

Restricted  
Dokument Nr.: 0056-7549.V07  
2022-12-02

# Nachweisführung Geräuschreduzierter Betrieb Vestas Windenergieanlagen mit VMP Global Steuerung

## Änderungshistorie

Revision	Änderungen	
06	WEA-Typ V162-6.0/6.2 MW & V150-6.0 MW hinzugefügt	
07	WEA-Typ V162-6.8/7.2 MW & V172-6.8/7.2 MW hinzugefügt	

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Betriebsmodi und Standsicherheit.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Drehzahlregelung.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Rotorblattverstellung (OptiTip®) .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>System zur Geräuschreduzierung (NRMS) .....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>System zur Abschaltung (NRMS) .....</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Steuerung.....</b>	<b>7</b>
7.1	Allgemeines .....	8
7.2	Logbuch.....	9
7.3	Datensicherung.....	10
7.4	Zeitzone.....	11

Dies Dokument gilt in Verbindung mit der aktuellen Version der allgemeinen Spezifikation der betrachteten VESTAS Windenergieanlage (WEA).

## 1 Einleitung

Das Dokument ist gültig für folgende WEA-Typen mit der VMP Global Steuerung:

- V112-3.0/3.3/3.45 MW
- V117-3.3/3.45 MW
- V126-3.3/3.45 MW
- V126-3.45/3.6 MW HTq
- V136-3.45/3.6 MW
- V136-4.0/4.2 MW
- V150-4.0/4.2 MW
- V150-5.6/6.0 MW
- V162-5.6/6.0/6.2 MW
- V162-6.8/7.2 MW
- V172-6.8/7.2 MW

Die VESTAS Windenergieanlagen (WEA) mit dem OptiTip® - System sind über die Rotorblattverstellung (Pitch-Regelung) geregelte WEA mit aktiver Windrichtungsnachführung.

Das OptiTip®-System ist ein proprietäres Pitchregelungssystem von VESTAS. Mit Hilfe dieses Systems kann der Rotor mit variabler Drehzahl arbeiten: Die Anstellwinkel der Rotorblätter werden so geregelt, dass der Blatteinstellwinkel den jeweiligen Windverhältnissen stets optimal angepasst ist. Hierdurch werden Energieerzeugung und Geräuschentwicklung optimiert.

VESTAS WEA werden mit unterschiedlichen Geräuscheinstellungen angeboten. Die Geräuscheinstellungen haben einen Einfluss auf die Betriebskurven im Teillastbereich und vereinzelt auch im Volllastbereich der WEA. Sind Anforderungen gegeben, wonach das Geräuschniveau der WEA zu reduzieren ist, wird die Drehzahl reduziert und der Pitchwinkel vergrößert. Mit der Geräuschreduzierung geht eine Verringerung der aerodynamischen Effizienz einher, welche wiederum ein verringertes Leistungsvermögen und eine Erhöhung der Nennwindgeschwindigkeit bedingt.

## 2 Betriebsmodi und Standsicherheit

Inwieweit durch den geräuschreduzierten Betrieb die standsicherheitsrelevanten Parameter wie induzierte Turbulenzintensität beeinflusst werden, soll anhand der folgenden Grafik verdeutlicht werden.

