

Semiaktiver Flüssigkeitsdämpfer zur Schwingungsreduktion der Windenergieanlagen

Bachelorarbeit von Fabian Fries

Schwingungen sind für die Lebensdauer von Windenergieanlagen ein maßgebendes Auslegungskriterium. Daher wird der Flüssigkeitsdämpfer (TLCD) als eine der Maßnahmen zu Schwingungsreduktion bei Bauwerken in seiner Wirkung für Windenergieanlagen untersucht. Der TLCD erscheint aufgrund der variablen Geometrie und möglichen Eigenfrequenzen als geeignet zur Installation in Windenergieanlagen. Seine Eigenfrequenz und effektive Masse ergeben sich aus den in Abbildung 1 dargestellten Geometrieparametern.

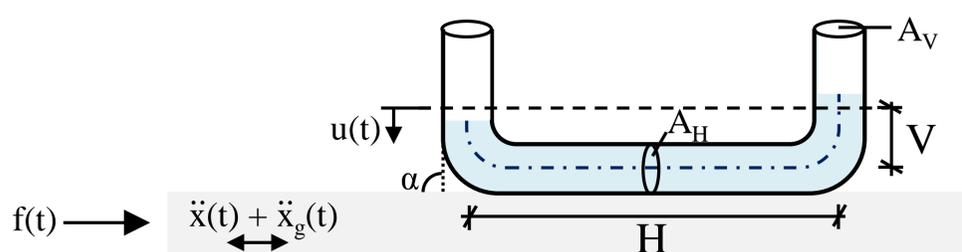


Abbildung 1: TLCD am horizontal angeregten Hauptsystem

Die Schwingungsreduktion durch den TLCD muss für Windenergieanlagen noch nachgewiesen werden. Dazu werden Simulationen im Programm FAST durchgeführt, welches am National Renewable Energy Laboratory (NREL) in den USA entwickelt wurde. Es wird in der erweiterten Version FAST-SC zur Simulation einer Windenergieanlage unter Windeinwirkung mit und ohne Schwingungsdämpfer verwendet. Es werden nach DIN-EN 61400-1 ermittelte turbulente Windeinwirkungen auf die in Abbildung 2 dargestellte Referenz-Windenergieanlage simuliert. Die daraus resultierenden Schwingungen werden anhand des RMS-Wertes („Root Mean Square“) als Maß für die Schwingungsenergie verglichen.

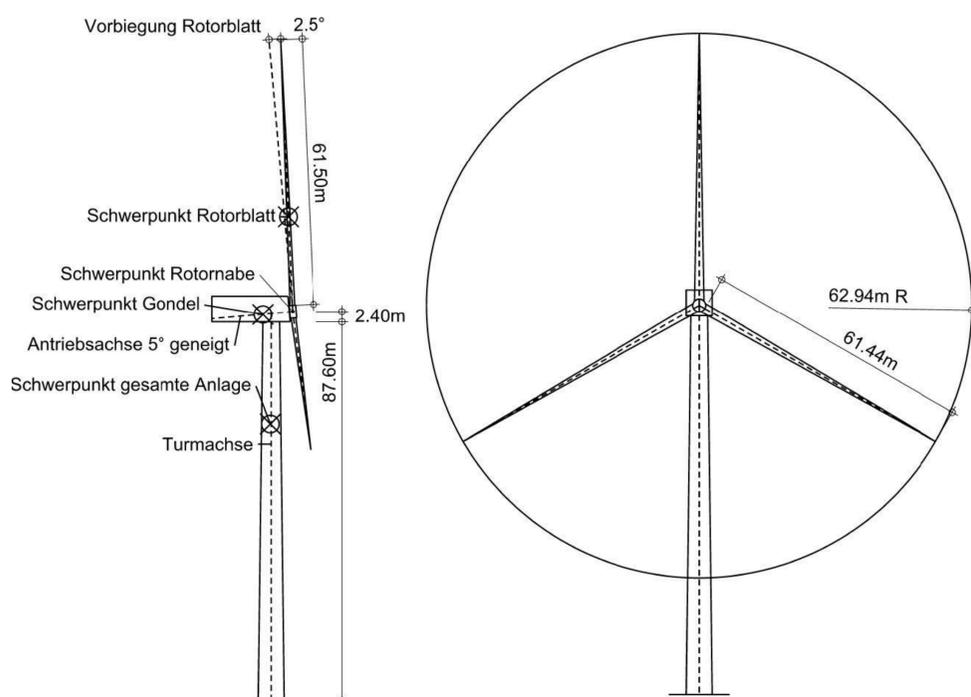


Abbildung 2: NREL 5 MW Referenz-Windenergieanlage

Es wird ein Massfederdämpfer (TMD) simuliert, der nach den Abstimmungskriterien von Den Hartog optimiert ist und eine Masse von 5% der modalen Masse der Windenergieanlage hat. Die Mittelwerte des RMS-Werts und der Reduktionsfaktoren aus drei Simulationen mit turbulenter Windeinwirkung sowie deren Einzelergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

