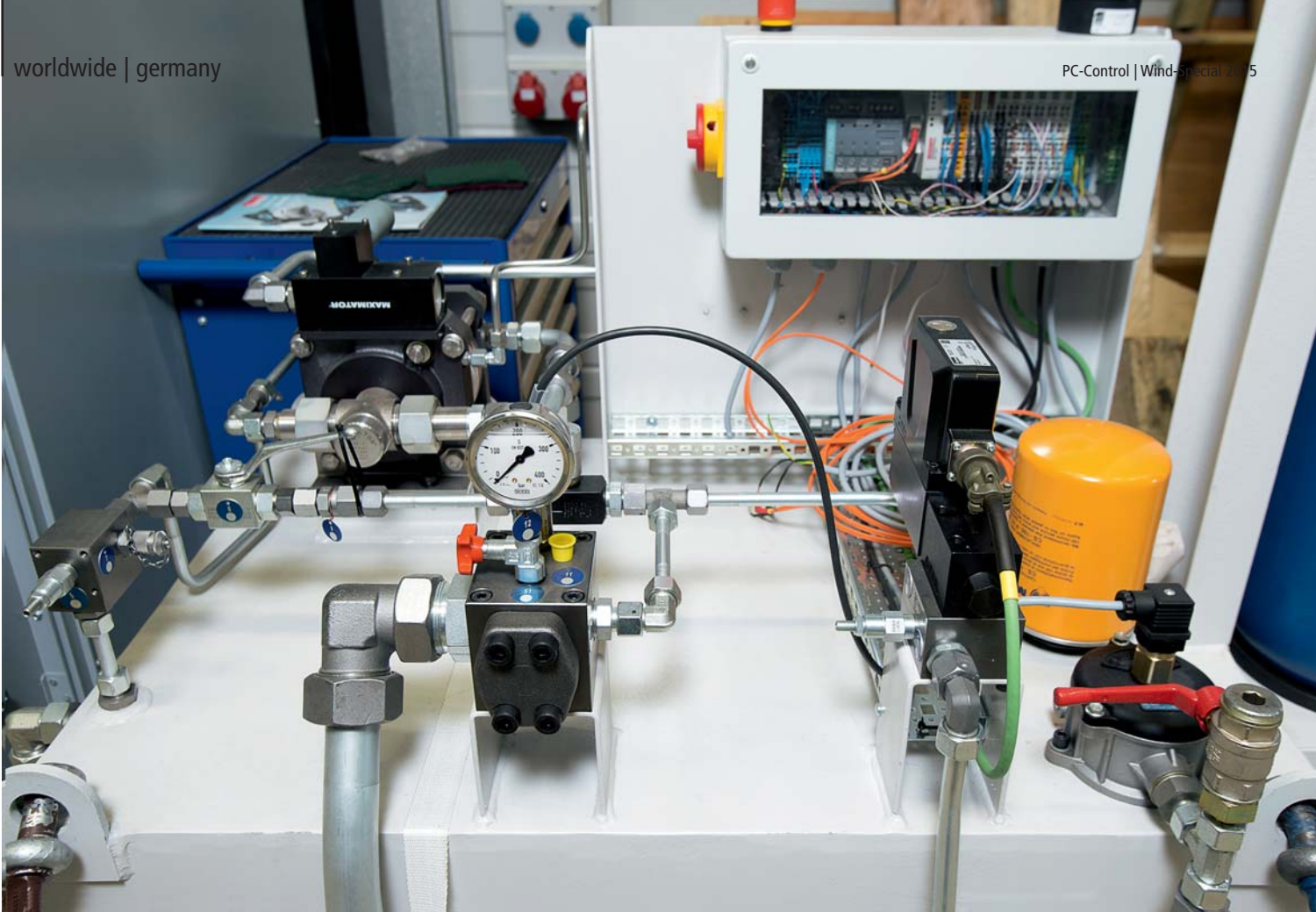


Die Stewart-Plattform für die Kraftübertragung zur WEA-Gondel bietet sechs Freiheitsgrade und nutzt hierbei sechs 3.000-kN-Servozyliner.

PC- und EtherCAT-basierte Steuerungstechnik eines Systemprüfstands für Windenergieanlagen

# Schnelle EtherCAT-Kommunikation für verteilte Echtzeit-Regelungen eines 10-MW-Prüfstands

Mit dem Dynamic Nacelle Testing Laboratory (DyNaLab) wurde das erste Testumfeld für komplette Gondeln von Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland aufgebaut. Es verfügt über einen Prüfstandantrieb mit 10 MW Nennleistung und bietet hierzulande einzigartige Prüfmöglichkeiten bei WEA-Systemen im Bereich von 4 bis 8 MW Nennleistung. Die Steuerung des komplexen Systems übernimmt PC-based Control von Beckhoff. Dabei sorgt die extrem schnelle EtherCAT-Kommunikation für eine durchgängig echtzeitfähige Lösung, mit der sich die verteilten Subsysteme regelungstechnisch optimal betrachten lassen.



