

## Anwendungsbereich der VDI 3834 Blatt 1

Die Richtlinie gibt Hinweise zur Messung und Beurteilung der mechanischen Schwingungen von Windenergieanlagen. Sie ist anwendbar auf Anlagen mit Getrieben mit einer Leistung von 100 kW bis 3 MW auf dem Festland. Nicht erfasst werden Torsionsschwingungen des Antriebsstrangs sowie der Zustand von Wälzlagern und Zahnrädern. Die in der Richtlinie angegebenen Grenzwerte sind nicht zur Fehlerfrüherkennung geeignet.

## Messverfahren

Windenergieanlagen sind stark veränderlichen Windstärken und Windrichtungen ausgesetzt. Dies führt zu ständig wechselnden Schwingungen und erheblichen Amplitudensprüngen. Daher sind Messverfahren für rotierende Maschinen, zum Beispiel nach ISO 10816, nur eingeschränkt anwendbar.

Für Windenergieanlagen ist eine Mittlung der gemessenen Schwingwerte über einen vorgegebenen Zeitraum erforderlich. Es kommt der energieäquivalente Mittelwert, auch Intervall-Effektivwert genannt, zur Anwendung. Er kennzeichnet die Gesamt-Schwingungsbelastung während einer Beurteilungsdauer  $T_0$ .

$$a_{w0} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} a_w^2(t) dt} \quad \text{Gleichung 1}$$

Dabei sind:

$a_w(t)$  die Schwinggröße (Beschleunigung oder Geschwindigkeit) als Funktion der momentanen Zeit  $t$

$T_0$  die Beurteilungsdauer

Für die aerodynamisch angeregten Schwingungen von Gondel und Turm mit Schwingfrequenzen zwischen 0,1 und 10 Hz und relativ großen Beschleunigungs- oder Geschwindigkeitsamplituden soll die Beurteilungsdauer 10 Minuten betragen. Damit ist gewährleistet, dass auch Schwingungen des Rotors mit im Bereich um oder unter 1 Hz zuverlässig erfasst werden.

Es kann notwendig werden, die Beurteilungsdauer von insgesamt 10 Minuten in mehrere von den Betriebsbedingungen abhängige Abschnitte zu unterteilen. Die Gesamt-Schwingungsbelastung ergibt sich dann aus:

$$a_{w0} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{e=1}^n a_{we}^2 \cdot T_e} \quad \text{Gleichung 2}$$

mit

$$T_0 = \sum_{e=1}^n T_e$$

An Getriebe und Generator können charakteristische Schwingungen zwischen 10 und 1000 Hz auftreten. Hier genügt eine kürzere Beurteilungsdauer von etwa 1 Minute.

Für die Komponenten von Windenergieanlagen sind unterschiedliche Kenngrößen und Messorte erforderlich, die in der folgenden Tabelle gezeigt werden:

Komponente	Kenngößen	Beurteilungsdauer	Messorte	Messrichtungen
Gondel und Turm	Beschleunigung $\leq 0,1$ bis 10 Hz Geschwindigkeit $\leq 0,1$ bis 10 Hz	10 Minuten	<ul style="list-style-type: none"> <li>In der Gondel beiderseits vom Fuß des Hauptlagers und beiderseits vom Generator bzw. Maschinenträger</li> <li>Am Turm unterhalb des Azimutlagers</li> </ul>	Axial, horizontal und vertikal zur Rotorwelle
Rotorlager mit Wälzlagern <sup>1</sup>	Beschleunigung $\leq 0,1$ bis 10 Hz Geschwindigkeit 10 bis 1000 Hz	10 Minuten  1 Minute	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei zwei separaten Rotorlagern an beiden Lagergehäusen</li> <li>Bei Dreipunktlagerung am Gehäuse des vorderen Lagers</li> </ul>	Axial, horizontal und vertikal zur Rotorwelle
Getriebe	Beschleunigung $\leq 0,1$ bis 10 Hz Beschleunigung 10 bis 2000 Hz Geschwindigkeit 10 bis 1000 Hz	10 Minuten  1 Minute  1 Minute	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei getrennt montiertem Getriebe und bei in das Getriebe integriertem Rotorlager am Getriebegehäuse im Bereich des Rotorlagers oder Hauptlagers</li> </ul>	Axial, horizontal und vertikal zur Rotorwelle
Generator	Beschleunigung 10 bis 5000 Hz Geschwindigkeit 10 bis 1000 Hz	1 Minute  1 Minute	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei integriertem Getriebe / Generator am Gehäuse im Bereich des Eingangs- und Außenlagers</li> <li>Bei elastisch gekoppelten Generatoren am Gehäuse beider Lager</li> </ul>	Axial, horizontal und vertikal zur Rotorwelle

