

Messdatenanalyse und Leistungskurvenmessung

an einer Multimegawattwindenergieanlage

Anwendungsbericht ► Energie ► Windkraft

Einleitung

In den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten hat sich die Windenergiebranche von einer Nischensparte der Energieerzeugung zu einer der führenden Technologien der umweltfreundlichen Energieerzeugung entwickelt. Heutige Windenergieanlagen bieten ein breites Spektrum an Anlagentypen und sind somit für die unterschiedlichsten Standorte und dort vorherrschende Umwelt- bzw. Windbedingungen geeignet. Die Anlagengröße, d.h. die generierte Leistung nimmt dabei ständig zu. Waren bis vor einigen Jahren noch Anlagen mit einer Nennleistung von bis zu 1MW das Maß aller Dinge stoßen die Anlagen heutzutage immer schneller in den Multimegawattbereich vor. Bei der im Rahmen dieser Messkampagne untersuchten Windenergieanlage handelt es sich um eine solche Multimegawattanlage mit einer Nennleistung von 5MW.

Es ist nachvollziehbar, dass solche Anlagen höchsten Sicherheits- und Qualitätsstandards genügen müssen. Daher ist es notwendig, dass Windenergieanlagen vor der Marktreife eingehend überprüft und zertifiziert werden, was wiederum unterschiedlichste Messungen und Untersuchungen bedingt.

Die Gründe für Messungen an Windenergieanlagen sind dabei mannigfaltig. Der Hauptgrund ist sicherlich die messtechnische Verifizierung von Annahmen zur Betriebsfestigkeit, zur Anlagendynamik und allgemeinen Funktionsweise der Anlage die während der Entwicklung und Simulation getroffen wurden und nun im Sinne einer Zertifizierung der Anlage nachgewiesen werden müssen.

Für einen Anlagenbetreiber stehen vor allem verifizierte Aussagen zur postulierten Leistung einer solchen Windenergieanlage im Vordergrund. Zu diesem Zweck finden im Rahmen der Zertifizierung sogenannte Leistungskurvenvermessungen (vgl. Abb.1) sowie Lastmessungen nach IEC 61400-12/13 statt, anhand denen sich genaue Rückschlüsse auf die Energieerzeugung sowie den Ertrag bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und somit an unterschiedlichen Standorten gewinnen lassen.

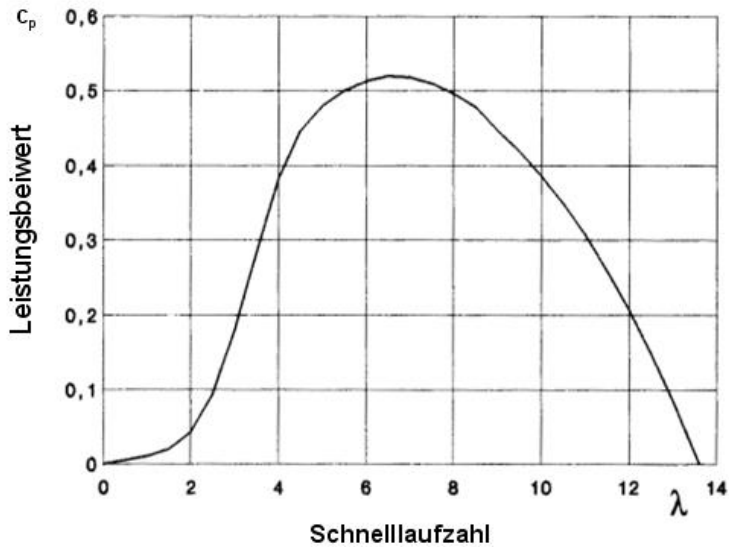


Abb.1: typische dimensionslose Leistungskennlinie einer schnelllaufenden Windenergieanlage

Besondere Ansprüche an ein Messsystem stellen jedoch vor allem Untersuchungen zur Abschätzung der Betriebsfestigkeit der Anlage und ihrer Komponenten. Dieser signifikante Aspekt der vor der Serienproduktion untersucht werden muss, erfordert unterschiedlichste Messdatenaufnehmer und Messmodule mit höchster Genauigkeit.

