

Der Doppler-Effekt – Pfeifgeräusche an einer Windenergieanlage

Die Ursache von Geräuschen an Windenergieanlagen kann auf verschiedene Effekte, wie z. B. Strömungsrauschen an den Blättern, zurückgeführt werden. Zusätzlich können, je nach Anlagentyp, noch tonale Anteile hinzukommen, die beispielsweise durch die Getriebe-Generatoreinheit verursacht werden. Die Frequenz dieser Anteile ist mit der Drehzahl gekoppelt und kann durch die im Eingriff befindlichen Zahnradpaarungen rückgerechnet werden. Bei einer von KÖTTER Consulting Engineers vermessenen Windenergieanlage wurde ein Ton bemängelt, der über der Zeit periodisch in seiner Frequenz schwankte. Als Ursache hierfür wurde unter anderem der Doppler-Effekt vermutet.

Der Doppler-Effekt ist ein alltäglich zu beobachtendes Phänomen. Eine Schallquelle, die sich auf einen ruhenden Beobachter zubewegt, wird dort mit einer höheren Frequenz wahrgenommen als ursprünglich abgestrahlt. Bewegt sich die Schallquelle vom Beobachter weg, fällt die Frequenz weiter ab.

Als typisches Beispiel sei ein Krankenwagen mit eingeschaltetem Martinshorn genannt, der sich mit 50 km/h auf einen Beobachter zubewegt (siehe Abbildung 1). Das Martinshorn strahlt eine Schallwelle mit einer Frequenz von 440 Hz ab. Der Beobachter nimmt die Schallquelle jedoch mit ca. 459 Hz wahr. Entfernt sich der Krankenwagen, liegt die Frequenz nur noch bei ca. 423 Hz.

Befindet sich eine Schallquelle auf einer rotierenden Ebene, wie in diesem Fall auf einem Blatt des Rotors einer Windenergieanlage, bewegt diese sich periodisch auf den Beobachter zu bzw. weg (siehe Abbildung 2). Die Frequenz der beim Beobachter eintreffenden Schallwelle, ändert sich somit auch periodisch.

Diese periodische Frequenzverschiebung f lässt sich aus der Umlaufzeit T des Rotors, der Entfernung der Schallquelle zur Nabe r , der Mittenfrequenz der Schallquelle f_0 sowie der Position des Beobachters $P(x_0, y_0, z_0)$ relativ zur Nabe berechnen.

Durch den Abgleich der Berechnungen mit den Messdaten ließ sich die Position der Schallquelle abschätzen und konnte so mit Angabe des betroffenen Blattes dem Betreiber mitgeteilt werden. Bei einer daraufhin erfolgten Inspektion der Blätter wurden tatsächlich mehrere Unebenheiten und Löcher in den Blättern gefunden und repariert. Nach der Wiederinbetriebnahme zeigt sich die Geräuschabstrahlung der Windenergieanlage ohne lästigen Einzelton, sodass die Anlage jetzt wieder mit dem „normalen“ Geräuschpegel betrieben werden kann.

WINDENERGIE

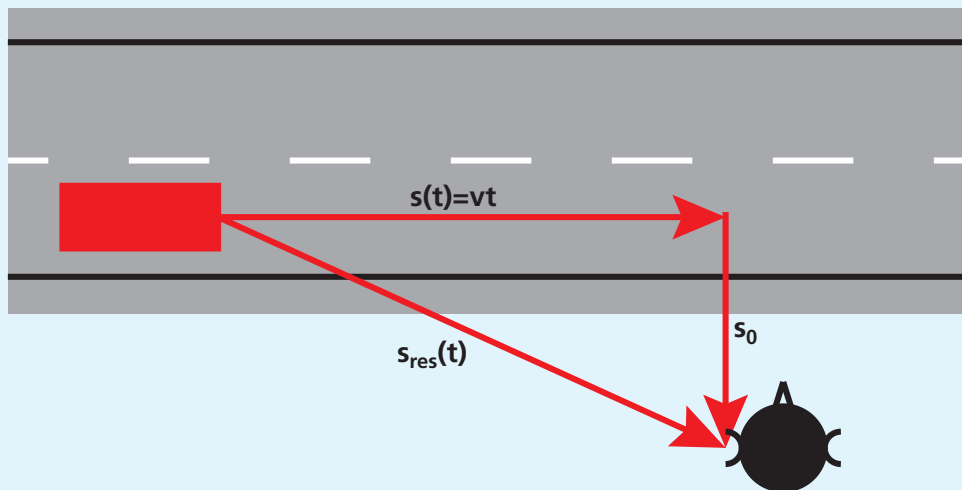


Abbildung 1:
Schematische Darstellung eines am ruhenden
Beobachter vorbeifahrenden Krankenwagens

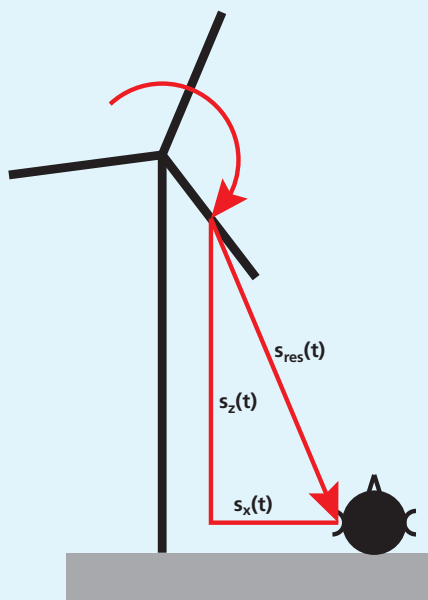


Abbildung 2:
Schematische Darstellung einer rotierenden
Schallquelle auf einem Blatt einer
Windenergieanlage



Kontakt:
Dipl.-Ing., M.Sc. Timm Schaer
Telefon: +49 5971 9710-60
t.schaer@koetter-consulting.com