<sup>1</sup> Für gleitgelagerte Wellen ist die Schwingungsbreite der Welle mit berührungslosen Wegaufnehmern zu messen. Das VM30-W ist dafür nicht ausgelegt.

Manfred Weber

**Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeule.K.**

Meißner Str. 58  
D-01445 Radebeul  
Tel. +49-351-836 21 91

P.O. Box 01 01 13  
D-01435 Radebeul  
Fax +49-351-836 29 40

Seite 2

Juni 11  
Internet: [www.MMF.de](http://www.MMF.de)  
Email: [Info@MMF.de](mailto:Info@MMF.de)

## Betriebsbedingungen bei der Messung

Die nachfolgend angegebenen Bewertungskriterien gelten für Messungen unter normalen Betriebszuständen, d.h. stabiler Betrieb mit mindestens 20 % Nennleistung. Die Richtwerte gelten für den gesamten Leistungsbereich der Anlage. Eine gesonderte Messung bei bestimmten Leistungen oder Betriebsbedingungen kann sinnvoll sein, wenn bei diesen erhöhte Schwingpegel, z.B. durch Resonanzen, auftreten.

## Bewertungskriterien und Richtwerte

In der VDI 3834 Blatt 1 werden die Schwingungen von Windenergieanlagen nach zwei Kriterien bewertet. Basis dafür sind statistische Auswertungen von Messergebnissen einer hinreichend großen Zahl von Anlagen.

Das erste Kriterium ist die Anlagenkomponente (Gondel und Turm, Rotorlager, Getriebe und Generator). Innerhalb der Komponentengruppen können bauartspezifische Unterscheidungen erforderlich sein.

