

Atmosphärische Stabilitätsparameter – „Best Practices“ zur Ermittlung, Interpretation und Verwendung von Standard-Messungen für CFD-Simulationen in der Windenergie

Carolin Schmitt (1), Catherine Meissner (2), Steve H. Clark (3), Gibson Kersting (4), and Pau Casso (5)

(1) CS Meteo, Consulting, Karlsruhe, Germany (carolin.schmitt@email.de), (2) Windsim AS, Tonsberg, Norway, (3) NRG Systems, Vermont, USA, (4) E.ON Climate & Renewables North America Inc., USA, (5) Vortex SL, Barcelona, Spain

Im Bereich der Windenergie ist die atmosphärische Stabilität eine wichtige Größe, da durch sie die Strömungsverhältnisse an einzelnen Standorten unterschiedlich geprägt werden. Sie hat Einfluss auf die Abschätzung der Energieerträge ebenso wie auf die Modellierung der Lasten einer Windkraftanlage. Weiterhin kann sie bei der Diagnose von Über- und Underperformance bestehender Anlagen und der Überprüfung der Leistungskurve eine Rolle spielen.

Daher ist es wichtig, genaue Stabilitätsparameter zu bestimmen um sie in CFD Berechnungen (Computational Fluid Dynamics) zur Standortbewertung mit einfließen zu lassen. Heutzutage enthalten alle CFD-Codes ihre eigene, häufig unterschiedliche Methode zur Berücksichtigung atmosphärischer Stabilitätseffekte und brauchen daher unterschiedliche Eingabeparameter.

Die meisten Berechnungen der atmosphärischen Stabilität erfordern entweder die Messung der Windgeschwindigkeit und der Temperatur in zwei Höhen oder die direkte Bestimmung der turbulenten Flüsse. Aus Standard-Messungen in der Windressourcenbewertung ist die Datengrundlage dafür allerdings meist unzureichend da selten direkte Fluss-Messungen gibt, Differenztemperaturmessungen immer noch selten sind und die Genauigkeit und Verfügbarkeit von Temperaturmessungen oft geringe Qualität aufweisen. Außerdem gibt es verschiedene Methoden, um die atmosphärische Stabilität aus Messungen zu berechnen, und alle führen zu unterschiedlichen Häufigkeitsverteilungen der Stabilitätsklassen.

Innerhalb dieser Arbeit werden diese verschiedenen Methoden zur Berechnung der atmosphärischen Stabilität analysiert. Es wird untersucht, wie gemessene atmosphärische Stabilitätsparameter sowie Parameter aus mesoskaligen Modellen und mittlere Windgeschwindigkeitsprofile in CFD-Simulationen einbezogen werden sollten, um die Berechnung der Windressourcen zu verbessern. Mehrere Standorte mit unterschiedlicher Komplexität und Vegetation und verschiedenen Messlayouts fließen in die Untersuchung mit ein. Die Stabilitätsparameter werden unter Verwendung dieser Daten und verschiedener Methoden berechnet (z. B. Sukanta, Holtslag, Profile-Methode, Eddy-Kovarianz-Methode und Richardson-Methode). Wo verfügbar, werden Ultraschalldaten zur Berechnung der Monin-Obukhov-Länge verwendet, um einen direkten Vergleichswert zu haben.

Daraus lässt sich ableiten, welche Methode die besten Klassifizierungsergebnisse und damit verbundene Unsicherheiten liefert. Ein Vergleich von simulierten Wind- und Turbulenzwerten mit neutralen und stabilitätsabhängigen Randbedingungen wird basierend auf Stabilitätsmessungen und Modellergebnissen durchgeführt und anhand von Messdaten validiert. Darauf basierend werden „Best Practices“ für die Berechnung der atmosphärischen Stabilität unter Verwendung von Standard-Messequipment, einer optimalen Messkonfiguration und numerischer Mesoskalenmodelle ermittelt. Weiterhin wird gezeigt, dass berechnete und gemessene Monin-Obukhov-Längen (unter Verwendung von Ultraschallsensoren) gut genug für die Bewertung der Windressourcen sind. Es wird geprüft ob neuere Methoden zur Berechnung der atmosphärischen Stabilität, die ausschließlich auf Windgeschwindigkeitsmessungen basieren, eine Alternative zu den herkömmlichen Profile- oder Richardson-Methoden sein können, da diese mit einer Standard-Messkonfiguration oft leichter abgedeckt werden können.

Die gemessene und modellierte atmosphärische Stabilität sollte zur Bewertung der Windressourcen verwendet werden, um die Windverhältnisse eines Standorts vollständig zu verstehen. Hierdurch kann die Genauigkeit der CFD-Strömungsmodellierung und somit Ertrags-, Unsicherheits- und Lasteneinschätzung deutlich verbessert werden.

