Kerzengerade auf hoher See

Windturbinenbauer BARD Engineering GmbH entwickelte ein einzigartiges Konzept für das Fundament seiner Windturbinen. Der Turm steht auf einem Stützkreuz, das über der Wasseroberfläche auf drei Hauptpfeilern ruht. Beim präzisen und in kurzer Zeit waagerechten Ausrichten dieses Stützkreuzes kommt das Synchronhubsystem von Enerpac zum Einsatz.

Das 2003 gegründete Unternehmen BARD Engineering baut Windturbinen und Offshore-Windparks. Aufgrund seiner Zielsetzung von verschiedenen Zulieferern unabhängig zu sein, hat sich das Unternehmen entschieden, alle Teile und alles, was für die Installation erforderlich ist, selbst zu entwickeln, zu fertigen und zu montieren. Dazu gehört auch ‚Wind Lift I', das Schiff, das speziell gebaut wurde, um den Windturbinenpark auf hoher See installieren zu können.

Derzeit entsteht in der Nordsee nordwestlich der Insel Borkum der Windturbinenpark ‚BARD Offshore 1'. Dieser Windturbinenpark umfasst 80 Windturbinen des Typs ‚BARD VM' sowie 5 MW-Anlagen, die mit einem doppelt gespeisten Asynchrongenerator (engl. Doubly-Fed Induction Generator – DFIG) ausgerüstet werden.

Das Unternehmen aus Bremen entwickelte ein eigenes, patentiertes Konzept für das Fundament der Windturbinen: Das BARD-Tripile. Die 90 m hohe Windturbine ruht auf drei Hauptpfeilern mit jeweils 90 m Länge. Je nach Bodenbeschaffenheit werden diese Pfeiler mithilfe einer Schablonenkonstruktion 30 bis 45 m in den Seeboden gerammt. Dabei wird die exakte Position mithilfe eines satellitengesteuerten Navigationssystems präzise bestimmt.

Wichtig ist, dass das Stützkreuz exakt horizontal ausgerichtet wird.

Auch die Höhe der Pfeiler über dem Meeresspiegel wird automatisch auf 3 bis 4 cm genau bestimmt. Diese drei Pfeiler sind über der Wasseroberfläche durch eine Kreuzkonstruktion (cross piece) miteinander verbunden, auf welcher der Turbinemast ruht. „Das Einzigartige an unserem Fundament besteht unter anderem darin, dass sich dieser Teil wie alle Verbindungen oberhalb des Wasserspiegels befinden, denn in den meisten Fällen ruht der Turm unter Wasser auf einem Fundament", führt Robert Ebert, stellvertretender Geschäftsführer der BARD Building GmbH & Co. KG aus.

Wichtig ist selbstverständlich, dass das Stützkreuz exakt horizontal ausgerichtet wird, damit der Turbinenmast nach dem Aufstellen exakt gerade steht. Enerpac lieferte mit seinem hydraulischen Synchronhubsystem die Lösung für die horizontale Ausrichtung des Stützkreuzes. „Die Verbindungsflansche sind nicht immer gerade und glatt, und es schien unmöglich, eventuelle Flanschabweichungen manuell millimetergenau zu korrigieren. Deshalb haben wir nach einer Möglichkeit gesucht, die 500 Tonnen schwere Stützkonstruktion möglichst schnell und präzise ausrichten zu können, und das waren die synchron gesteuerten hydraulischen Zylinder", so Robert Ebert.

Bei der Installation des Stützkreuzes wurden auf jeden Pfeiler, im Kreis verteilt, drei Zylinder mit einer Kapazität von jeweils 100 t montiert. Je Fundament also neun Zylinder mit einer gesamten Hubleistung von 900 t. Die Zylinder werden anschließend an den Computer des Synchronhubsystems angeschlossen, der sich an Bord der ‚Wind Lift I' befindet, wodurch das Stützkreuz schließlich mit einem Knopfdruck automatisch exakt horizontal ausgerichtet wird. Zu diesem Zweck wird das Stützkreuz von den Zylindern zunächst um etwa 20 mm angehoben, um es anschließend vom Ausgangspunkt aus auf 1 mm genau horizontal auszurichten.

