

Schwingungsschäden in einem Offshore-Windpark

An Windkraftanlagen in einem Offshore-Windpark in Skandinavien traten bereits kurz nach der Inbetriebnahme Schäden an den Transformatoren auf. Vom Wartungspersonal wurden abgerissene Befestigungsschrauben sowie subjektiv hohe Schwingungen während des Betriebes beobachtet. Da der Zugang zu den Transformatoren während des Betriebes nicht gestattet war und darüber hinaus nach den Beobachtungen des Wartungspersonals die Höhe der Schwingungen stark von der jeweiligen Windrichtung und -stärke abhängig ist, wurde nach Rücksprache mit dem Betreiber des Windpark beschlossen, eine zeitlich befristete Dauer-messung zu installieren.

Die Transformatoren waren im Turm der Windkraftanlagen auf einer Bühne in ca. 5 m Höhe installiert. Zur Erfassung der Schwingungssituation wurden sowohl am Transformator als auch am Turm und an der Bühne, auf die der Transformator montiert war, Schwingungssensoren installiert. Die Position der Sensoren wurde dabei so gewählt, dass die Bewegungsform des Transformators und die maximalen Schwingungen ermittelt werden konnten. Die Signale der Schwingungssensoren wurden von einem Messwerterfassungssystem mit einer Frequenz von 500 Hz abgetastet und für weitere Analysen abgespeichert.

Vom Betreiber wurde vermutet, dass die Schwingungen am Transformator insbesondere dann auftreten, wenn der Wind aus der Richtung der anderen Windkraftanlagen kommt. Bei dieser Konstellation können an den Masten periodische Wirbelablösungen auftreten und die Anströmung der betroffenen Anlage stark beeinflussen. Sollten dann auch noch mechanische Eigenfrequenzen einzelner Bauteile am Turm und Wirbelablösefrequenz zusammentreffen, könnten starke Schwingungen angefacht werden. Der Zeitraum für die Dauerüberwachung musste daher so gewählt werden, dass die entsprechende Windrichtung und auch die Windgeschwindigkeiten in dem Messzeitraum enthalten waren. Darüber hinaus musste gewährleistet sein, dass die Messketten ordnungsgemäß funktionieren, denn es wäre nicht akzeptabel gewesen am Ende des Messzeitraumes festzustellen, dass die Messung bereits kurz nach dem Start unbeabsichtigt unterbrochen worden wäre. Es wurde daher eine Möglichkeit geschaffen, die Messkette mit Hilfe einer Mobilfunkverbindung zu überprüfen, indem die aktuellen Messwerte von unserer Ingenieurzentrale in Rheine aus eingesehen und die verdichteten Messwerte abgerufen werden konnten. Zusammen mit den Betriebsdaten der Anlage wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Leistung konnten somit die bereits aufgezeichneten Daten klassiert und bewertet werden.

Bei der Auswertung der aufgezeichneten Messdaten zeigte sich, dass in Abhängigkeit von der Windstärke und -richtung Schwinggeschwindigkeiten am Transformator von bis zu 190 mm/s auftreten. Der Transformator schwingt zum einen zusammen mit der Bühne auf die er installiert ist. Darüber hinaus gibt es aber auch noch eine Relativbewegung des Transformators auf der Bühne.

Auch die vermutete Abhängigkeit der Schwingungen von der Windrichtung ließ sich auf der Grundlage der Messdaten nachweisen. Die höchsten Schwingungen wurden gemessen, wenn der Wind aus Richtung der Nachbaranlagen (170°) wehte.

Auffällig war darüber hinaus, dass die höchsten Schwinggeschwindigkeiten nicht bei der größten Leistung gemessen wurden (siehe Abb. 3).

