

Einfluss verbesserter Landnutzungsdaten auf die Simulation von Grenzschichtströmungen

J. Wagner^{1,*}, T. Gerz¹, N. Wildmann¹, A. Metz-Marconcini²

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen

² Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, Oberpfaffenhofen

Messkampagne Perdigão 2017

- Untersuchung der Strömung in der Atmosphärischen Grenzschicht (ABL) über komplexem Gelände und deren Interaktion mit einer Windturbine
- Intensive Beobachtungsperiode (IOP): 1.5.2017 – 17.6.2017
- Regelmäßige Beobachtung von Low-Level Jets (LLJ) mittels Lidar- und in-situ Messgeräten (Messmasten)
- Simulation von LLJs von großer Bedeutung für Windenergieprognosen

Ziele:

- Untersuchung des Einflusses der verwendeten Landnutzungsdaten im Modell auf die Simulation von LLJs
- Verbesserung der simulierten Strömung durch Implementierung einer Waldparametrisierung in WRF

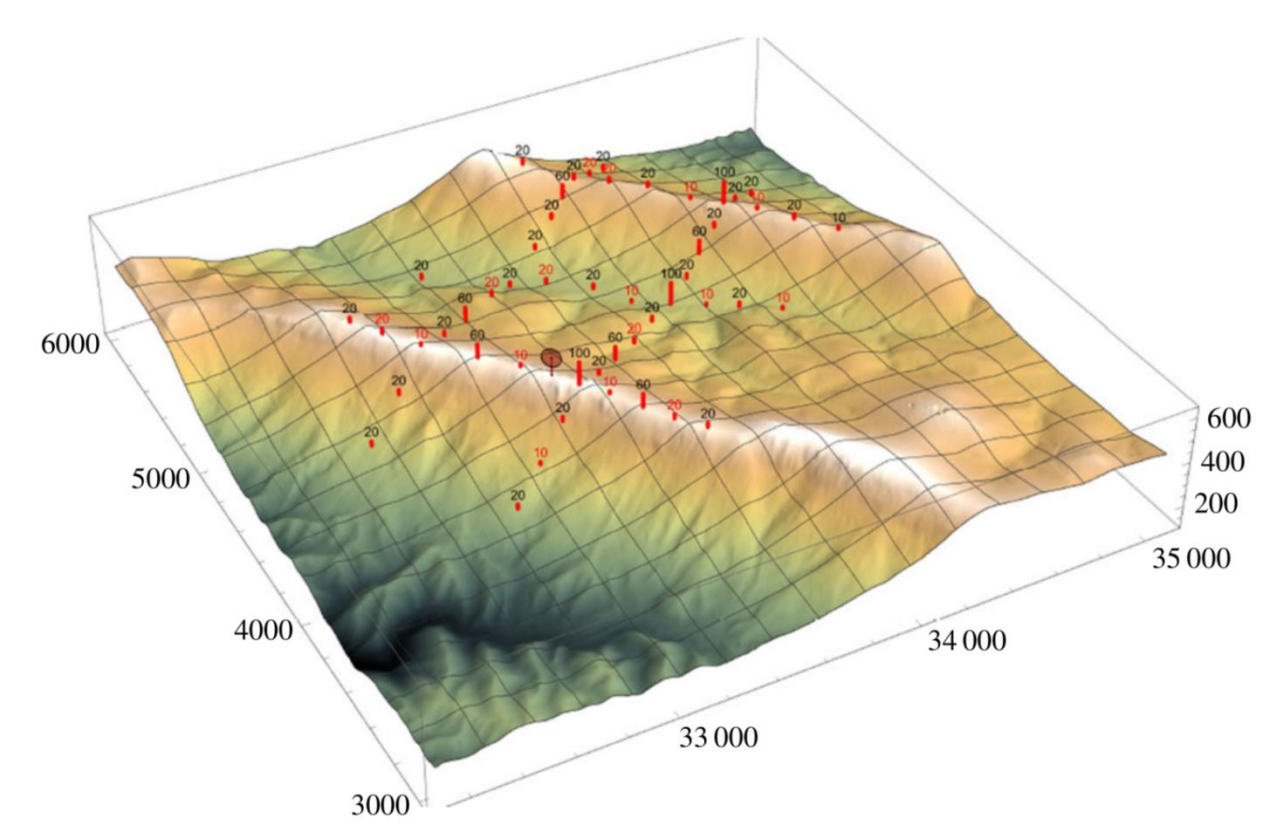


Abbildung 1: SW Hügel von Perdigão mit Windturbine (Foto: N. Wildmann) und Doppelhügel-Topographie mit Positionen der Messmasten und der Windturbine (Mann et al., 2017).