Das DyNaLab ist in Bremerhaven angesiedelt, und zwar beim Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Institutsteil Nordwest. Desse Forschungsgebiete umfassen das gesamte Spektrum der Windenergietechnik, von der Windphysik bis zur Netzeinspeisung. Im Vordergrund steht dabei das Verständnis der Windenergieanlage als System mit dynamischen Wechselbeziehungen der einzelnen Komponenten und Umweltfaktoren, was – so Torben Jersch, Gruppenleiter Bereich Anlagen- und Systemtechnik – Synergien für komplexe Lösungsansätze schafft. Zumal das Fraunhofer IWES am Standort Bremerhaven bereits zwei durchgängig ausgelastete Rotorblattprüfstände betreibt und so eine insgesamt einzigartige Prüfinfrastruktur anbietet.

#### Windenergieanlagen umfassend und realitätsnah prüfen

Das DyNaLab bietet Anlagenherstellern ein realitätsnahes Testumfeld im Mehrfach-Megawatt-Bereich für aussagefähige Labortests, die zur Beurteilung und Optimierung bestehender und künftiger Anlagenkonzepte beitragen können. Die ersten Tests haben im August 2015 gemeinsam mit dem spanischen Systemlieferanten begonnen. Dabei wird die zu prüfende WEA-Gondel der Firma Jacobs PowerTec GmbH über eine als Stewart-Plattform ausgeführte hydraulische Kräfteinleitung angekoppelt, d. h. über einen Hexapod mit sechs 3.000-kN-Servozyllindern. Besonders auszeichnen wird das DyNaLab zukünftig die Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von WEA auf dem Prüfstand.

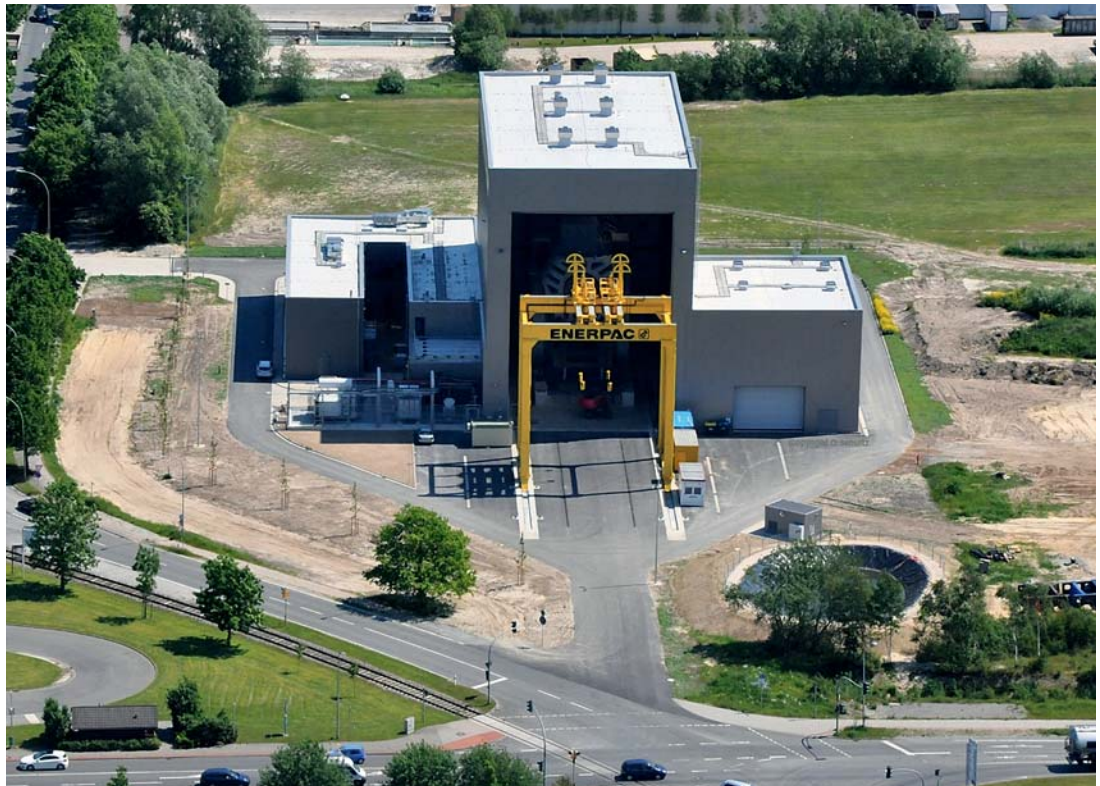
Die lasteinleitende Struktur zur Nachbildung mechanischer Windlasten, wie Schub- oder Biegemomente, ist über ein Momentenlager mit dem Flanschadapter verbunden. Die Momente und Kräfte können somit von der nicht rotierenden

Lastscheibe auf die drehende Welle übertragen werden. Mit dieser besonderen Konfiguration lassen sich Biegemomente von ca. 20.000 kNm bzw. Schub in der Größenordnung von 1.900 kN aufbringen und darüber hinaus auch radiale Lasten dynamisch nachbilden. Das Winddrehmoment wird über zwei fremderregte Synchronmaschinen in Tandemanordnung mit einer Antriebsleistung von jeweils 5 MW nachgebildet. Das ermöglicht für den Testbetrieb eine Antriebsleistung von 10 MW sowie die Einleitung eines Nenndrehmoments von 8.600 kNm in den Prüfling.