Die besondere Bedeutung der Betriebsfestigkeit in der Windenergie folgt aus der Tatsache, dass bei Windenergieanlagen im Betrieb durch die kontinuierliche Rotorumdrehung deutlich höhere Lastwechselzahlen als bei vielen anderen industriellen Anlagen vergleichbarer Größenordnung auftreten. Die genannten Lastwechsel bewegen sich dabei in einer Größenordnung von bis zu 10^9 Lastwechseln bei einer 20-jährigen Lebensdauer der Anlage. Eine Analyse der Art und Stärke dieser Schwingungsbeanspruchungen ist daher als eminent wichtig anzusehen. (vgl. Abb.2)

Heutzutage werden allerdings auch immer öfter Messungen mit dem Ziel durchgeführt spezielle computergenerierte Anlagen- oder Komponentenmodelle zu verifizieren bzw. Daten zu gewinnen mit denen solche Computermodelle gezielter zur Anlagensimulation eingesetzt werden können.

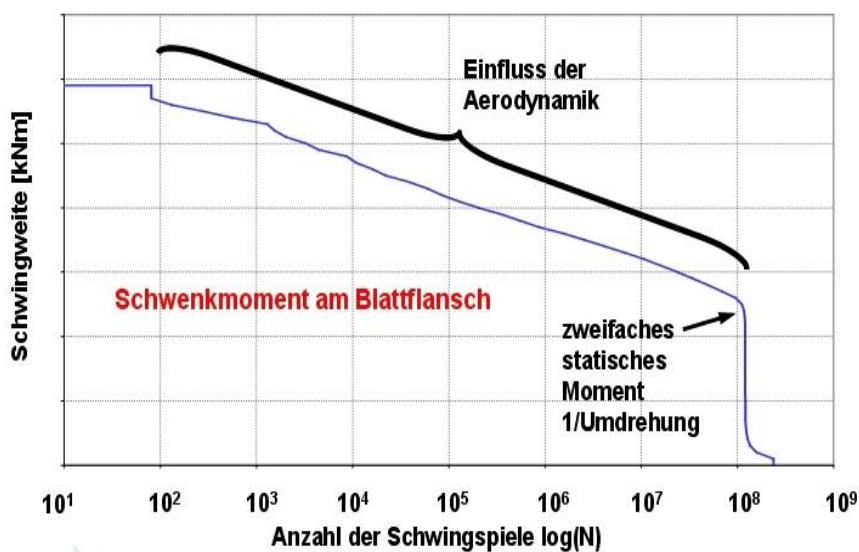


Abb.2: Betriebsfestigkeitskollektiv einer Lastkomponente mit Massen- und Aerodynamikanteil

Grundlagen Zertifizierung/Messgrößen

Im Rahmen der Messkampagne an der Windenergieanlage werden unterschiedlichste Messdaten und Messgrößen erfasst. Unter anderem werden meteorologische Daten wie z.B. die Windgeschwindigkeit oder die Windrichtung mit Messgeräten wie Anemometer und Windfahnen auf einem Messmast aufgezeichnet. Des Weiteren werden gleichzeitig Kenndaten der Windenergieanlage wie z.B. die generierte Leistung vermessen. Um Belastungen auf die Anlage abschätzen zu können werden vor allem der Dehnungsverlauf, sowie daraus resultierende Biegemomente, an ausgewählten Messstellen betrachtet, wobei auch Beschleunigungen der einzelnen Komponenten eine signifikante Rolle spielen.

Diese Daten werden anschließend mit den Kenndaten des Windes zueinander in Relation gesetzt. Anhand der Größe der Windgeschwindigkeit bzw. der sogenannten Turbulenzintensität des Windes werden die Belastungen auf die unterschiedlichen Messstellen und die Windenergieanlage selbst untersucht. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei zum Beispiel auf der Bestimmung der Betriebsfestigkeit der Anlage und ihrer Komponenten.