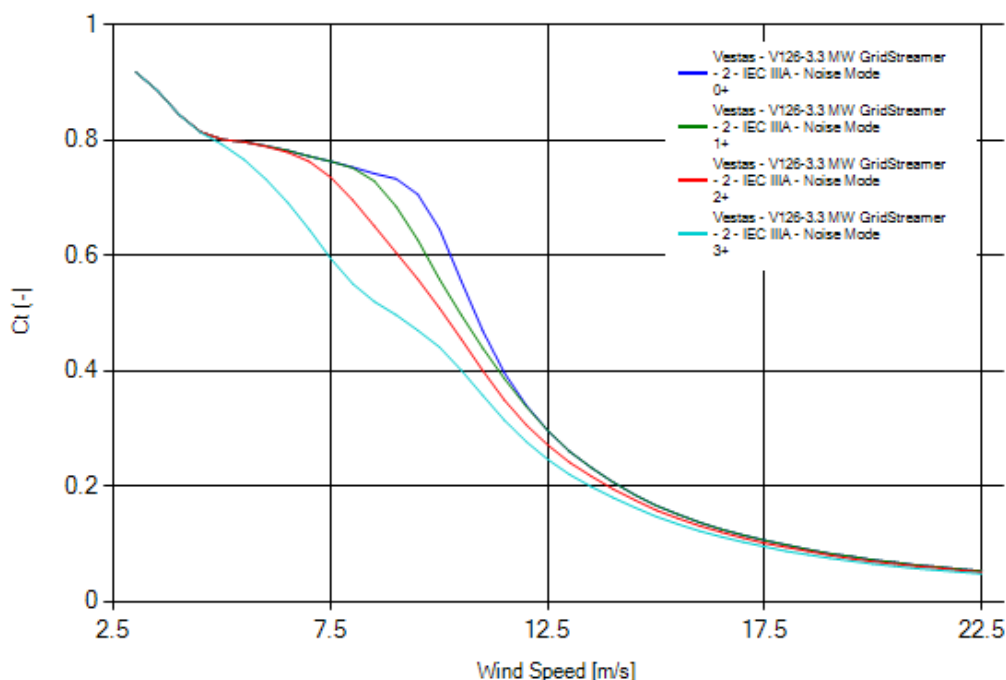


Abbildung 1: Darstellung der Schubbeiwerte ( $C_t$ ) für verschiedene Betriebsmodi

Eine Standsicherheitsbetrachtung wird in der Regel hinsichtlich des normalen Betriebsmodus (0) bzw. des leistungsoptimierten Modus (Power Mode) durchgeführt. Dieser Modus weist die größte aerodynamische Effizienz auf bzw. besitzt die größtmögliche Leistungsabgabe. Dieser leistungsoptimierte Betriebsmodus induziert die größtmöglichen Turbulenzen, da der Schubbeiwert am größten ist. Somit sind nur Betriebsmodi, welche eine höhere aerodynamische Effizienz als der Betriebsmodus 0 / der Power Mode aufweisen, standsicherheitsrelevant und bedürfen einer erneuten Betrachtung der Standorteignung hinsichtlich Turbulenz. Dies trifft für keinen der Geräuschmodi der Vestas Windenergieanlagen mit VMP Global Steuerung zu.

### 3 Drehzahlregelung

Vestas WEA können bei allen Windgeschwindigkeiten mit optimaler Drehzahl betrieben und so die Leistungsabgabe optimiert werden. Dies steht im direkten Zusammenhang mit der OptiTip®-Technologie. (siehe Abschnitt 4)

Im geräuschreduzierten Betrieb wird durch Verringerung des Anstellwinkels der Rotorblätter die Drehzahl vermindert, was mit einer Reduktion der Schallemissionen einhergeht. Da hierdurch nicht der höchstmögliche aerodynamische Wirkungsgrad erzielt werden kann, vermindert sich im geräuschreduzierten Betrieb die abgegebene Wirkleistung.