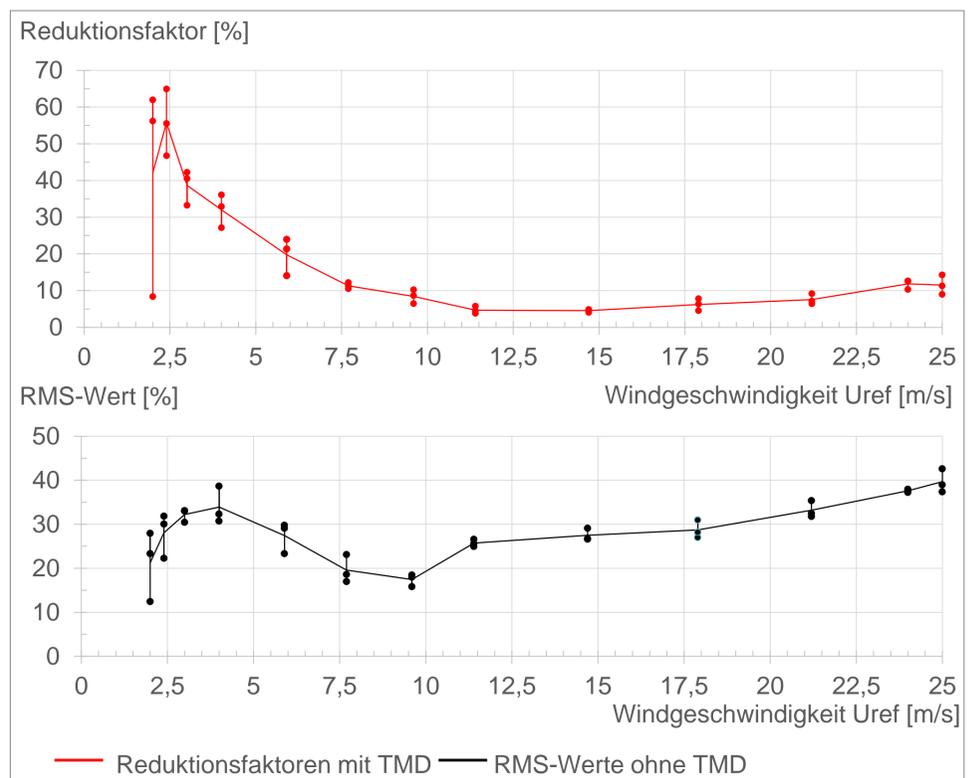


Abbildung 3: Simulationsergebnisse bei turbulenter Windeinwirkung

Die Simulationen zeigen, dass die Schwingungsenergie durch einen TMD um 5 bis 40 % reduziert werden kann. Für niedrige Windgeschwindigkeiten nahe der Einschaltwindgeschwindigkeit einer Windenergieanlage wird die höchste Schwingungsreduktion erzielt. Bei diesen Windgeschwindigkeiten treten Resonanzschwingungen auf, die bei der Turmauslegung besonders relevant sind. Die Ergebnisse dieser Simulationsreihen lassen sich durch den Analogiesatz zwischen TMD und TLCD ebenfalls für einen TLCD anwenden.

Die Simulationen semiaktiver Schwingungsdämpfer zeigen, dass diese die Schwingungsreduktion um bis zu 20 % im Vergleich zu passiven erhöhen. Diese Steigerung wird durch eine Abstimmung auf die 3P-Frequenz anstatt auf die Eigenfrequenz erreicht. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass sich ein TLCD, insbesondere der semiaktive, zur Reduktion von Schwingungen bei Windenergieanlagen unter turbulenter Windeinwirkung eignet. Daher kann durch TLCDs die Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit von Windenergieanlagen gesteigert werden. Weitere Forschungsfragen ergeben sich beispielsweise zur Wirkung bei Offshore-Windenergieanlagen und zur schädigungsäquivalenten Schwingungsbeurteilung.