Der gesamte Antriebsstrang des Prüfstands ist um einen Winkel von 5° geneigt, was der tatsächlichen Lage einer Windenergieanlage im Feld und somit der realen Belastungssituation entspricht. Die Windlastsimulation kann sowohl aus dem Nachbilden unterschiedlicher statischer und dynamischer Betriebszustände bestehen als auch aus der Echtzeitsimulation. Um die WEA möglichst umfassend zu testen, sind sowohl das Pitch- als auch das Yaw-System in die Anlagenprüfung integriert. Hierfür werden die Stellgrößen der einzelnen Systeme über Aktuatoren in der Echtzeitsimulation implementiert. Eine Mittelspannungsnetznachbildung mit 36.000 V ermöglicht die Nachbildung von Netzfehlern und Spannungseinbrüchen für die Gondelprüfung.

#### Echtzeitfähiges Steuerungs- und Regelungssystem für den Prüfstand

Zu den Anforderungen an die Steuerungs- und Regelungstechnik des Prüfstands erläutert Torben Jersch: „Da wir verteilte Echtzeitberechnungen und -regelungen durchführen wollten, war ein extrem schnelles und deterministisches Kommunikationssystem unabdingbar. Hier hat sich EtherCAT als optimal erwiesen. Und



PC-based Control ist modular und fein skalierbar und lässt sich somit in allen Prüfstandbereichen bedarfsgerecht einsetzen.

Die große Halle des Prüfkomplexes beinhaltet den Prüfstand sowie das Hydraulik- und das Kühlsystem; im linken Anbau ist der Großteil des elektrischen Systems untergebracht.

aufgrund des tiefgehenden EtherCAT-Know-hows und des breiten Spektrums an EtherCAT-Komponenten von Beckhoff war es naheliegend, komplett auf PC-based Control zu setzen.“

In der Praxis hat sich dies inzwischen bewährt, wie Torben Jersch ausführt: „Mit den XFC-Eigenschaften von EtherCAT, wie Distributed Clocks und Timestamp, ist die Zeitsynchronizität im gesamten Prüfstand gewährleistet. Somit konnten wir problemlos die gewünschten verteilten, diskreten Regelkreise aufbauen, das Echtzeitkonzept durchgängig einhalten und auf diese Weise auch alle Subkomponenten regelungstechnisch betrachten. EtherCAT ist somit der Hauptkommunikationsbus für die Steuerung und Regelung der wesentlichen Prüfstandkomponenten, wie Umrichter und Motoren, Hexapod, Simulationsrechner sowie Sollwertvorgabe und zusätzliche Überwachung für das Prüfobjekt. Standard-Ethernet wird lediglich zur langsamen Überwachung und Steuerung von Hilfssystemen wie z. B. Kühlpumpen verwendet.“

Mit der Beckhoff-Steuerungstechnik ist per TwinSAFE das Sicherheitssystem des Prüfstands realisiert. Hinzu kommen die Hexapod-Regelung mit der parallelen Ansteuerung der sechs Hydraulikzylinder sowie die Aufgaben als DyNaLab-Hauptsteuerrechner bzw. die Echtzeit-Berechnung des WEA-Rotormodells. Zum Einsatz kommen hierfür drei Industrie-PCs: zwei 19-Zoll-Einschub-PCs C5102 und ein Embedded-PC CX5010. Zu den Gründen für diese Aufteilung erläutert Torben Jersch: „Die physikalische Trennung in drei Rechneinheiten war Teil unserer Spezifikation, um das Steuerungssystem klar und mit eindeutigen Schnittstellen zu strukturieren. Außerdem erleichtert

uns dieser Aufbau spätere Erweiterungen oder auch Optimierungen bei einzelnen Subsystemen.“

### Vereinfachtes Engineering durch TwinCAT 3

Beim DyNaLab kommt als Automatisierungssoftware TwinCAT 3 zum Einsatz, das aus Sicht von Torben Jersch insbesondere durch die Anbindung an MATLAB®/Simulink® Vorteile bietet: „Das Einbinden von MATLAB®-Code erlaubt es einem Großteil unserer Mitarbeiter, Regelungen zu programmieren und sich so intensiv auf die Applikationserstellung zu konzentrieren, ohne tief in eine Mikrocontroller- oder SPS-Programmierung einsteigen zu müssen.“ Ebenfalls zum Einsatz kommen u. a. die TwinCAT-3-Basiskomponenten bzw. Functions TC3 PLC, TC3 Scope View Professional und Scope Server sowie TC3 XML Server und Database Server.

weitere Infos unter:

[www.windenergie.iwes.fraunhofer.de](http://www.windenergie.iwes.fraunhofer.de)

[www.beckhoff.de/EtherCAT](http://www.beckhoff.de/EtherCAT)

[www.beckhoff.de/TwinCAT3](http://www.beckhoff.de/TwinCAT3)

[www.beckhoff.de/wind](http://www.beckhoff.de/wind)