

Vom Prototyp zur Serienreife: Multibrid M5000 für Offshore-Markt

## PC-Control für Offshore-Park

→ Mit Onshore-Windkraftanlagen hat sich die Multibrid GmbH nie aufgehalten: Das Konzept der 5-Megawatt-Offshore-Anlage M5000 war von Anfang an für den Einsatz auf See ausgerichtet. Für die Serienfertigung hat Multibrid das Steuerungskonzept, in enger Zusammenarbeit mit Beckhoff, überarbeitet und auf eine einheitliche Plattform gestellt.





#### Technische Daten der M5000

Nennleistung:	5 MW
Rotordurchmesser:	116 m
Rotordrehzahl:	4,5 – 14,8 min <sup>-1</sup>
Blattspitzengeschwindigkeit:	90 m/s
Nabenhöhe Offshore:	90 m (Prototyp 102 m)
Kopfmasse/Rotorfläche:	< 30 kg/m <sup>2</sup>

Einen Prototyp seiner Windkraftanlage hatte Multibrid bereits 2004 entwickelt, aber bis zur Serienreife sollte es noch weitere drei Jahre dauern. Seit Mitte 2007 wird die Multibrid M5000 mit einem Rotordurchmesser von 116 Metern und einer Nabenhöhe von 90 Metern in einer eigenen Produktionsstätte in Bremerhaven, Deutschland, gefertigt.

Die Situation, die Projektleiter Bernd Zickert vorfand, als er 2005 in das Unternehmen einstieg, war typisch: Steuerung und Automatisierung der Anlage basierten auf keiner einheitlichen Plattform. Die Hardwarekomponenten stammten von vier verschiedenen Herstellern, entsprechend vielfältig waren die Systemkenntnisse, die von den Multibrid-Ingenieuren gefordert wurden, und entsprechend problematisch gestalteten sich die Abstimmung der Komponenten und die Erhebung von Daten.

Für den Prototyp war diese anlageninterne „Artenvielfalt“ sinnvoll, sollte sie doch vor allem die Belastbarkeit des Konzepts demonstrieren und gleichzeitig eine Entscheidungsgrundlage für die Serienproduktion schaffen. Zu diesem Zweck musste getestet werden, was in Frage kam. Den ersten Praxistest hatte die M5000 bereits zwei Jahre zuvor absolviert: Das Konzept funktionierte. Nun aber ging es um den Ernstfall namens Serienproduktion und den Offshore-Betrieb.

Durch präzise Simulation der komplexen Umwelteinflüsse, die auf eine Windenergieanlage einwirken – unter Einschluss aller möglichen Störfälle und Störfallkomplexe, mit denen gerechnet werden muss (Hardware in the Loop) –, wurde der Prototyp getestet. „Wir haben in der Simulation alle Schnittstellen der Anlage eins zu eins abgebildet“, erläutert Bernd Zickert. „Dabei konnten auch Weiterentwicklungen umgesetzt werden, welche die Performance der Anlage verbesserten.“ Im Vordergrund stand die Praktikabilität des Systems für Produktion,

Montage und Service im Betrieb. Immerhin will Multibrid noch im Jahr 2008 bis zu 13 Anlagen produzieren und sechs davon im Offshore-Windpark „Alpha Ventus“ (siehe Text auf Seite 39) installieren. Alpha Ventus ist der erste deutsche Offshore-Windpark auf hoher See und ein gemeinsames Pionierprojekt der Unternehmen E.ON Climate & Renewables, EWE und Vattenfall Europe New Energy.

#### Verschleißarme Technologie minimiert Anlagenausfälle

Das Konzept von Multibrid ist ambitioniert. Anders als die meisten Windenergieanlagenhersteller setzt Multibrid auf einen Permanentmagnet-Synchrongenerator. Zwar arbeiten die meisten Stromlieferanten mit Synchrongeneratoren, nur die Windindustrie nutzt bevorzugt Asynchrongeneratoren. Mit der Wahl eines multipoligen Synchrongenerators, der als Ring aufgebaut ist, hat Multibrid sich an eine bewährte Technologie angeschlossen – mit dem großen Vorteil, ein deutlich verschleißärmeres Konzept gewählt zu haben. Das bringt insbesondere beim Einsatz auf dem Meer entscheidende Pluspunkte, sind hier doch Service-, Wartungs- und Reparatureingriffe deutlich aufwändiger als an Land, da Schlechtwetterperioden den Zugang erschweren. Damit die Anlagen zuverlässig betrieben werden können, ist alles von Nutzen, was weniger störanfällig ist und seltener ausfällt.