Für die Durchführung einer solchen Messkampagne ist es folgerichtig notwendig vielfältige Signale mit unterschiedlichen Abtastraten (zwischen 1Hz und 100Hz) und unterschiedlichen Ausprägungen der Signalverläufe mit hoher Genauigkeit erfassen zu können.

Zu erfassende Signale:

- Meteorologische Daten
- Kenndaten der Windenergieanlage (z.B. Leistung, Gierwinkel)
- Dehnungsmessungen
- Beschleunigungsmessungen

Bestehendes Messsystem

Um die genannten Untersuchungen durchzuführen, wurde ein Messsystem eingerichtet, das mithilfe von dezentralen Modulen verschiedene Signale erfassen und aufzeichnen kann. Das Herzstück des Messsystems stellt dabei ein imc CRONOS-PL-13 dar, welches mit einem Messrechner gekoppelt ist.

Mit dem CRONOS-PL und den daran angeschlossenen Messmodulen wie z.B. den im CRONOS-PL eingebauten Verstärkerkarten bzw. über CAN-Bus angeschlossene CANSAS/ Bridge-Module, /-UNI8-Module oder /-INC4-Module können dabei analoge und digitale Signale unterschiedlichster Form erfasst werden.

Windmessmast

Die meteorologische Messdaten, welche für die Leistungs- sowie für die Beanspruchungs-berechnungen notwendig sind, werden an einem frei stehenden Messmast, welcher sich in ca. 300m Entfernung von der Windenergieanlage und vom Messsystem befindet, mit speziellen Messdatenaufnehmern erfasst.

Am Messmast aufgezeichnete Messgrößen:

- Windgeschwindigkeit (Schalenkreuzanemometer)
- Windrichtung (Windfahne)
- Lufttemperatur (Temperatursensor)
- Luftdruck (Barogeber)
- Niederschlag (Regenssensor)

Die erfassten Messdaten werden über spezielle CAN-Kabel, die aufgrund der Leitungslänge geschirmt und verdrillt sind, in einem Schaltschrank, welcher am Fuß des Masts angebracht ist, mit einem CANSAS-Modul

sowie einem INC4-Modul erfasst. Anschließend werden die Messdaten über eine CAN-Bus Verbindung dem CRONOS-PL und dem angeschlossenen Messsystem zugeführt.



Abb. 3: Messmast/Schaltschrank mit angebrachter Richtfunkantenne

Rotorblatt+Turm

Weitere Messdatenaufnehmer sind in den Rotorblättern der Windenergieanlage angebracht, mittels Dehnungsmessstreifen werden z.B. die Schlag- und Schwenkmomente der Rotorblätter erfasst. Diese werden über CANSAS-Bridge2-Module auf den CAN-Bus gegeben. In den Blattspitzen sind zusätzlich Beschleunigungsmesser untergebracht, um die Beschleunigungen die bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten auftreten zu vermessen.

Biegemomentenbelastungen werden ebenfalls für den Turm der Windenergieanlage aufgezeichnet. Dazu wurden DMS in temperaturkompensierten Vollbrückenschaltungen an den entsprechenden Messstellen aufgebracht. Diese Signale werden mithilfe des Trägerfrequenz-Brückenverstärkers BR-4 erfasst und an das CRONOS-PL weitergegeben.

Profi-Bus/Betriebsführung

Die Betriebsführungssignale der Windenergieanlage, die für weitere Auswertungen wie z.B. die Leistungskurvenvermessung benötigt werden, werden über den Profi-Bus bzw. einen Profi-Bus/Analog-Wandler und eine Verstärkerkarte dem CRONOS-PL System zugeführt. Die Auswertung und Aufzeichnung der beschriebenen Messdaten erfolgt vor Ort mit der Standard-Betriebssoftware imc Devices.

