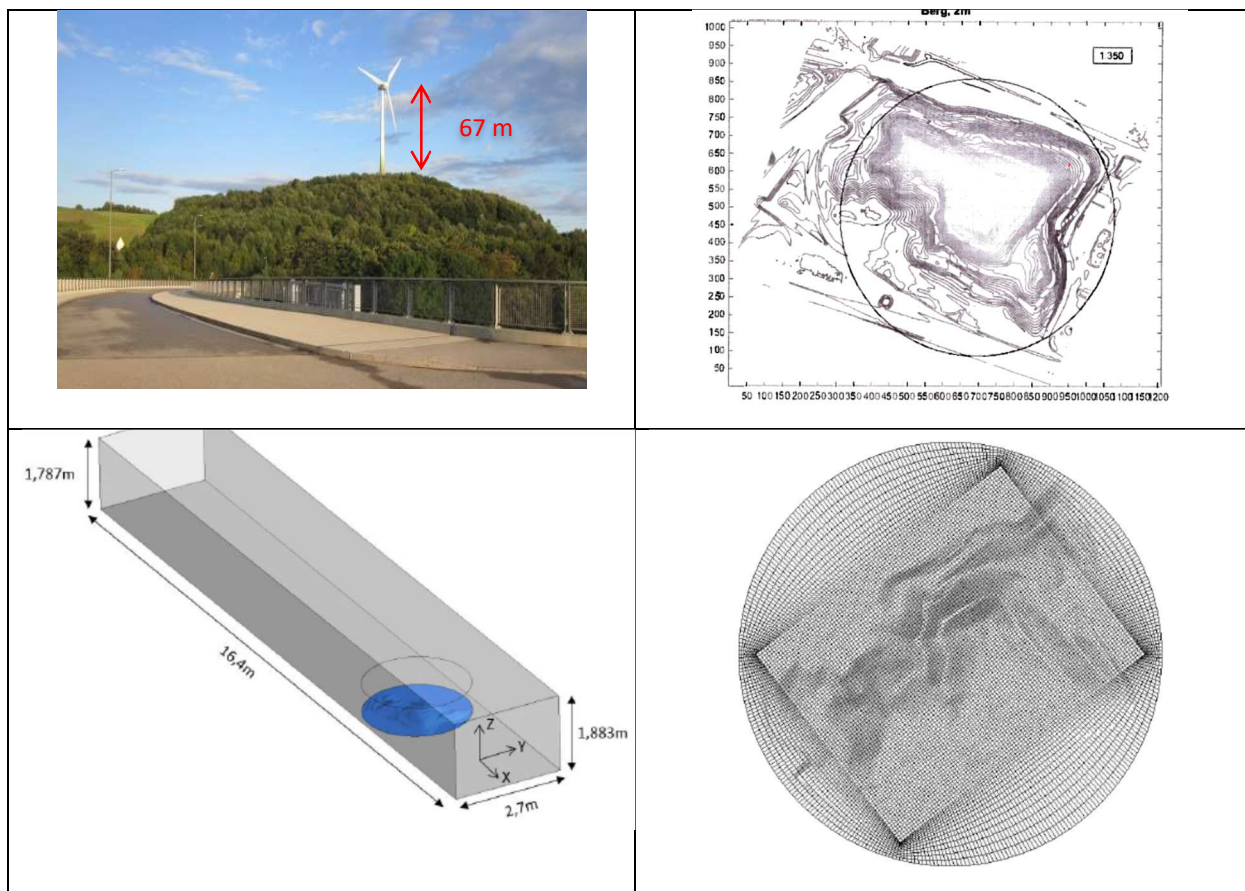


## Abschluss (BSc, MSc)- oder Semesterarbeit

# Numerische Simulation (URANS-CFD) des Nachlaufs der Windturbine am Standort „ehemalige Deponie Fröttmaning“

### Hintergrund

Standorte von WEAs auf Bergkuppen sind einerseits attraktiv wegen potenziell höherer Ausbeuten als im Flachland, stellen andererseits aber höhere Anforderungen bei der Prognose der Leistung und der aerodynamischen Lasten aufgrund des Einflusses der Umgebung auf das Strömungsfeld. Zum Verständnis des Einflusses der lokalen Orographie (Hangneigungen), der Waldbedeckung und der Umgebungsbebauung auf die Mittelwerte und Effektivwerte des Windes werden im Gebäudeaerodynamikwindkanal des Lehrstuhls AER Windkanalexperimente durchgeführt. Mit diesen Messdaten, die gerade durch Nachlaufmessungen im Modellmaßstab ergänzt werden, sollen die Ergebnisse der numerischen Modellierung verglichen werden.



### Aufgabenstellung

Ausgehend von dem in einer Semesterarbeit (Huber, 2017) erstellten 3D-Gitter für die CFD-Untersuchung der Überströmung des WEA-Standorts (bisher ohne Windturbine) und der Implementierung der Aktuatorline-Methode in das Programm Ansys-FLUENT (Martinez, 2018) sollen CFD-Untersuchungen mittels instationärer URANS-Simulation durchgeführt werden, bei denen der Rotor der Windturbine mittels der Aktuatorline-Methode durch umlaufenden, linienhafte Verteilung von Blattkräften pro Blattsegment modelliert wird.