#### Geringes Gewicht erleichtert Aufbau und Montage

Um den Transport zu vereinfachen und eine sichere und schnelle Montage im Offshore-Bereich zu gewährleisten, wurde beim Bau der M5000 größter Wert auf geringes Gewicht von Gondel und Rotor gelegt. Multibrid hat zwischen Rotor und Generator ein einstufiges Getriebe platziert und reduziert damit die Umdrehungsvarianz des Rotors um den Faktor von nahezu 1:10. Der Generator ist durch





Die Fertigung in Bremerhaven bietet einen direkten Zugang zum Hafen für den Transport per Schiff.

einen 4-Quadranten-Vollumrichter mit dem Netz verbunden, was den drehzahlvariablen Betrieb erlaubt. Zugleich lassen sich alle Anforderungen, die von den Netzbetreibern an moderne Windkraftanlagen gestellt werden, erfüllen. Mit diesem Konzept hat Multibrid das Gewicht des Gesamtkomplexes von Rotor, Nabe und Gondel auf etwa 310t reduzieren können.

Trotz der hohen Nennleistung baut Multibrid auch sehr kompakt: Die Höhe der zwei Etagen umfassenden Gondel beträgt lediglich sieben Meter, die Länge zehn Meter. Damit ist die Anlage deutlich kleiner und leichter als vergleichbar leistungsstarke Anlagen. Das hat mehrere Vorteile: Die Auslegung des Stahlrohrturms, der auf einem Tripod-Fundament aufsitzt, lässt sich anders dimensionieren. Außerdem kann die Gondel an Land vormontiert und als Ganzes auf See installiert werden.

Zentral für den Offshore-Betrieb ist die hermetische Kapselung der Gondel: Ein Luftaufbereitungssystem saugt die Umgebungsluft an, scheidet Salz- und Wasserpartikel ab und erzeugt einen Überdruck in der Gondel, der die aggressive Seeatmosphäre fernhält und die empfindlichen Steuerungselemente vor Korrosion schützt.

#### **Einheitliche Steuerungsplattform vereinfacht das Anlagenhandling**

Die Überarbeitung von Steuerung und Automatisierung, die vom Team Bernd Zickerts unternommen wurde, führte zu einer Vereinfachung des Systems. Die Zahl der Controller wurde von fünf auf zwei reduziert. Neben dem Hauptrechner im Turm ist ein Nabenrechner als Redundanz vorgesehen, um Datenverluste beim Transfer über die Schleifringkupplung zu unterbinden.

Die gesamte Hardware wurde auf Beckhoff-Komponenten umgestellt und damit eine durchgängige Steuerungsplattform eingerichtet, sodass die Handhabung sowie alle Schnittstellen und Datenflüsse einfacher werden und aufeinander abgestimmt sind. Immerhin werden etwa 500 digitale und analoge Signale verarbeitet. Speziell im Service macht sich das bemerkbar, da sich die Servicetechniker nur noch in eine einzige Bedienerführung einarbeiten müssen; Schulungs- und Inbetriebnahmeaufwand reduzieren sich dadurch drastisch.



## Multibrid

Das Unternehmen Multibrid ist seit der Gründung im Jahre 2000 in der Entwicklung und Herstellung der Offshore-Windenergieanlage Multibrid M5000 tätig. Ein Team aus Spezialisten für alle wesentlichen Anlagenkomponenten arbeitet zusammen mit Zulieferern kontinuierlich an der Weiterentwicklung der Multibrid-Technologie. Darüber hinaus fließen durch die Zugehörigkeit zur Prokon-Nord-Gruppe langjährige Erfahrungen aus der Windparkrealisierung in die Multibrid-Technologie ein.

Der Projektplaner Prokon Nord hatte sich bereits früh in den Offshore-Bereich gewagt und plante drei Windparks in der Nordsee und vor der Küste der Normandie, in denen 181 Anlagen mit einer Leistung von je fünf Megawatt errichtet werden sollten. Prokons Engagement war also sinnvoll: Das Unternehmen konnte sich auf eine Nachfrage stützen, mit der eine Neuentwicklung wirtschaftlich wird. Spätestens mit dem Einstieg des französischen Energiekonzerns Areva, im September 2007, der 51 Prozent der Multibrid-Anteile übernahm, war die Zukunft von Multibrid auch finanziell gesichert. Aus der guten Idee konnte nun auch ein gutes Geschäft werden. Inzwischen ist die Multibrid-Produktion angelaufen.