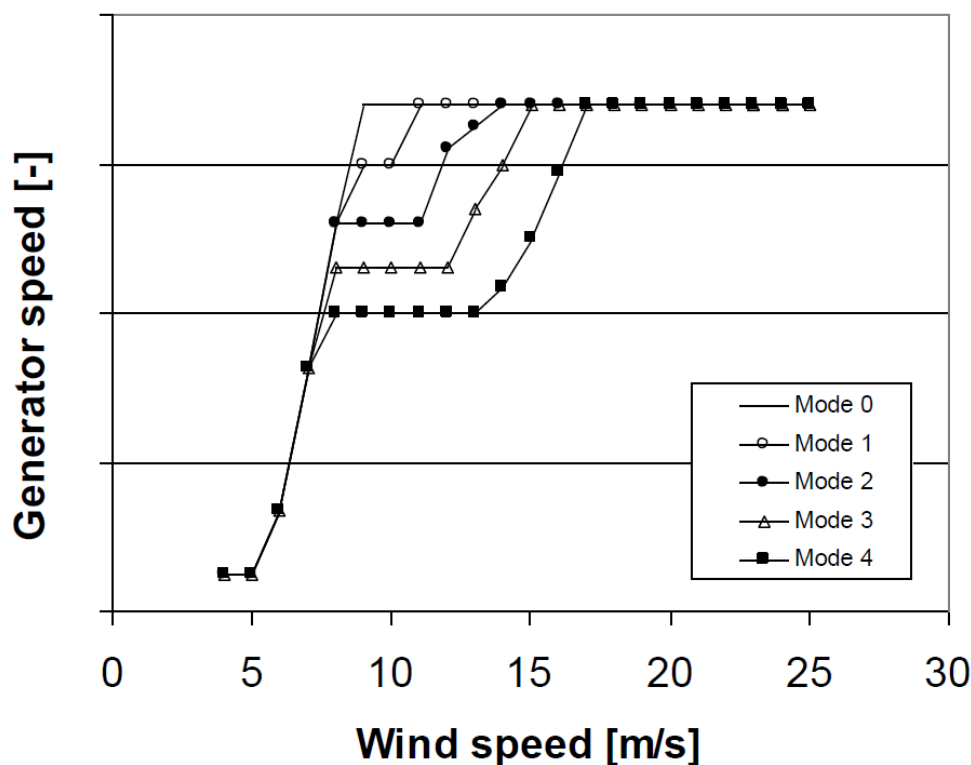


Abbildung 2: Exemplarische Darstellung der Drehzahlreduzierung

### 4 Rotorblattverstellung (OptiTip®)

Vestas WEA sind grundsätzlich mit OptiTip® ausgestattet, einem von Vestas entwickelten System zur Optimierung des Pitchwinkels. OptiTip® dreht die Rotorblätter um ihre Längsachse immer in den – je nach Windsituation – optimalen Winkel. Dadurch

- wird die Leistungsabgabe optimiert,
- werden die Rotorblätter weniger belastet,
- kann die Drehzahl geregelt und
- die WEA stillgesetzt werden.

Die Einstellung der Pitchwinkel der einzelnen Rotorblätter erfolgt automatisiert, wobei der Schwenkbereich des Rotorblattes  $99^\circ$  ( $-9^\circ$  bis  $90^\circ$ ) beträgt.

## 5 System zur Geräuschreduzierung (NRMS)

Das aerodynamische Geräusch von den Rotorblättern der Windenergieanlage (WEA) variiert mit der Blattspitzengeschwindigkeit und dem Anströmwinkel. Durch Veränderung der Rotordrehzahl und/oder des Anströmwinkels lässt sich der Schalleistungspegel reduzieren.

Das Noise Reduction Management System (NRMS) ist ein Teil der Steuerung VMP Global, welche es ermöglicht, die jeweilige WEA geräuschreduziert zu betreiben.

Die möglichen Schallmodi werden in der Allgemeinen Spezifikation der entsprechenden Vestas WEA beschrieben. Es ist eine Standarddrehzahlkurve (Betriebsmodus 0 oder Power Mode) definiert, wonach die Vestas WEA ihren Betrieb regelt, wenn das NRMS nicht aktiviert ist. Je nach WEA-Typ lassen sich unterschiedliche Schallmodi/Drehzahlkurven anlegen.

Bei Vestas WEA mit VMP Global Steuerung können im System zur Geräuschreduzierung neben dem leistungsoptimierten Mode (Mode 0 oder Power Mode) zusätzlich 3 unterschiedliche Betriebsmodi parametrieren werden.