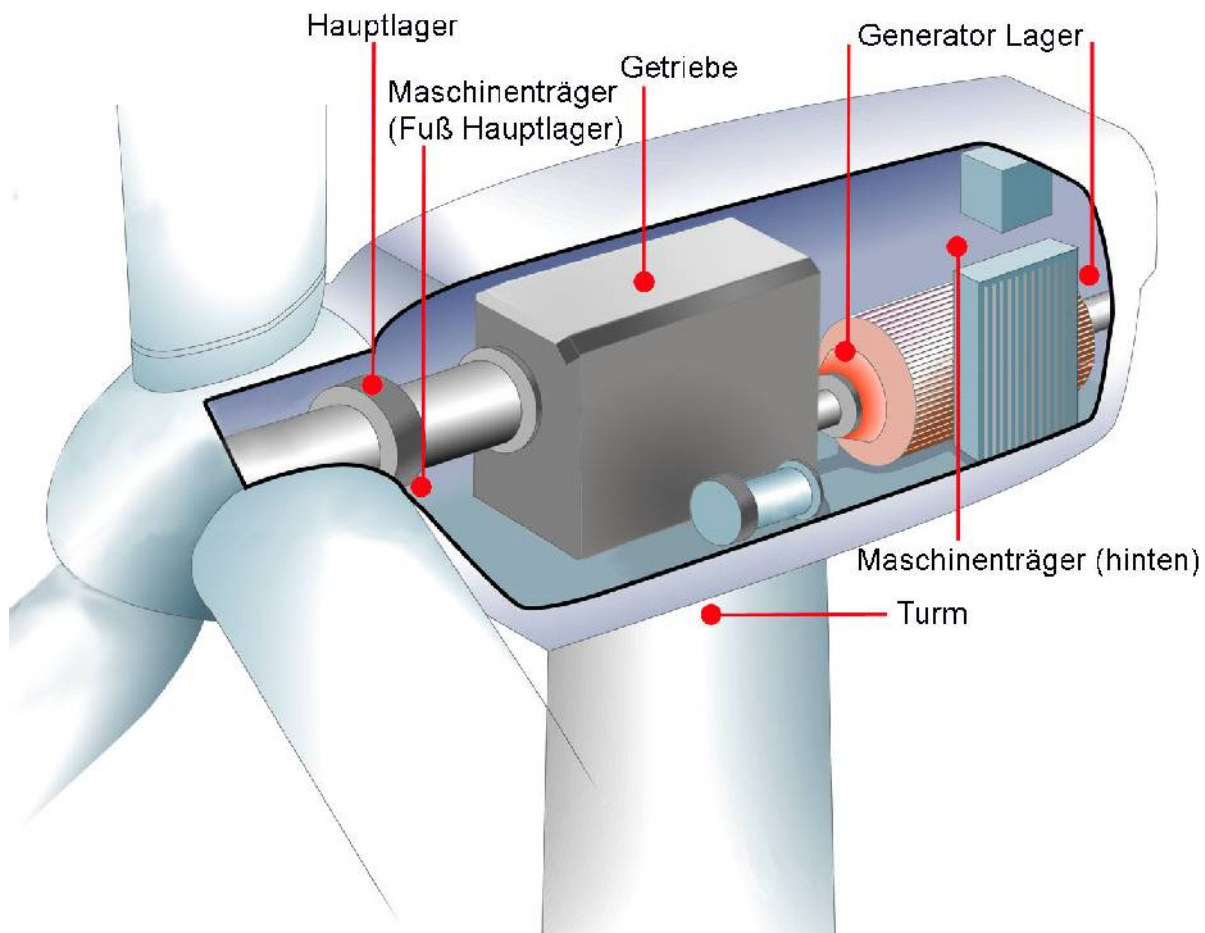


Bild 1: Anlagenkomponenten für die Messung nach VDI 3834 Blatt 1

Das zweite Kriterium beinhaltet die Werte der an den Komponenten ermittelten Kenngrößen. Die ermittelten Werte werden in drei Bewertungszonen eingeordnet, welche eine qualitative Beurteilung erlauben und ggf. Hinweise auf erforderliche Maßnahmen geben.

Die Bewertung des Schwingungszustands erfolgt auf Basis der Schwingbeschleunigung und der Schwinggeschwindigkeit der einzelnen Komponenten. Für die Beurteilung ist der schlechteste Zonenwert maßgebend.

**Zone 1:** Geeignet für den Dauerbetrieb.

**Zone 2:** Möglicherweise nicht für den Dauerbetrieb geeignet. Eine Untersuchung der Ursachen der erhöhten Schwingwerte wird empfohlen.

**Zone 3:** Gefahr von Anlagenschäden.

Die nachfolgende Tabelle enthält statistisch gewonnene Schwingwerte, die den genannten Bewertungszonen zugeordnet sind.

Komponente	Beurteilungsbeschleunigung		Beurteilungsgeschwindigkeit	
Gondel und Turm	Frequenzbereich $\leq 0,1$ bis 10 Hz		Frequenzbereich $\leq 0,1$ bis 10 Hz	
	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III
	0,3 m/s <sup>2</sup>	0,5 m/s <sup>2</sup>	60 mm/s	100 mm/s
Rotorlager	Frequenzbereich $\leq 0,1$ bis 10 Hz		Frequenzbereich 10 bis 1000 Hz	
	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III
	0,3 m/s <sup>2</sup>	0,5 m/s <sup>2</sup>	2,0 mm/s	3,2 mm/s
Getriebe	Frequenzbereich $\leq 0,1$ bis 10 Hz		Frequenzbereich 10 bis 1000 Hz	
	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III
	0,3 m/s <sup>2</sup>	0,5 m/s <sup>2</sup>	3,5 mm/s	5,6 mm/s
	Frequenzbereich $\leq 10$ bis 2000 Hz			
	7,5 m/s <sup>2</sup>	12,0 m/s <sup>2</sup>		
Generator	Frequenzbereich $\leq 10$ bis 5000 Hz		Frequenzbereich 10 bis 1000 Hz	
	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III	Zonengrenze I/II	Zonengrenze II/III
	10 m/s <sup>2</sup>	16 m/s <sup>2</sup>	6,0 mm/s	10 mm/s