## Steuerungsarchitektur M5000

### Steuerung

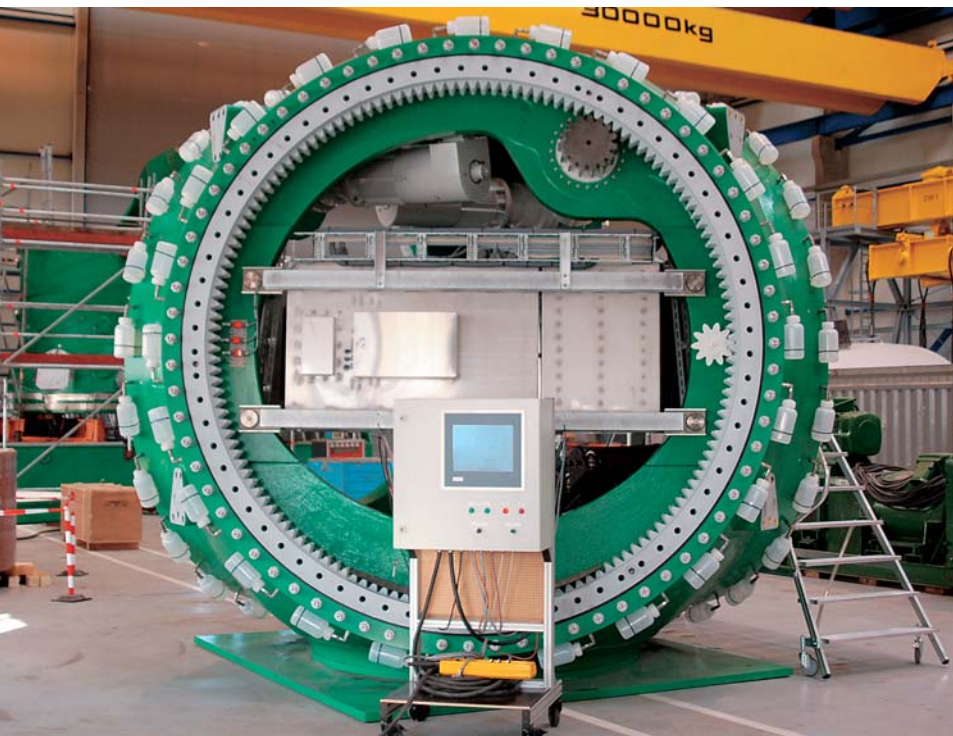
- | Hauptrechner: Embedded-PC CX1020 mit Windows XP
- | Nabenrechner: Embedded-PC CX9000 mit Windows CE
- | Automatisierungssoftware: TwinCAT PLC

### HMI

- | Einbau-Control-Panel CP6832

### I/O

- | Bussystem: EtherCAT (PROFIBUS unterlagert über EtherCAT-Klemmen)
- | I/O-Systeme: Busklemmen/EtherCAT-Klemmen
- | I/O-Klemmen:
  - diverse Digital-/Analog-I/Os
  - Leistungsmessklemme
  - Relaisklemme
  - SSI-Winkelmessklemme
  - Inkremental-Encoder-Interface
  - serielle Schnittstelle



Der M5000-Teststand dient primär zur Zeitreduzierung für Funktionsprüfung und Inbetriebnahme sowie der Optimierung der Betriebsabläufe und Regelungsvorgänge.



## Systemoffenheit setzt Weiterentwicklung keine Grenzen

Um Ausfällen vor Ort begegnen zu können, sind Sensorik, Aktorik und Hilfsysteme gleichfalls redundant ausgelegt. Das betrifft insbesondere Luftaufbereitung, Ölversorgung und Hydraulik, die Batterieladegeräte der Nabe und die Kühlung, die auf diese Weise doppelt gesichert sind.

