



## Blade Unbalance Calculator

### Unwucht des Rotors einer Windkraftanlage erkennen

Die mechanische Unwucht eines Windturbinenrotors kann erhebliche Kräfte auf den Antriebsstrang und den Turm ausüben und damit die "Ermüdung" vorantreiben. In der Regel verlangt die Spezifikation einen kaum besseren Wert als G16<sup>1)</sup>. Tatsächlich kann aber ein deutlich besserer Toleranzwert erreicht werden. Dieser Aspekt ist umso bedeutender, als dass Blatterosion oder -beschädigung sowie das Eindringen von Feuchtigkeit in die Blattstrukturen die Unwucht im Lauf der Zeit verstärken können. Zur Behebung dieses Problems müssen die Betreiber das mechanische Auswuchten der Turbinen veranlassen, allerdings erfordert das einen Zugriff auf die Rotorblätter und somit einen Anlagenstillstand.

Will man die Arbeit vor Ort optimieren, gilt es eine Methode zur gezielten Identifizierung nur jener Turbinen zu erschließen, die Unwucht-Auffälligkeiten zeigen. Auch wenn die Massenunwucht ein klares Umdrehungssignal liefert, erschweren Windkraftanlagen diese Option, denn ...

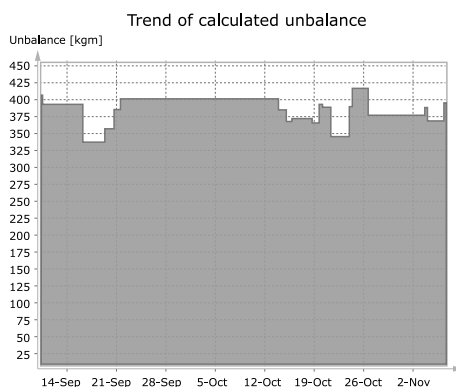
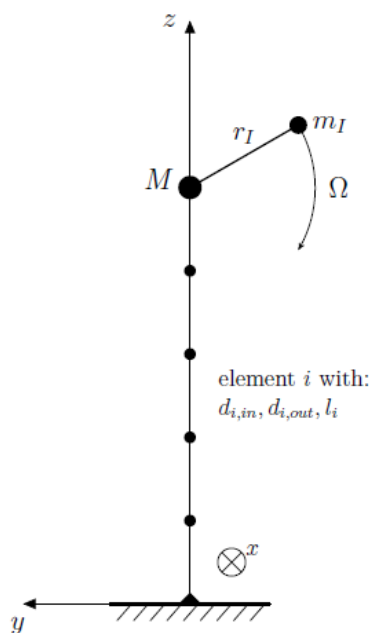
- die Betriebsgeschwindigkeiten variieren
- der Turm zeigt Eigenfrequenzen
- ein aerodynamisches Ungleichgewicht der Umdrehungen kann genauso gut der Axialkraft entspringen.

Die notwendige Unterscheidung zwischen mechanischen und anderen Ursachen der Unwucht erfordert eine Software, welche die Auslöser von Umdrehungsschwingungen differenziert ermitteln und darstellen kann.

Der "Blade Unbalance Calculator" – ein Plug-in für die CMSSTD-Software von Bachmann Monitoring – ermöglicht die Berechnung der mechanischen Rotorblatt-Unwucht und eine regelmäßige Ermittlung der Rotor-Massenunwucht. So ist es möglich, gezielt nur jene Turbinen zu identifizieren, die einen mechanischen Ausgleich erfordern. Eine Untersuchung des gesamten Windparkbetriebs mit entsprechenden Produktivitätsverlusten ist unter Einsatz des "Blade Unbalance Calculator" nicht mehr erforderlich.

Ein modellbasierter Algorithmus berechnet die jeweilige mechanische Rotor-Balance aus den grundlegenden Konstruktionsdaten. Das Modell wird einmalig hinterlegt und gilt für alle ähnlichen Anlagen. Die Echtzeitinformationen eines einfachen 2D-MEMS-Sensors, positioniert im Zentrum der Gondel, liefern dem Modul das Maß der tatsächlichen mechanischen Unwucht in kgm. Durch die Installation eines zusätzlichen Positionssensors auf der Hauptwelle kann das Modul auch die Winkellage der erforderlichen Ausgleichsmasse ermitteln.

<sup>1)</sup> Bei einem Rotor mit einem Gewicht von 30 Tonnen und einer Drehzahl von 20 U/min entspricht G16 einer Unwucht von ~230 kgm.



Das Plug-in stellt zudem dar, ob die Unwucht auf einem aerodynamischen oder mechanischen Auslöser basiert. Die Beobachtung der Veränderung einer Turbinenbilanz – zum Beispiel einer kontinuierlichen Verschlechterung der Balance – erlaubt eine vorausschauende Planung des Zeitpunkts für entsprechende Korrekturmaßnahmen. Dies gibt einen vollständigen Überblick darüber, ob das Auswuchten der Rotorblätter eine degradierende Wirkung hat.

