

RANS-SIMULATIONEN ATMOSPHÄRISCHER GRENZSCHICHTEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER THERMISCHEN SCHICHTUNG

Renko Buhr¹, Nina Hillmann², Hassan Kassem², Johannes Löwe³,
Gerald Steinfeld¹, Detlev Heinemann¹

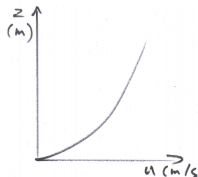
¹ForWind - Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

²Fraunhofer Institut für Windenergiesysteme (Fraunhofer-IWES), Oldenburg

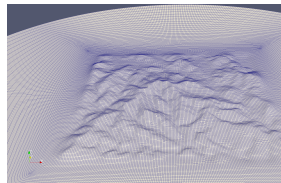
³DLR Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Göttingen

Fachtagung Energiemeteorologie
07.06.2018

Einfacher industrieller Ansatz



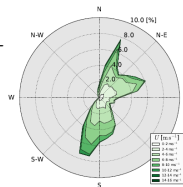
(1D-Vorlauf) →



↓ 36/72 Standardläufe



← Leistungsprognosen,
Windstatistik, etc.



Schichtung der Atmosphäre

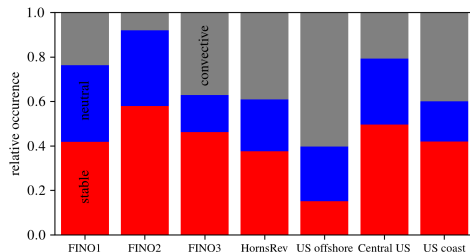
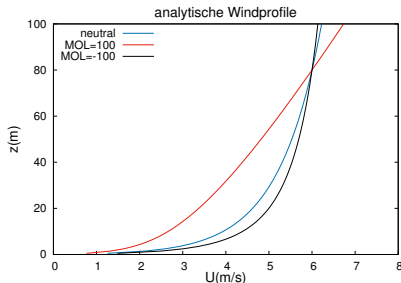


Abbildung 1: analytische Profile (l), Häufigkeit verschiedener Schichtung (r) [2]

- ❖ Thermische Schichtung hat erheblichen Einfluss auf die Strömung
- ❖ Vernachlässigung führt zu einer fehlerhaften Bestimmung der Windgeschwindigkeit
- ❖ Wind- und Stabilitätsverhältnisse standortspezifisch

Thermischer Löser

- ❖ Genutzte Modelle: OpenFOAM und THETA
- ❖ Basieren auf den Reynolds-Gleichungen (RANS: Reynolds-Averaged-Navier-Stokes)
- ❖ Stationäre, repräsentative Lösungen
- ❖ **Kontrolle des Masse- und Wärmeflusses**
- ❖ Quellterme in den Bewegungs- und den Turbulenzgleichungen ($k - \epsilon$)
- ❖ Basierend auf Arbeiten von Fraunhofer IWES [1]

Best-Practice-Verfahren

Analytische logarithmische Windprofile

- Fixierung ab Grenzschichthöhe für stabile Schichtung
- Korrekte Randbedingungen
- 1D-Vorlauf (konsistente Profile)
- 3D-Simulation
- Windstatistik, Leistungsprognose, etc.
 - ▼ Evaluationen mit 1D und Coriolishügel
 - ▼ (Evaluation an realen Standorten)

Periodische 1-D Simulation THETA

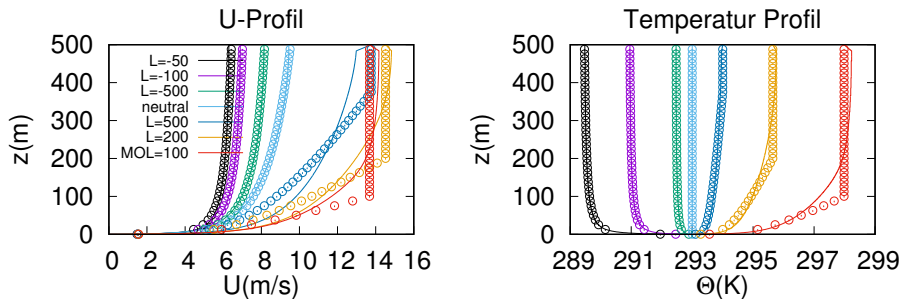


Abbildung 2: Temperatur und Windprofile für 1D Simulationen bei verschiedenen Stabilitäten (Simulation in Linien, analytische Lösung in Kreisen)