Mit der PC-basierten Steuerungstechnik ist die Offenheit des Systems garantiert – ein Plus, an dem Multibrüd-Ingenieur Zickert besonders viel liegt, da hiermit die Weiterentwicklung von Steuerung und Automatisierung gewährleistet ist: „Immerhin bewegen wir uns in einer Branche, die im Fluss ist und sich ständig verändert.“ Fremdgeräte können unkompliziert über die vorhandenen Schnittstellen integriert werden. Die Offenheit des Systems ermöglicht es auch, I/O-Klemmen mit neuen Funktionalitäten jederzeit zu integrieren.

Da Beckhoff mit seiner Steuerungssoftware TwinCAT auf den MS-Windows-Standard aufsetzt, ist auch die Bedienung deutlich erleichtert und konventionellen Oberflächen sehr ähnlich. Das wirkt sich auch auf die Visualisierung der Datenströme und Informationen aus, die dem Nutzer über ein SCADA-System zur Verfügung gestellt werden. Die Steuerung lässt den gesicherten Zugriff vor Ort und in der Leitzentrale zu; es können auch mehrere Anwender gleichzeitig auf die Steuerung zugreifen. Außerdem lassen sich Parameter verändern und den spezifischen Anforderungen der Nutzer anpassen. Dadurch verbessert sich auch die Fehleranalysefähigkeit des Systems. Die Überwachung der Anlage geschieht per Glasfaserkabel in Echtzeit über Internet-Protokoll.

Angebunden ist zudem ein ORACLE-Datenbanksystem, das Daten – etwa bei Störungen der Anlagenkommunikation – bis zu 50 Tage offline vorhalten kann, bevor sie an die Leitstelle weitergegeben werden. Die Speicherkapazität ist abhängig von der Leistungsfähigkeit der eingesetzten Flashkarte. Gespeichert wer-

den alle Daten, die für das Windparkmanagement relevant sind, unter anderem Betriebsdaten (10-Minuten-Mittelwert, Trace, Zähler), Fehler-Log-Analyse, Leistungskurve, Produktion, Blindleistung, Eigenverbrauch und Betriebsmodus.

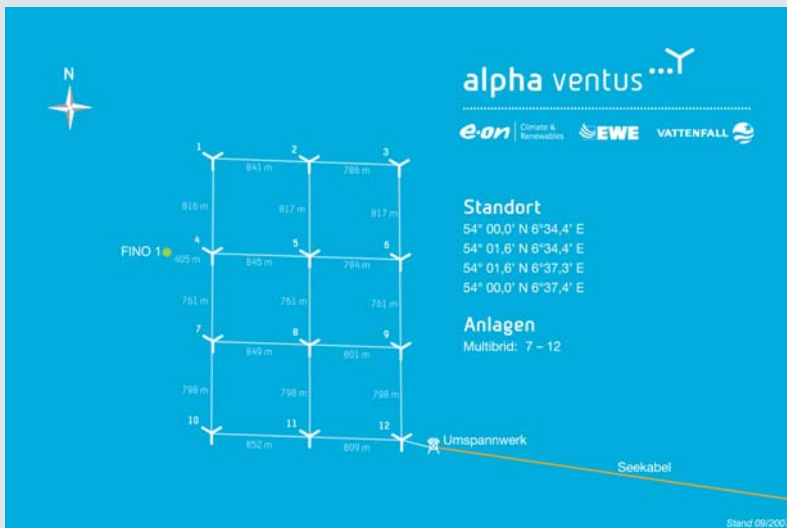
### Umfassende und komplexe Simulation sichert Qualität

Besonders wertvoll ist für Multibrüd die Qualität der Simulation, die das Multibrüd-Team in enger Zusammenarbeit mit dem ISET (Institut für Solare Energieversorgungstechnik, Universität Kassel) entwickelt hat. Sie ermöglicht die Simulation der Anlagenzustände und des Datenaustauschs über TwinCAT in Echtzeit. Beckhoff lieferte hierzu die notwendige Hardware und arbeitete bei der Entwicklung des SCADA-Systems mit.