Der Aufbau der beschriebenen Messdatenerfassung bzw. des Messsystems stellte sich also vor dem nachfolgend beschriebenen Umbau bzw. Erweiterung des Messsystems sowie in Abb.4 gezeigt dar.

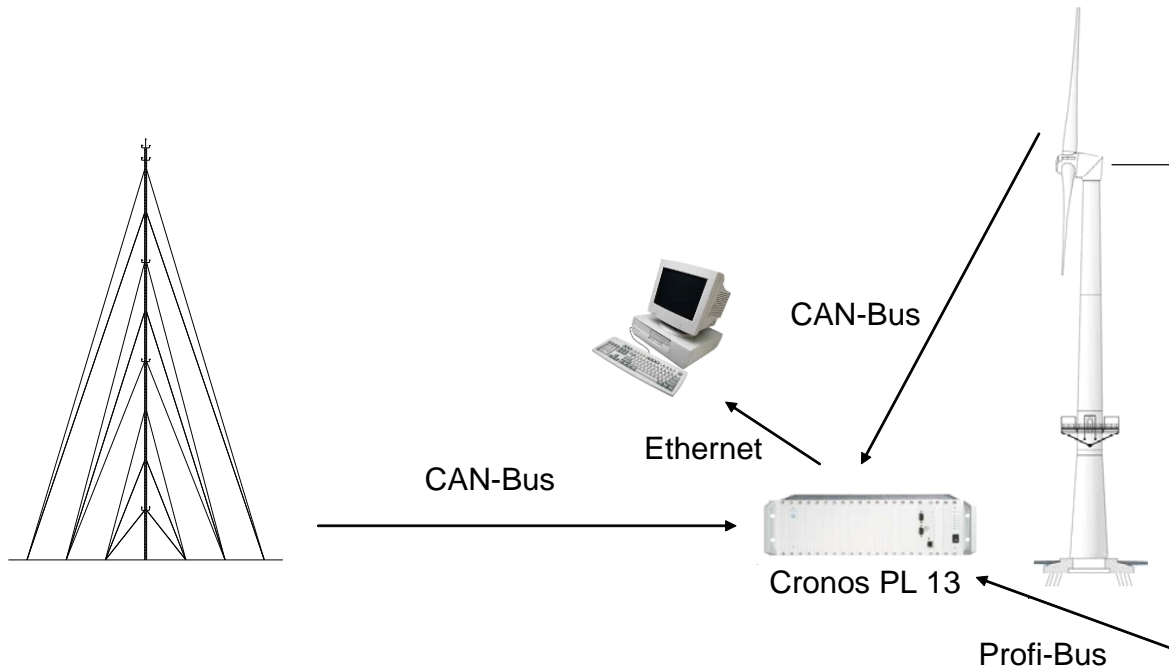


Abb.4: Schematischer Aufbau der Messdatenerfassung des alten Systems

Einrichtung der WLAN Funkstrecke:

Um eine größere Flexibilität auch im Hinblick auf kommende Aufgaben mit unterschiedlichen Konfigurationen des Messdatenerfassungssystems bzw. mit zusätzlichen Messstellen zu gewinnen wurde im Rahmen der aktuellen Messkampagne entschieden ein System zur Funkübertragung von Messdaten zu implementieren. Mithilfe dieses Systems sollte das Datenkabel das den Windmessmasten mit dem Messsystem verbindet ersetzt werden, da es im Falle einer Verlegung des Messstandorts kostenintensiv neu verlegt werden müsste.

Problematisch war dabei, dass eine Distanz von ca. 300m mittels einer Richtfunkverbindung überbrückt werden musste. Vor der Beschaffung des Systems wurden folgende Anforderungskriterien festgelegt.