Vergleich U-Komponente THETA

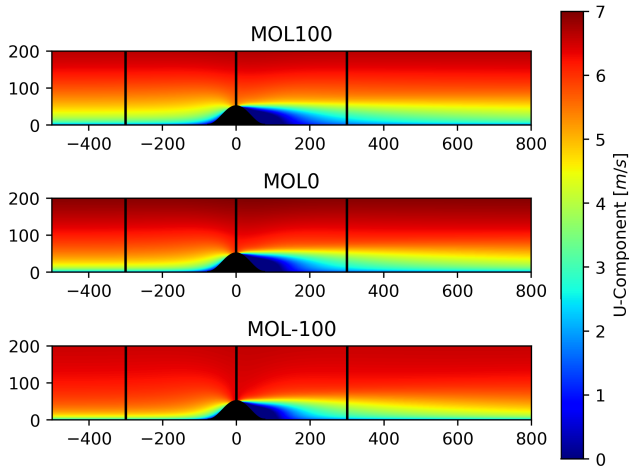


Abbildung 3: U-Komponente Coriolishügel

Vergleich TKE THETA

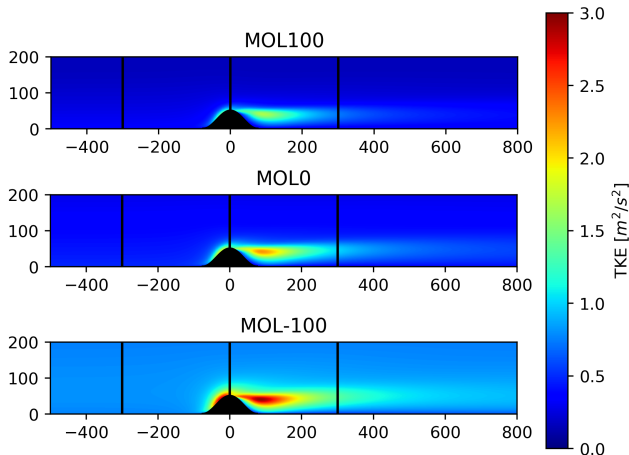


Abbildung 4: turbulente kinetische Energie Coriolishügel

Vergleich THETA-OF Temperatur

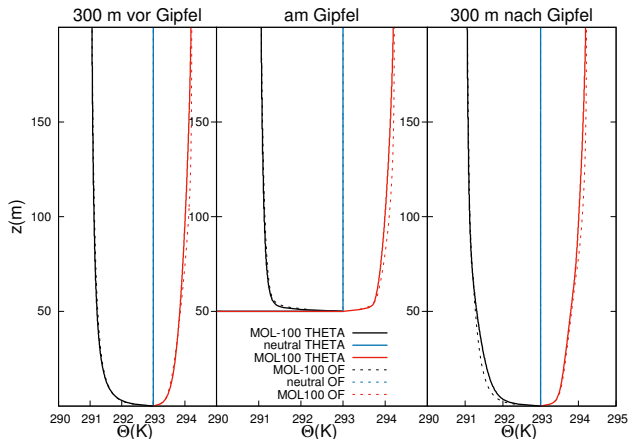


Abbildung 5: Temperaturprofile OpenFOAM und THETA im Vergleich

Vergleich THETA-OF U-Komponente

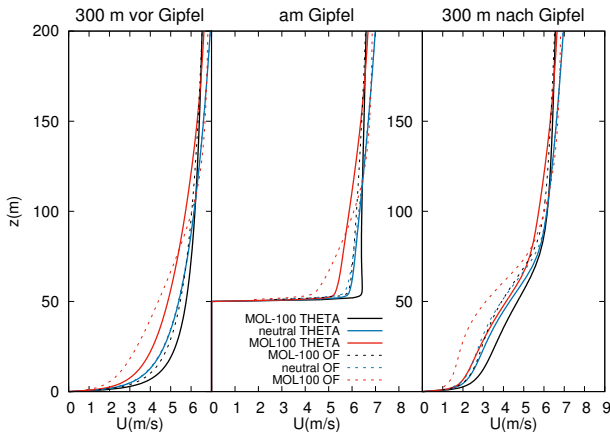


Abbildung 6: U-Profil OpenFOAM und THETA im Vergleich

Vergleich THETA-OF TKE

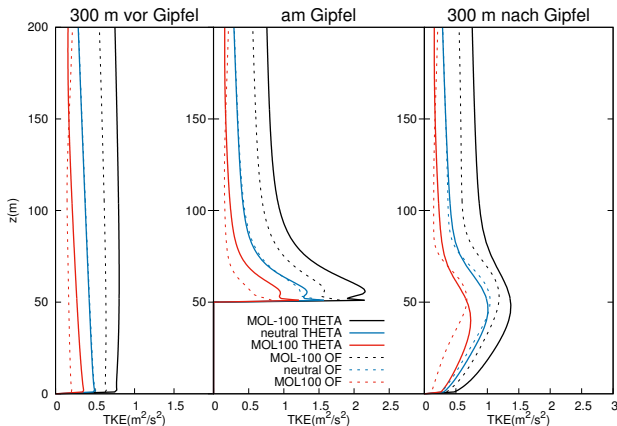
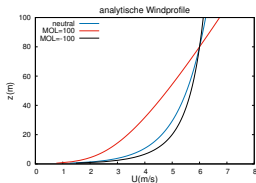
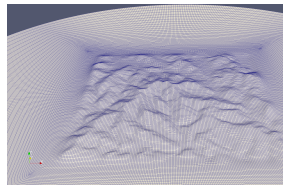


Abbildung 7: Turbulente kinetische Energie OpenFOAM und THETA im Vergleich

Zusammenfassung



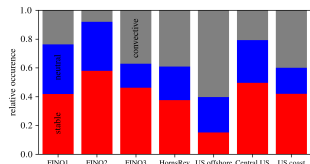
1D-Vorlauf →



↓ standortspezifische Simulationen



← Leistungsprognosen,
Windstatistik, etc.



Ausblick

- ▼ Thermische Schichtung ist nur Teil der Modelkette
- ▼ Weitere Aspekte:
 - ▼ Corioliskraft
 - ▼ Waldsimulationen
 - ▼ Kopplung mit mesoskaligen Modellen
 - ▼ Nachlaufmodellierung
 - ▼ Automatisierung



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



References



C.-Y. Chang, J. Schmidt, M. Dörenkämper, and B. Stoevesandt.

A consistent steady state cfd simulation method for stratified atmospheric boundary layer flows.
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 172:55 – 67, 2018.



L. Vollmer.

Influence of Atmospheric Stability on Wind Farm Control.
Phd thesis, University of Oldenburg, 2018.