Der Teststand dient nicht nur dazu, theoretische Annahmen und Konzepte einer ersten Plausibilitätsprüfung zu unterziehen sowie Mitarbeiter und Betreiber zu schulen, sondern wurde von Multibrüd zu einem höchst leistungsfähigen und effektiven Qualitätssicherungsinstrument ausgebaut: Alle Steuerungskomponenten der Anlage sind auf dem Teststand abgebildet. Das System ist in der Lage, alle Aktoren und Sensoren sowie die Kommunikation mit der Steuerung der Anlage zu simulieren. Damit lässt sich die Funktionalität von Steuerung und Betriebsführung vollständig im Vorfeld der Installation testen. Statt auf See, unter erschwerten Bedingungen, Komponenten installieren zu müssen, deren Funktionsfähigkeit nur bedingt gesichert ist, kann so, bereits vor Auslieferung, die Qualität der Komponenten und Teilsysteme sichergestellt werden. Dies wirkt sich auch bei der Installation von Updates und Retrofitmaßnahmen aus, die nicht mehr als Betaversionen im Feld getestet werden müssen, sondern bereits mit weitreichenden Funktionstests versehen installiert werden können.

—> Multibrüd GmbH [www.multibrüd.com](http://www.multibrüd.com)





157 m Köllner Dom  
 147 m Cheops Pyramide  
 143 m Blattspitze

## Alpha Ventus: Erster deutscher Windpark auf hoher See

Der Offshore-Windpark Alpha Ventus ist ein gemeinsames Pionierprojekt der Unternehmen E.ON Climate & Renewables, EWE und Vattenfall Europe New Energy. In der Nordsee, rund 45 Kilometer nördlich vor der Insel Borkum gelegen, in einer Wassertiefe von 30 Metern, ist Alpha Ventus der erste deutsche Windpark, der auf hoher See unter echten Offshore-Bedingungen errichtet wird. Mit Konstruktion, Bau, Betrieb und Netzintegration des Forschungsprojekts Alpha Ventus als Testfeld werden grundlegende Erfahrungen im Hinblick auf die zukünftige kommerzielle Nutzung von Offshore-Windparks gesammelt.

Für 2008 sind die Errichtung der südlichen Hälfte des Windparks mit sechs Windenergieanlagen vom Typ Multibrid M5000 und des Offshore-Umspannwerks geplant. Der Netzanschluss des Windparks ist für Herbst 2008 vorgesehen. Im Sommer 2009 sollen in der nördlichen Hälfte des Windparks sechs weitere Windenergieanlagen eines anderen Typs folgen.

Die Windkraftanlagen werden als Einzelkomponenten an Land vorproduziert. Die Montage von Gondel, Rotorblättern, Turmsegmenten und Gründungsstruktur zur kompletten Windenergieanlage erfolgt auf See.

Die 12 Windenergieanlagen werden auf einer Gesamtfläche von vier Quadratkilometern errichtet. Die Aufstellung erfolgt in einem Rechteck mit – von Norden nach Süden betrachtet – vier parallel verlaufenden Reihen à drei Anlagen. In der entstehenden gitterähnlichen Formation haben die Windenergieanlagen einen Abstand von jeweils etwa 800 Metern voneinander.

Die Multibrid M5000 werden mit einem „Tripod“ (Dreifuß) als Gründungsstruktur auf dem Meeresgrund verankert. Die Wassertiefe beträgt an dieser Position rund 30 Meter. Um die dreieckige Standfläche eines Tripod von 255 m<sup>2</sup> zu umspannen, benötigt man 56 Männer. Die Stahlmasse einer Anlage entspricht mit rund 1.000 Tonnen dem Gewicht von 200 ausgewachsenen Elefanten oder 22 Eisenbahnwaggons. Der Rotor fängt den Wind auf einer Fläche ein, die rund anderthalb mal so groß ist wie ein Fußballfeld. Bei maximaler Drehgeschwindigkeit des Rotors schneiden die Blattspitzen der Windenergieanlagen mit etwa 300 Kilometern pro Stunde durch die Luft.

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit am Standort beträgt 10 Meter pro Sekunde (m/s), dies entspricht Windstärke 5. Die Planer rechnen mit etwa 3.800 Vollbetriebsstunden im Jahr. Gute Standorte an Land liefern etwa 5 m/s und 2.200–2.500 Vollbetriebsstunden.



### Eckdaten Alpha Ventus

- | Anlagenzahl: 12
- | Gesamtleistung: 60 MW
- | erwarteter Energieertrag/Jahr: ca. 220 Gigawattstunden (= Jahresverbrauch von ca. 50.000 Drei-Personen-Haushalten)

→ Weitere Informationen: [www.alpha-ventus.de](http://www.alpha-ventus.de)