Der "Blade Unbalance Calculator" basiert auf 20 Jahre Erfahrung der Bachmann Monitoring im Bereich Condition Monitoring. In die Entwicklung des Algorithmus sind zahlreiche Fallanalysen eingeflossen. Das verleiht der Software ein Höchstmaß an Treffsicherheit hinsichtlich der Zustandsdiagnosen für Turbinenrotoren.

## Blade Unbalance Calculator

Voraussetzungen	
CMS-Applikation	CMSSTD V1.05 oder höher
Hardware	2 analoge Eingänge für Beschleunigungssensor (GIO212 oder AIC21x)
Beschleunigungssensor	Mems-Sensor in der Nähe der Gondelmitte
Positionierung	Eine Achse parallel zur Welle in axialer Richtung Eine Achse senkrecht zur Welle in Querrichtung
Mathematisches Modell	Für die Erstellung des Modells werden folgende Parameter benötigt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turmhöhe</li> <li>• Wandstärke</li> <li>• Materialeigenschaften (Youngs-Modulus und Dichte)</li> <li>• Masse der Gondel</li> <li>• Masse des Rotors</li> <li>• Erste gemessene Eigenfrequenz des Turms</li> <li>• Turmdämpfung (gemessen, nur für Option Positionsbestimmung der Massenunwucht notwendig)</li> </ul>
Position Massenunwucht (optional)	Positionssensor an der Hauptwelle zur Erfassung der Rotorposition
Auswertung	
Axiale Schwingung	Anzeige der aerodynamischen Unwucht
Massenunwucht Rotor	Ergebnisse nur im spezifizierten Drehzahlbereich erzeugt In kgm angezeigt
Position/Phase der Unwucht (optional)	Bezogen auf den Nullpunkt der Rotorposition

## Bestelldaten

Artikelbezeichnung	Artikel-Nr.	Beschreibung
CMSSTD V1.05 Download	00032041-00	CMS-Standard-Software für M200-Steuerungssystem zum Steuern von Condition Monitoring-Modulen inkl. Konfigurationstools. Ab dieser Version sind auch Plugins für verschiedene Erweiterungen der Basis-Zustandsüberwachung enthalten.
CMSSTD + GIO Runtime License	00032042-63	Ermöglicht die Ausführung der CMSSTD-Software mit einem GIO212-Modul zur Datenerfassung und -analyse.
CMSSTD + AIC Runtime License	00032043-63	Ermöglicht die Ausführung der CMSSTD-Software mit einem AIC206- oder AIC214-Modul zur Datenerfassung und -analyse.
CMSUNB Plugin Runtime License	00032047-63	Blade Unbalance Calculator-Plugin ermöglicht die Berechnung der Auswuchtgüte des Rotors und unterscheidet zwischen Massenunwucht und aerodynamischer Unwucht. Diese RT-Lizenz muss zusätzlich zum CMSSTD RT auf der Steuerung gespeichert werden.
Installationset MEMS Sensor	00032187-00	Set für die Installation von 2D-Mems-Sensor
Nullpunkt-Sensor	00026838-00	Sensor BMF00C7 (M12-PS-C-2-S4)
	00026841-00	Magnet BAM TG-MF-006
CMSUNB Turm-Modell	Auf Anfrage	Mathematisches Modell zur Generierung von Eingangswerten für die CMSUNB-Plugin-Konfiguration

**Zugehörige Module**

Artikelbezeichnung	Artikel-Nr.	Beschreibung
AIC214	00028808-00	Analog Messmodul für Condition Monitoring; 9x In IEPE; 3x In IEPE/±10 V; 24 bit; 0,1 %; > 95 dB Dynamik; 20 µs Abtastzeit; 1x INC HTL; 300 kHz; A,A/B/N; 512 MB Messwert Ringspeicher; Echtzeit Kennwertberechnung und Überwachung
GIO212	00020620-00	Universal-Ein-/Ausgangsmodul; 12x analog In ±10 V ±20 mA Pt TE; 16 bit; analog Out ±10 V 20 mA; 14 bit; digital In DI 5 V / 24 V, 125 kHz, sink/source, Zähler; digital Out 24 V / 100 mA, 10 kHz, highside/lowside/push-pull, PWM; DI/AI Filter konfigurierbar; 100 µs Abtast- und Refreshzeit; Messwertüberwachung; isoliert
AIC212	00014151-00	Analog Messmodul für Condition Monitoring; 9x In ICP; 3x In ±10 V; 18 bit; 0,1 %; > 95 dB Dynamik; 20 µs Abtastzeit; 1x INC HTL; 36 kHz; A,A/B/N; 128 MB Messwertspeicher
AIC206	00031353-00	Analog Messmodul für Condition Monitoring; 4x In IEPE; 24 bit; 0,1 %; > 95 dB Dynamik; 20 µs Abtastzeit; 1x INC HTL; 300 kHz; A,A/B/N; 512 MB Messwert Ringspeicher; Echtzeit Kennwertberechnung und Überwachung