MASCHINENDYNAMIK

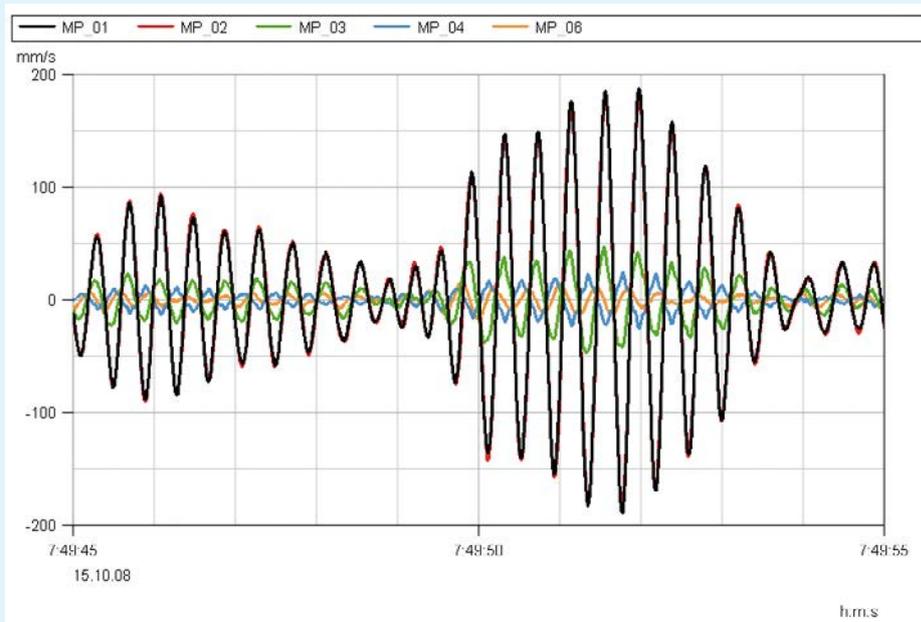
Mit Hilfe der aufgezeichneten Messdaten konnte die Bewegung des Transformators sowie die „weiche Stelle“ in der Aufstellung gefunden werden. Es wurden kurzfristig Modifikationen ausgearbeitet und umgesetzt, ohne das grundlegende Konzept oder die Tragkonstruktion wesentlich zu verändern. Im Anschluss daran wurde erneut die Dauermessung durchgeführt mit deren Hilfe die Wirksamkeit der Maßnahmen nachgewiesen werden konnte.

Wie aus der Abbildung 4 zu erkennen ist, wurden die maximalen Schwinggeschwindigkeiten durch die Modifikation der Aufstellung deutlich verringert. Die daraufhin an allen Anlagen umgesetzten Modifikationen sind inzwischen seit mehr als 2 Jahren in Betrieb. Weitere Schäden an den Transformatoren sind in dieser Zeit nicht wieder aufgetreten.