Bei der Parametrierung der WEA für den schallreduzierten Betrieb, wird das Zeitfenster und der jeweilige Betriebsmodus festgelegt, in dem die WEA zu betreiben ist, z.B.

- Tagsüber 06:00 bis 22:00: Betriebsmodus 0
- Nachts 22:00 bis 06:00: Betriebsmodus 2

Während der Umschaltung von einem Schallmodus in einen anderen verbleibt die WEA am elektrischen Netz gekoppelt. Erfolgt die Umschaltung von einem Schallmodus mit niedrigerer Soll-Drehzahl, geschieht dies durch geringfügiges Pitchen (Drehen) der Rotorblätter, bis die neue Soll-Drehzahl erreicht wird. Erfolgt die Umschaltung umgekehrt von höherer zur geringeren Drehzahl, werden die Rotorblätter so verstellt, dass die neue Soll-Rotordrehzahl unterschritten wird und dann die Sollkurve von unten wieder angenähert wird.

## 6 System zur Abschaltung (NRMS)

Neben des Betriebs der WEA in geräuschreduzierten Betriebsmodi ist in Einzelfällen eine Komplettabschaltung für den Nachtzeitraum notwendig. Diese Abschaltung wird ebenfalls über das Noise Reduction Management System (NRMS) realisiert.

Die Einstellung eines sogenannten Pause-Modus führt im Nachtzeitraum dazu, dass die WEA vom Betrieb in den Ruhezustand versetzt wird. Damit wird die Komplettabschaltung der WEA (Trudelnbetrieb) im Nachtzeitraum sichergestellt.

## 7 Steuerung

Eine mikroprozessorgeregelte VMP-(Vestas-Multi-Processor)-Steuerung, VMP Global, überwacht und reguliert die Anlage.

Die Steuerung der Vestas WEA besteht aus drei Hauptprozessoren (Turm, Maschinenhaus und Nabe) verbunden mit einem optischen ArcNet Netzwerk, in dem die Parameter der Standardbetriebsmodi (z.B. Betriebsmodus 0 – Leistungsoptimiert, Betriebsmodus 2) hinterlegt sind.

Über Sensoren, Kontakte und Schalter erhält die Steuerung Informationen über den Ist-Zustand der WEA, z. B.

- Leistung
- Drehzahl
- Pitchwinkel
- Windgeschwindigkeit und Windrichtung
- Hydraulikdruck
- Temperaturen
- Netzfrequenz, Ströme und Spannungen

Das gesamte Anlagenverhalten wird über Parameter gesteuert. Die Parameterliste umfasst mehr als 1000 Werte, z. B.

- Nennleistung
- Abschaltwindgeschwindigkeit
- Grenzwerte für Störungsmeldungen
- Werte der Geräuschkurve

In der Parameterliste ist festgelegt, bei welchen Ist-Werten welche Reaktionen erfolgen. Reaktionen können z. B. das Einschalten der Windnachführung oder eines Lüftermotors, das Verstellen der Rotorblattwinkel oder das Variieren der Generatordrehzahl sein.

Die Parameter lassen sich ausschließlich im Service-Modus ändern. Jede Parameteränderung bedarf einer Dokumentation über deren Hintergrund und Rechtfertigung. So ist eine Konsistenz in den Anlagenparametern sichergestellt.

## 7.1 Allgemeines

Die VMP Steuerung erfasst fortlaufend über 300 Daten über den Zustand der WEA, wie z.B.

- Rotor und Generatordrehzahl
- Windgeschwindigkeit
- Hydraulischer druck
- Temperaturen
- Leistungs- und Energieproduktion
- Pitch

Sollte eine Unregelmäßigkeit oder ein Fehler auftauchen, werden die WEA Daten im Alarm- oder Warning-Logbuch protokolliert, dies ermöglicht eine entsprechende Fehleranalyse der WEA oder der Umgebungsbedingungen.