Anforderungen:

- Hohe Zuverlässigkeit des Messsystems da kein Personal vor Ort vorhanden ist
- Datenzwischenspeicherung falls der Messdatentransfer kurzzeitig gestört ist
- Robustheit des Messsystems da teilweise im Außenbereich
- Möglichkeit das Messsystem an veränderte Standorte anzupassen

Um die WLAN Funkstrecke einzurichten, wurde das Messsystem unter anderem um ein BusDAQ Datenlogger erweitert, auf dem die Signale die am Windmessmasten erfasst werden zusammengeführt werden. Dies war notwendig, da die Daten vor der Funkübertragung in ein Ethernetsignal gewandelt werden müssen.

Die eigentliche Funkübertragung wurde anschließend mithilfe mehrerer Richtfunkantennen realisiert. Die Daten werden dann nach dem Empfang mithilfe eines Routers dem Messrechner zugeführt.

Abb.5 zeigt die zwei Richtfunkantennen welche an dem Container, worin sich das Messsystem befindet angebracht sind. Es handelt sich hierbei, im Gegensatz zu der einen Richtfunkantenne am Windmessmasten, um zwei Antennen. Dies dient dazu mögliche Interferenzeffekte bei der Funkübertragung zu vermeiden. Dieses Verfahren wird als „Antennendiversität“ bezeichnet.



Abb.5: Richtfunkantennen mit Windenergieanlage im Hintergrund

Eine weitere Schwierigkeit stellte die zeitgleiche Messdatenaufzeichnung am Windmessmasten und an der Windenergieanlage dar, da sich das CRONOS-PL und das BusDAQ-System an unterschiedlichen Standorten befinden was zu einer zeitlichen Verschiebung der aufgezeichneten Signale führt. Um dem vorzubeugen wurden das CRONOS-PL-System sowie das busDAQ-System mit einem GPS-Zeitsignal gekoppelt. Somit werden alle erfassten Messdaten mit einem Zeitstempel versehen.

Insgesamt waren folgende Komponenten notwendig um das Messsystem an die gegebenen Anforderungen anzupassen und umso den kabellosen Datentransfer zu ermöglichen.

Komponenten des Systems:

- Access Point/Router
- Richtfunkantennen
- busDAQ
- WLAN/Ethernet Wandler
- GPS-Maus

