

## Betriebsbedingte Schwingungen an KWEA

Lernziele und Kompetenzen: Verständnis für die Auswirkung von betriebsbedingten Schwingungen; Verständnis für Eigenfrequenzen und Eigenfrequenzprobleme

Allgemein: Bei Dachmontagen stellt die Übertragung der Schwingungen der Anlage auf das Gebäude ein spezielles Problemfeld dar. Das System aus KWEA und tragender Struktur besitzt in Abhängigkeit der Einzelkomponenten und deren Verbindung eine Vielzahl von Eigenfrequenzen. Liegen diese im anregenden Frequenzspektrum (abhängig vom Betriebsdrehzahlbereich), kommt es zu verstärkten Schwingungen im Betrieb der Anlage, die bereits mit der Hand gespürt (am Mast bzw. Verstrebungen) oder aber auch optisch wahrgenommen werden können (z.B. durch Auslenkungen des Turmkopfes/Gondel).

Diese Schwingungen, hervorgerufen durch Massenunwuchten am Rotor (ungleiche Verteilung der Massen an den Rotorblättern um die Rotorachse) oder aerodynamische Unwuchten (durch unterschiedliche Rotorblattverstellwinkel/Anstellwinkel der Rotorblätter zum Wind oder auch turbulentes Windfeld), führen zu erhöhten Belastungen für die Anlage, wodurch ihre Lebensdauer verringert wird und Schäden an Lagern, Fundament o.a. bereits kurzfristig wahrgenommen werden können.

Hinzu kommt die Weiterleitung der Schwingungen auf die Umgebung. Bei freier Aufstellung stellt es noch kein großes Problem dar, auch wenn das Fundament durch Rissbildung geschädigt werden kann. Bei Aufstellung auf dem Dach bedeuten Schwingungsübertragungen eine mechanische Belastung der Gebäudestruktur und ggf. sogar eine akustische Störung, da mit den Gebäudeschwingungen auch Geräuschbildung einhergehen kann.

Es gibt weitere Schwingungsursachen, so z.B. Blatt-Turm-Interaktion, Generator, „hektische“ passive Windrichtungsnachführung.

Im Speziellen: Massebehaftet Körper haben eine Eigenfrequenz, die von der Masse und der Geometrie (Trägheit) abhängt. Demnach haben auch alle Komponenten an einer KWEA eine Eigenfrequenz. Sowohl die Komponenten im Einzelnen wie auch das Turm-Gondel-System als Ganzes. Da die Energiegewinnung an KWEA durch die Drehbewegung des Rotors ermöglicht wird, zeichnet sich das Betriebsverhalten von KWEA durch die bereits erwähnten Schwingungen aus, die wiederum durch ein Vielfaches der Rotordrehzahl charakterisiert sind. Massenunwuchten wirken mit der Drehfrequenz des Rotors, Blatt-Turm-Interaktion bei einem dreiblättrigen Horizontalachser wirkt mit dem dreifachen der Rotordrehzahl usw. Nun können diese betriebsbedingten Schwingungen im Bereich der Eigenfrequenzen der Komponenten liegen, wodurch diese angeregt werden.

Die Anregung von Eigenfrequenzen ist ein sogenannter Resonanzfall, in dem die Komponente in extreme Schwingungen versetzt werden kann bzw. sehr hohe Belastungen auftreten. Um dies zu vermeiden, werden Dämpfer und Tilger eingesetzt, die das System so verändern, dass deren Eigenfrequenzen einfach „verschoben“ bzw. abgedämpft (z.B. Stoßdämpfer) werden. An KWEA geschieht dies z.B. am Turmkopf oder Turmfuß durch Gummidämpfer oder durch die abgestimmte Konstruktion des Turmes → Veränderung der

Höhe des Turmes führt zu Veränderung der Geometrie des Turmes und das wiederum hat Einfluss auf die Trägheit des Turm-Gondel-Systems und das führt zur Verschiebung der Eigenfrequenz.

#### Weiterführende Links/Internetseiten:

- Schwingungen bei Windkraftanlagen – allgemein, Eigenformen:  
<http://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/user/resnik/Diplomarbeiten/Voll/Schwingungen.htm>;  
Letzter Zugriff: 15.03.2016
- Messung niederfrequenter Schwingungen:  
<http://www.sonnewindwaerme.de/fachaufsatz-windenergie/kunst-niederfrequente-schwingungen-messen>;  
Letzter Zugriff: 15.03.2016
- Windkraftanlagen, Turm, Dynamik:  
[http://www.cae-wiki.info/wikiplus/index.php/Windkraftanlagen-Turm\\_Dynamik](http://www.cae-wiki.info/wikiplus/index.php/Windkraftanlagen-Turm_Dynamik)  
Letzter Zugriff: 15.03.2016
- Lastreduktion für Windenergieanlagen:  
<http://www.fos4x.de/anwendungen/lastreduktion-f%C3%BCr-windenergieanlagen>  
Letzter Zugriff: 15.03.2016
- R. Gasch und J. Tvele: Windkraftanlagen, S.284 und folgende sowie S.295 und folgende, Vieweg+Teubner, 6.Auflage, 2010

#### Weiterführende Links/Internetseiten zu Eigenfrequenz:

- Eigenfrequenz:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Eigenfrequenz>  
Letzter Zugriff: 15.03.2016
- Eigenfrequenzen schwingender Saiten:  
[https://elearning.physik.uni-frankfurt.de/data/FB13-PhysikOnline/lm\\_data/lm\\_282/auto/kap13/cd374.htm](https://elearning.physik.uni-frankfurt.de/data/FB13-PhysikOnline/lm_data/lm_282/auto/kap13/cd374.htm)  
Letzter Zugriff: 15.03.2016

Equipment: Die Versuche können unterstützt werden durch Messtechnik, die ggf. bereits als Laborinventar vorhanden ist, so z.B. Beschleunigungssensoren in Kombination auch mit einem Drehzahlsensor und einem Windmessgerät. Da dies sehr kostenintensives Equipment ist, beinhalten die hier gewählten Versuchsbeschreibungen einfache Ausstattung.

#### Auswahl an Videos:

- KWEA Betriebsschwingungen an Windfahne aufgrund von Unwuchten o.a.:  
<https://www.youtube.com/watch?v=b4wVPmpiFfA>
- WEA-Abschaltung und Ausschwingen:  
[https://www.youtube.com/watch?v=1di-G\\_ezzYs](https://www.youtube.com/watch?v=1di-G_ezzYs)

- Turmschwingungen an KWEA:  
<https://www.youtube.com/watch?v=H4GXjpMgHFE>
- Schwingungen und Geräuschemissionen von Auf-Dach-KWEA:  
<https://www.youtube.com/watch?v=qJf8gkyAkFo>