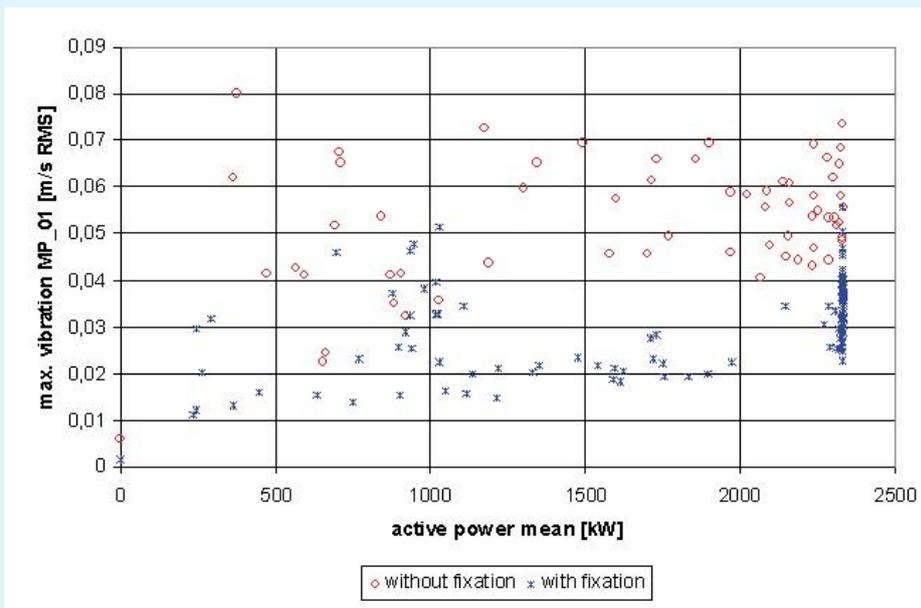


Offshore-Windpark in Skandinavien

MASCHINENDYNAMIK

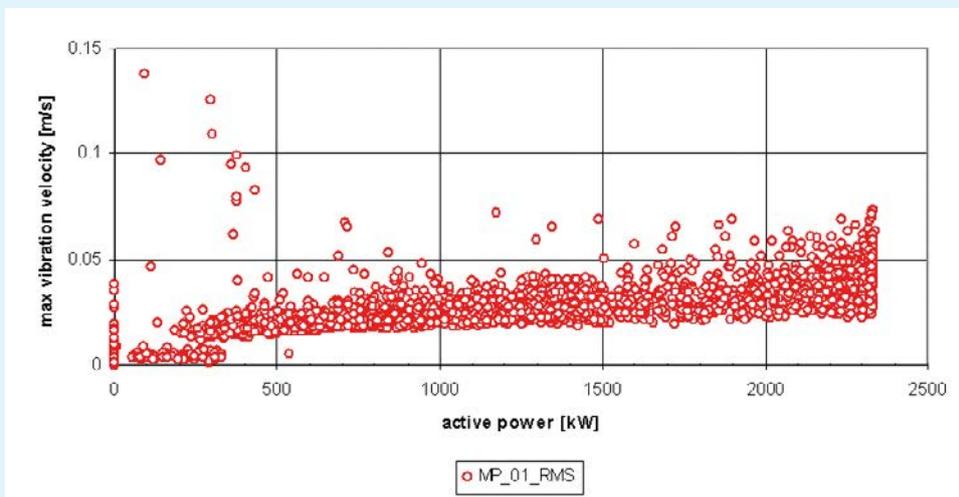
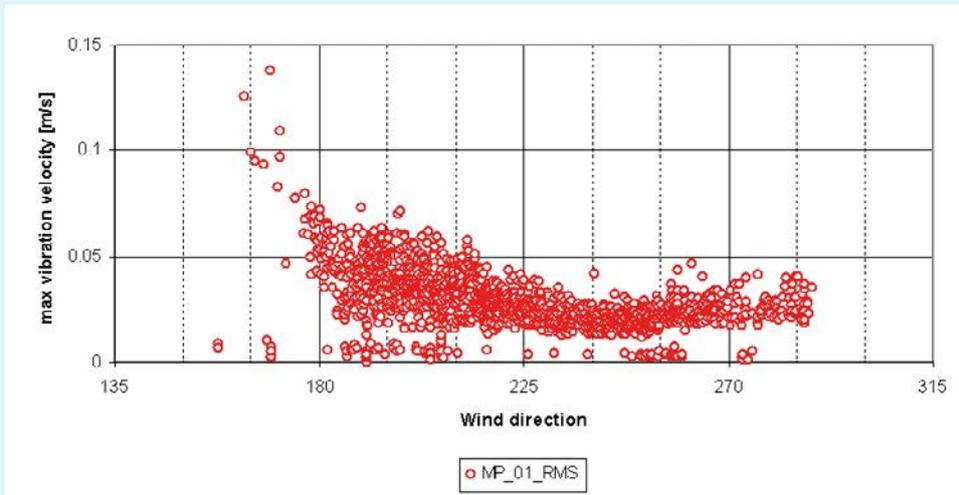


Zeitfunktionen der gemessenen Schwinggeschwindigkeiten, MP_01 und MP_02: Oberkante Transformator, MP_03, MP_04 und MP_06: auf der Bühne bzw. am Turm.



10-Minuten-Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit an der Oberkante vom Trafo (MP_01) in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung der Windkraftanlage, Windrichtung 175° bis 184°, rote Kreise = Ausgangssituation, blaue Kreuze = mit Modifikation.

MASCHINENDYNAMIK



10-Minuten-Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Windrichtung und der elektrischen Leistung der Windkraftanlage.



Kontakt:

Dipl.-Ing. Robert Missal
Telefon: +49 5971 9710-25
r.missal@koetter-consulting.com