## 7.2 Logbuch

Jeder WEA Controller speichert eine Anzahl von Ereignissen. Im VMP Global Controller werden die Ereignisse in vier unterschiedlichen Kategorien eingeteilt.

- **Alarm log** – Informationen über Situationen, die dazu geführt haben, dass die WEA abgeschaltet wurde (WEA Status von RUN zu PAUSE, STOP oder EMERGENCY STOP)

```
9:ALARM LOG 10-Oct-21
09:18:26*External overspeed guard
```

- **Warning Log** – Informationen über mögliche Fehlermeldung, die jedoch kein Stillstand der WEA erfordert

```
7:WARNINGLOG (# = sorted log) 10-Oct-21
20:43:02 ☐Lightn. det. emergency suppl
20:44:41 ☐Lightn. detect. power suppl.
09:18:26*☐Lightning detected
```

- **System log** – enthält Informationen über Änderungen im Setup der WEA. Der Zugang hierzu ist Passwort geschützt und einsehbar.

```
26:SYSTEM LOG 10-Oct-21
08:20:25*Error Parameter Checksum
08:21:56 New SERVICE state: 1
```

```
Operation Log - informative information
8:LOG 10-Oct-21
11:21:20*Wind: 7.6 m/s Gen:1504 RPM
11:21:20 Pitch: 0.9° Power: 92.0 kW
11:21:20 Wind: 8.6 m/s Gen:1504 RPM
```

Es sind maximal 700 Einträge je Kategorie möglich. Kommt ein weiterer Eintrag hinzu (der 701.), wird der älteste überschrieben. Im Display erscheint eine entsprechende Meldung.

### 7.3 Datensicherung

Die Zeit des Fernüberwachungsrechners im Windpark wird fortlaufend per NTP (Network Time Protocol) über das Internet (time.windows.com) auf die aktuelle Zeit synchronisiert.

Alle Daten der Fernüberwachung (FÜ) bekommen den Zeitstempel der FÜ. Dies betrifft sowohl die Status- und Störmeldungen als auch die 10min-Daten.

Die Zeit der Controller wird einmal täglich mit dem Fernüberwachungsrechner synchronisiert. Dabei werden vom Controller nur Zeitumstellungen, aber KEINE Datumsumstellungen akzeptiert. Unter anderem werden folgende WEA-Daten als Logs auf den Vestas Servern abgespeichert und sind entsprechend rückwirkend verfügbar:

- Zeitpunkt der Aktivierung des Systems zur Geräuschreduzierung (NRMS)
- Zeitpunkt der Deaktivierung des Systems zur Geräuschreduzierung (NRMS)
- aktivierter Schallmodus
- deaktivierter Schallmodus

In Abbildung 5 wird von einer Beispiel WEA ein kleiner Abschnitt der gespeicherten Daten dargestellt. In diesem Beispiel wird der Betriebsmodus 5 für den Nachtzeitraum aktiviert.

Event Detected (Local)	Log Nummer	Log Text
2015-01-01 22:00:00	947	NRMS NoiseMode:5,HourPeriod:4
2015-01-02 06:00:00	950	NRMS NoiseMode:0,Deactivated
2015-01-02 06:00:00	3434	NRMS Deactivated,dir:15

*Abbildung 3: Darstellung der relevanten WEA-Daten „Operation Log“*

Die Pausierung der Windenergieanlage im Nachtzeitraum erfolgt ebenfalls über das System zur Geräuschreduzierung (NRMS). Im Logbuch wird der Eintrag „4231 Noise Reduction Pause Mode Active “ vermerkt, welcher zeigt, dass die

Nachtabschaltung aktiv ist. Über die Zeitstempel „Event Detected (Local)“ und „Event Acknowledged (Local)“ ist der Start- und Endzeitpunkt der Nachtabschaltung dokumentiert.