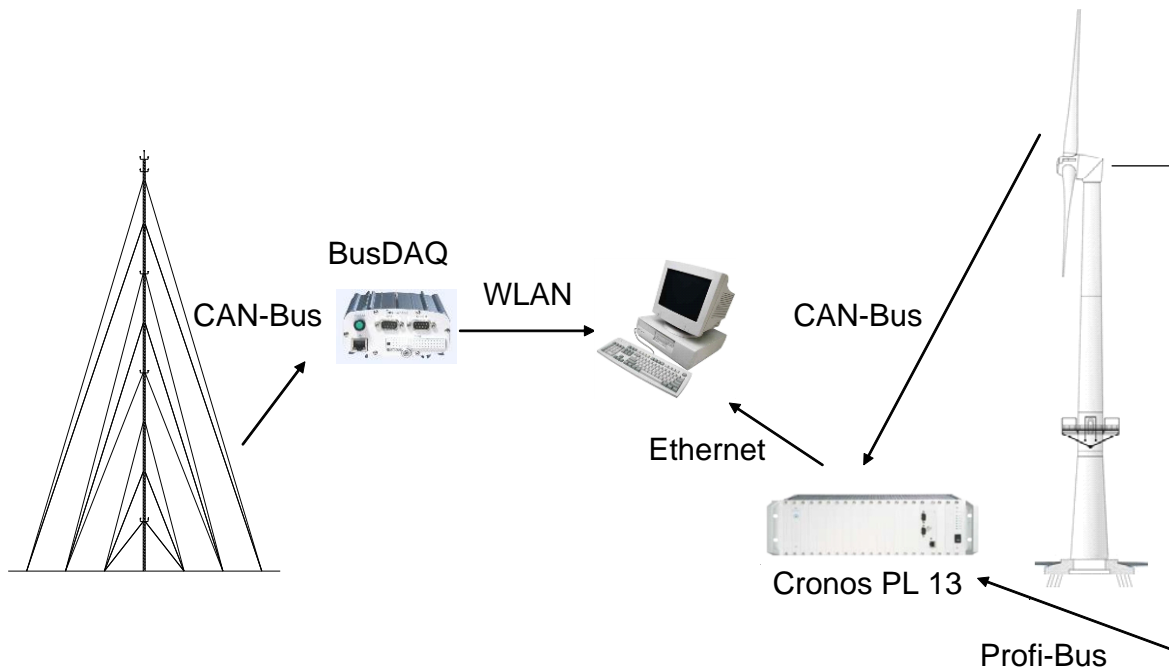


Abb.6: Schematischer Aufbau des Messsystems mit WLAN-Verbindung

Ergebnisse

Die Einrichtung der WLAN-Funkstrecke konnte innerhalb eines Tages durchgeführt werden und die bisherige Auswertung zeigt dass alle Anforderungen ans Messsystem erfüllt werden konnten. Außerdem wurden keine Schwierigkeiten bei der Datenübertragung durch unterschiedliche Wetterverhältnisse festgestellt. Zusammengefasst ergeben sich so folgende Vorteile durch das neue System:

Vorteile:

- kostengünstige und flexible Datenübertragung
- System durch weitere Module erweiterbar
- Kostenintensive Kabelverlegung kann vermieden werden

Das neue System bietet insbesondere den Vorteil der schnellen Erweiterbarkeit, sollten kurzfristig Anpassungen an einen veränderten Versuchsaufbau notwendig werden.

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

imc Test & Measurement GmbH

Voltastr. 5
D-13355 Berlin

Telefon: +49 (0)30-46 7090-0
Fax: +49 (0)30-46 31 576
E-Mail: hotline@imc-tm.de
Internet: <http://www.imc-tm.de>

Die imc Test & Measurement GmbH ist Hersteller und Lösungsanbieter von produktiven Mess- und Prüfsystemen für Forschung, Entwicklung, Service und Fertigung. Darüber hinaus konzipiert und produziert imc schlüsselfertige Elektromotorenprüfstände. Passgenaue Sensor- und Telemetriesysteme ergänzen unser Produktportfolio.

Unsere Anwender kommen aus den Bereichen Fahrzeugtechnik, Maschinenbau, Bahn, Luftfahrt und Energie. Sie nutzen die imc-Messgeräte, Softwarelösungen und Prüfstände, um Prototypen zu validieren, Produkte zu optimieren, Prozesse zu überwachen und Erkenntnisse aus Messdaten zu gewinnen. Rund um die imc Geräte steht dafür ein umfassendes Dienstleistungsspektrum zur Verfü-

gung, das von der Beratung bis zur kompletten Prüfstandsautomatisierung reicht. Auf diese Weise verfolgen wir konsequent das imc Leistungsversprechen „produktiv messen“.

National wie international unterstützen wir unsere Kunden und Anwender mit einem starken Kompetenz- und Vertriebsnetzwerk.

Wenn Sie mehr über die imc Produkte und Dienstleistungen in Ihrem Land erfahren wollen oder selbst Distributor werden möchten, finden Sie auf unserer Webseite alle Informationen zum imc Partnernetzwerk:

<http://www.imc-tm.de/partner/>



Nutzungshinweis:

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Dieser Bericht darf ohne Genehmigung weder bearbeitet, abgewandelt noch in anderer Weise verändert werden. Ausdrücklich gestattet ist das Veröffentlichen und Vervielfältigen des Dokuments. Bei Veröffentlichung bitten wir darum, dass der Name des Autors, des Unternehmens und eine Verlinkung zur Homepage www.imc-tm.de genannt werden. Trotz inhaltlicher sorgfältiger Ausarbeitung, kann dieser Bericht Fehler enthalten. Sollten Ihnen unzutreffende Informationen auffallen, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis an: marketing@imc-tm.de. Eine Haftung für die Richtigkeit der Informationen wird grundsätzlich ausgeschlossen. }