von etwa 50–60 % entfeuchtet werden. Das dabei entstehende Kondensat wird ständig automatisch abgeführt. Beim Projekt Nordsee One befinden sich diese je rund 135 m<sup>3</sup> Räume (Durchmesser 5,5 m, Höhe 5,7 m), in denen die Entfeuchter eingesetzt werden, im Bereich Wasseroberfläche (siehe **Bild 5**).

Die kompakten Luftentfeuchter vom Typ DC 75 (Abmessungen 800 mm x 820 mm x 400 mm) arbeiten mit einem Kältekreislauf (Kältemittel R410A) auf Basis der Kondensationsentfeuchtung (Unterschreitung des Taupunkts der Luft). Bei einer Luftleistung von 800 m<sup>3</sup>/h beträgt die maximale Entfeuchtungsleistung 73 l pro Tag. Eine Besonderheit der für Nordsee One gelieferten Geräte ist die spezielle, sehr hochwertige Offshore-Ausführung mit einem maximalen Schutz gegen die aggressive, salzhaltige Meeresluft. Dazu zählen zum Beispiel ein Edelstahlgehäuse, robuste Spezialwärmeübertrager aus Kupfer/Kupfer sowie eine Speziallackierung für die EC-Ventilatoren und die isolierten Kältemittelleitungen. Die in IP66/67 ausgeführte Geräteelektronik (inklusive Störmanagement) befindet sich in einer separaten Elektrobox. Die bedarfsgesteuerte Heißgasabtauung gewährleistet einen wirtschaftlichen Betrieb auch bei niedrigen Raumtemperaturen.

## AUTOREN VITA



Dipl.-Ing. (FH) SEBASTIAN STRUTZ

- 2002 Gas- und Wasserinstallateur
- 2002 – 2003 Fachoberschule Itzehoe
- 2003 – 2007 Studium der TGA an der Hochschule Bremerhaven
- 2007 – 2008 Projekt-/Vertriebsingenieur Klima-/Lüftungstechnik Handelsschiffbau bei einem internationalen Schiffsausrüster in Hamburg
- Seit 2008 Vertriebsingenieur Luftbefeuchtung und Verdunstungskühlung bei der Condair GmbH in Laatzen

**Kontakt** Condair GmbH  
Regionalcenter Nord  
Lüneburger Straße 4  
30880 Laatzen-Rethen  
Tel.: +49 4121 579 88 00  
E-Mail: sebastian.strutz@condair.com