Die Simulationen sollen mit der Software Ansys-FLUENT durchgeführt werden für Anström- und Randbedingungen wie in einem laufenden Windkanalversuch, bei dem die in Engel (2018) entwickelte Modellwindturbine auf der in Hopf (2016) beschriebenen Modellgeometrie des Müllbergs experimentell untersucht wird. In einem ersten Schritt sind dabei Polaren für die Modellwindturbine analog zu der

Vorgehensweise in Mütze (2017) zu bestimmen, die anschließend in der URANS mit der Aktuatorline-Methode verwendet werden.

Für stationäre Anströmung mit einem gegebenen Windprofil  $U(y)$  aus unterschiedlichen Richtungen ist der raum-zeitliche Verlauf des Rotornachlaufs zu visualisieren und geeignet quantitativ zu beschreiben. Bei Verfügbarkeit von Windkanalmessungen sollen diese zum Vergleich herangezogen werden. Die Ergebnisse sind im Hinblick auf die Positionierung weiterer Turbine auf der gleichen Hügelkuppe oder in der näheren Umgebung auszuwerten. Die berechneten Leistungswerte sind mit den Prognosen von Tiefenbach (2010) hinsichtlich Einfluss von Anströmrichtung und Umgebung zu vergleichen.

### **Voraussetzung, Betreuer**

Vorkenntnisse in der Anwendung von CFD-Software (z.B. aus dem Praktikum PNSS oder angewandter CFD), Bereitschaft zur intensiven Einarbeitung in Ansys-FLUENT und den Gittergenerierer ICEM. Auskunft und Betreuung durch Prof. Dr. H.-J. Kaltenbach und MSc Julius Stegmüller.

### **Motivation:**

- Micro-siting: Optimierung der Standortwahl von WEAs in komplexem Gelände (i.d.R. vor der Aufstellung aufwändige Messung mit Windmast über 1 Jahr, teuer)
- Prognosemethoden derzeit nicht besonders genau für komplexes Gelände : (mittlere) Windverhältnisse (Verteilung nach Stärke und Richtung) aus Statistik an einzelnen Messorten (Raster des DWD etc.), dann Interpolation auf lokalen Standort unter Berücksichtigung von lokaler Geländeform (Überhöhungsfaktoren);  
→begrenzt zuverlässig in steiler, komplexer Orographie mit variierendem Bewuchs
- Inwieweit kann man mit CFD die Prognose von Ausbeute und Lebensdauer für Standorte im komplexen Gelände verbessern?
- Wie groß ist der Einfluss der Geländeform und des Bewuchses auf Ausbeute und auf Belastung/Lebensdauer im Vgl. zu Standort in der Ebene?
- Welche Wechselwirkung besteht zwischen Nachläufen von WEAs in komplexem Gelände? (relevant für Windfarmen und Algorithmen zur Verbesserung der Gesamtausbeute)

### **Arbeitsprogramm:**

- Einarbeitung in die Aktuatorline-Implementierung in FLUENT
- Blatt-Polare für Modellwindturbine bestimmen (wie Mütze, 2017)
- Lokale Gitterverfeinerung im existierenden 3D-Netz für die Bergüberströmung im Bereich der Windturbine und des Nachlaufs gemäß den vorher ermittelten Kriterien
- Auswahl Turbulenzmodell (RANS), Wandbedingung (Rauigkeitsparameter)
- Festlegung der Randbedingung, Einströmprofil
- Simulation für diverse Richtungen mit Ansys-FLUENT
- Postprocessing (Visualisierung des Nachlaufs, quantitative Analyse von Position und Ausdehnung), Bestimmung der Leistung und Vergleich mit Windkanalmessungen

### **Literatur:**

Engel, Michael: Entwicklung eines Windkanalmodells zur Standortuntersuchung von Windenergieanlagen am Beispiel der WEA Fröttmaning. Bachelorarbeit am Fachgebiet SBA(AER) an der Fakultät MW der TU München, 2018.

Hopf, Paul: Experimentelle Untersuchung des Einflusses von Orographie auf Leistung und aerodynamische Lasten einer Windturbine am Beispiel des Standorts "ehemalige Deponie Fröttmaning". Bachelorarbeit am Fachgebiet SBA(AER) an der Fakultät MW der TU München, 2016.

Huber, Andreas: Numerische Simulation (CFD) der Strömung am Windenergieanlagen-Standort „ehemalige Deponie Fröttmaning“, Semesterarbeit am Fachgebiet SBA(AER), Fakultät MW der TU München, 2017.

Martinez Garcia, Andrea: Implementation and Validation of the Actuator Line Method in ANSYS Fluent through User Defined Functions. Semesterarbeit am Fachgebiet SBA (AER), Fakultät MW der TU München, 2018.

Mütze, Katharina: 3D Polar Identification of a Model Wind Turbine Rotor based on RANS Simulation. Semesterarbeit am Fachgebiet SBA (AER), Fakultät MW der TU München, 2017.

Tiefenbrunn, Michael: Benchmark verschiedener CFD Programme zur Ertragsprognose an einem komplexen Windkraftstandort in München. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Aerodynamik (AER), Fakultät MW der TU München, 2010.