Event Detected (Local)	Event Reset (Local)	Log Nummer	Log Text
2015-01-01 22:00:00	2015-01-02 06:00:00	4231	Noise Reduction Pause Mode Active
2015-01-02 22:00:00	2015-01-03 06:00:00	4231	Noise Reduction Pause Mode Active
2015-01-03 22:00:00	2015-01-04 06:00:00	4231	Noise Reduction Pause Mode Active

*Abbildung 4: Darstellung der relevanten WEA-Daten „Alarm Log“*

Weiterhin werden folgende WEA-Daten als 10 Minuten Mittelwert auf den Vestas Servern abgespeichert und ist entsprechend rückwirkend verfügbar:

- Windgeschwindigkeit (in Nabenhöhe)
- Leistung (Elektrische Wirkleistung)
- Rotordrehzahl
- Generatordrehzahl

In Abbildung 5 wird von einer Beispiel WEA ein kleiner Abschnitt der gespeicherten Daten dargestellt.

Zeit	Wind-geschwindigkeit	Leistung	Rotordrehzahl	Generatordrehzahl	Error
12.06.2015 00:00	4,6	31	12,4	1248	
12.06.2015 00:10	5	67	12,4	1249	
12.06.2015 00:20	5,8	118	12,4	1254	
12.06.2015 00:30	3,8	16	12,9	1303	

*Abbildung 5: Darstellung der relevanten WEA-Daten „10min Daten“*

## 7.4 Zeitzonen

Wie in Kapitel 7.3 beschrieben, erfolgt eine Synchronisation der Zeiten über den Auswerterechner. Um die Datenkonsistenz über alle überwachten Windenergieanlagen weltweit sicherstellen zu können, erfolgt keine Umstellung der Uhren zur Sommerzeit im Fernüberwachungsrechner. Dies bedeutet im

Umkehrschluss, dass bei der Nachweisführung der Geräuschreduzierungen während der Sommerzeit die lokalen Zeitstempel der Umschaltungen, Abschaltungen bzw. Wiedereinschaltungen dauerhaft in UTC+1 dargestellt sind.

Da die MESZ (mitteleuropäische Sommerzeit) die Zeitzone UTC+2 aufweist, werden alle Einstellungen während der Sommerzeit um eine Stunde vorgezogen, um einen genehmigungskonformen Betrieb im Nachtzeitraum von 22:00 bis 06:00 zu gewährleisten. Dies lässt sich anhand des folgenden Beispiels (Betriebsmode 5 im Nachtzeitraum aktiviert) nachvollziehen:

Reale Zeit (Sommerzeit):	22:00 Uhr	UTC+2
Zeit im Fernüberwachungsrechner:	21:00 Uhr	UTC+1

Zeit der Umschaltung in einen geräuschreduzierten Modus ist somit 21:00 Uhr (UTC+1) entspricht 22:00 Uhr UTC+2/MESZ). Der Zeitstempel der Logbucheinträge entspricht der Zeit im Fernüberwachungsrechner. Als konkretes Beispiel sind anbei die Auszüge während der Sommerzeit dargestellt:

Event Detected (Local)	Log Nummer	Log Text
2015-08-01 21:00:00	947	NRMS NoiseMode:5,HourPeriod:4
2015-08-02 05:00:00	950	NRMS NoiseMode:0,Deactivated
2015-08-02 05:00:00	3434	NRMS Deactivated,dir:15

*Abbildung 6: Darstellung der relevanten WEA-Daten „Operation Log“*

Event Detected (Local)	Event Reset (Local)	Log Nummer	Log Text
2015-08-01 21:00:00	2015-08-02 05:00:00	4231	Noise Reduction Pause Mode Active
2015-08-02 21:00:00	2015-08-02 05:00:00	4231	Noise Reduction Pause Mode Active
2015-08-02 21:00:00	2015-08-03 05:00:00	4231	Noise Reduction Pause Mode Active

*Abbildung 7: Darstellung der relevanten WEA-Daten „Alarm Log“*

Der Zeitstempel, Event Detected (Local), stellt nicht die Sommerzeit (MESZ) sondern die Standardzeit UTC+1 dar.