Die Zylinder werden anschließend an den Computer des Synchronhubsystems angeschlossen.

Die Kontrolle des Ausrichtungsvorgangs erfolgt über die Software mithilfe von Geometern und eines Neigungsmessers. Sobald das Stützkreuz exakt horizontal ausgerichtet ist, wird dieses mit den Pfeilern durch eine 5 m hohe Betonummantelung verbunden, wobei

Bei der Installation des Stützkreuzes wurden auf jeden Pfeiler, im Kreis verteilt, drei Zylinder mit einer Kapazität von jeweils 100 t montiert.

Enerpac lieferte mit seinem hydraulischen Synchronhubsystem die Lösung für die horizontale Ausrichtung des Stützkreuzes. ▲ ▶

◀▼ *Einzigartiges Fundamentkonzept; Das BARD Tripile.*

der Beton wie ein Ring von 13 cm Dicke in einen Hohlraum gegen die Wand sowohl des Stützkreuzes als auch der Pfeiler geschüttet wird. "Es wird nichts geschweißt oder verschraubt; die Betonummantelung fängt die gesamten Kräfte auf', erklärt Ebert.

Die Zylinder bleiben an Ort und Stelle, bis der Beton ausgehärtet ist, und werden dann für eines der weiteren Fundamente wiederverwendet. Inzwischen fährt BARD mit dem Aufbau des folgenden Fundaments mit anderen Zylindern fort. „Wir wollen die Fundamente schnell anbringen und ausrichten, deshalb können wir nicht 3 bis 4 Tage warten, bis der Beton ausgehärtet ist", so Ebert.

Für die ersten 50 Windturbinen wurden deshalb insgesamt 450 Standardzylinder mit 700 Bar Leistung bestellt. „Wir gehen davon aus, diese Zylinder zweimal verwenden zu können", erklärt Ebert. Das scheint zwar nicht viel, aber es ist noch nicht ganz klar, wie die Zylinder auf die häufig extremen Witterungsbedingungen und das Salzwasser reagieren.

BARD Engineering hat neben den Zylindern auch in zwei Steuerungsmodule für das Synchronhubsystem investiert. Enerpac wurde außerdem mit der Schulung des Personals von BARD für das Synchronhubsystem beauftragt.

„Das Schöne an diesem hydraulischen Synchronhubsystem besteht darin, dass es vollautomatisch funktioniert. Menschliche Fehler bei der manuellen horizontalen Ausrichtung, wie beispielsweise das Öffnen eines falschen Ventils, sind mit diesem System völlig ausgeschlossen", bemerkt Robert Ebert abschließend.

KM

Testturbine in Hooksiel

In Hooksiel, nahe Wilhelmshafen, befindet sich 400 m vor der Küste eine Testwindturbine. Hier wurde erstmals das patentierte BARD-Tripile Fundament verwendet, das speziell für Offshore-Anwendungen entwickelt wurde. Diese ‚Nearshore'-Installation entspricht den 80 Windmühlen im ‚BARD Offshore 1'-Windpark, und weist eine Nominalleistung von 5 MW auf. Je nach Stand der Gezeiten ist das Wasser vor Ort zwischen 2 und maximal 8 m tief. Die Pfeiler des BARD-Tripile wurden etwa 44 m in den Boden gerammt. Dabei kam die weltweit größte Ramme zum Einsatz. Die Verbindung mit dem Elektrizitätsnetz erfolgt über ein 20-KV-Kabel.

Einige Kennziffern

Gewicht des Rotors:	180 t
Gewicht der Gondel (Maschinenhaus):	280 t
Gewicht des Turms:	zwei Teile mit je 130 bzw. 160 t
Gewicht des Fundamentpfeilers:	400 t
Gewicht des Stützkreuzes:	500 t
Höhe der Fundamentpfeiler:	90 m
Höhe des Turbinenmastes:	90 m
Durchmesser des Rotors:	122 m
Leistung:	5 MW
Windturbinentyp:	BARD VM