Modell Set-up

- WRF V4.0.1
- Simulationen über 12h (18 UTC bis 6 UTC)
- 3 Domains: D1 (dx=5km), D2 (dx=1km), D3 (dx=20m)
- Anzahl vertikale Levels D1, D2, D3: 36, 57, 87
- Modelloberrand: 200hPa (ca. 12km)
- D3 im LES Mode
- Initialisierung/Randbedingungen: ECMWF operationelle Analyse (6h)
- Aster Topographie (30m Auflösung) für D3
- USGS und CORINE Landnutzungsdaten für D3
- Waldparametrisierung in D3

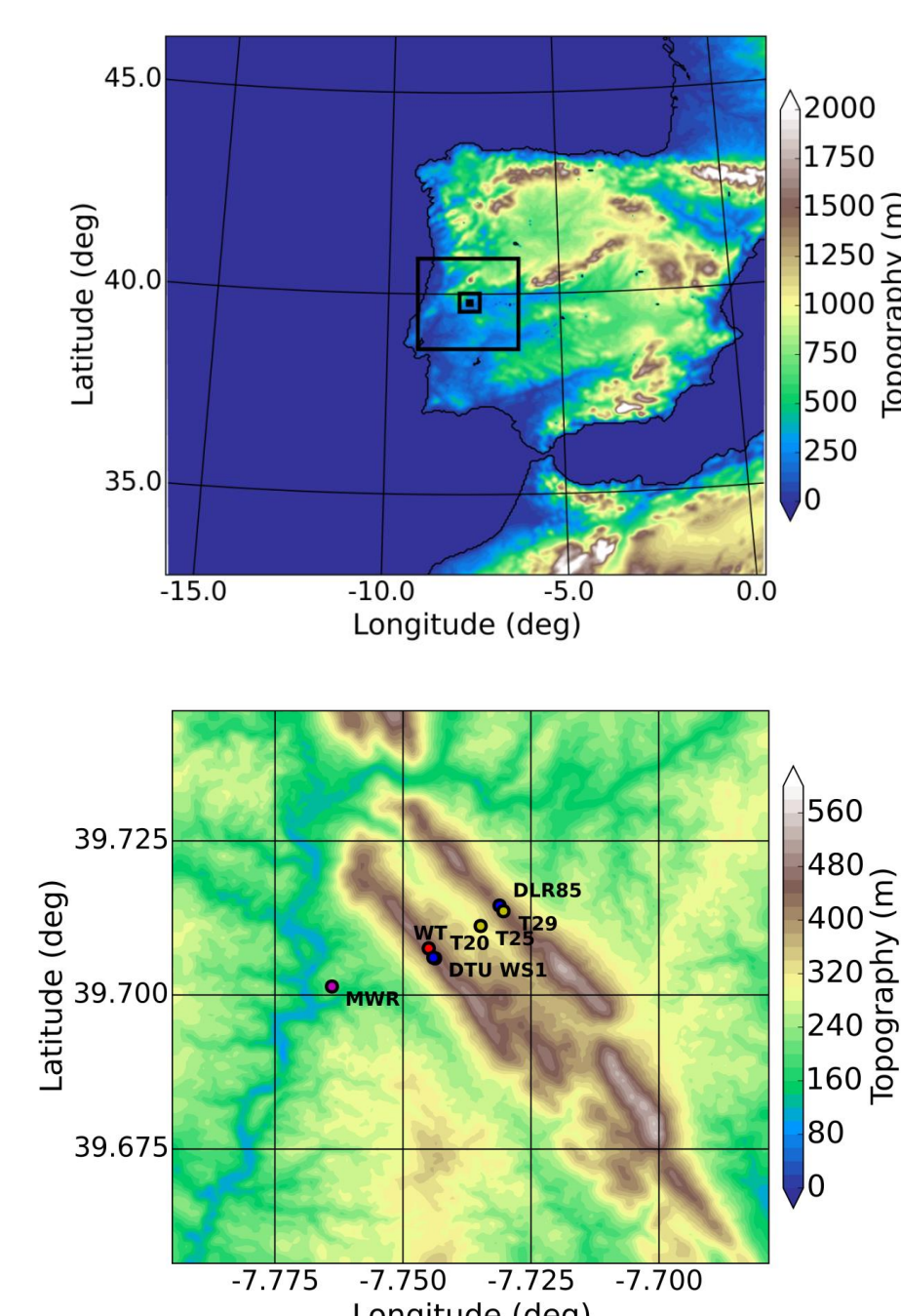


Abbildung 2: WRF Domains und Doppel-Hügel mit 100m Messmasten und DLR Lidargeräten.

Landnutzungsdaten und Waldparametrisierung

- USGS (Standard WRF) und CORINE Landnutzungsdatensatz

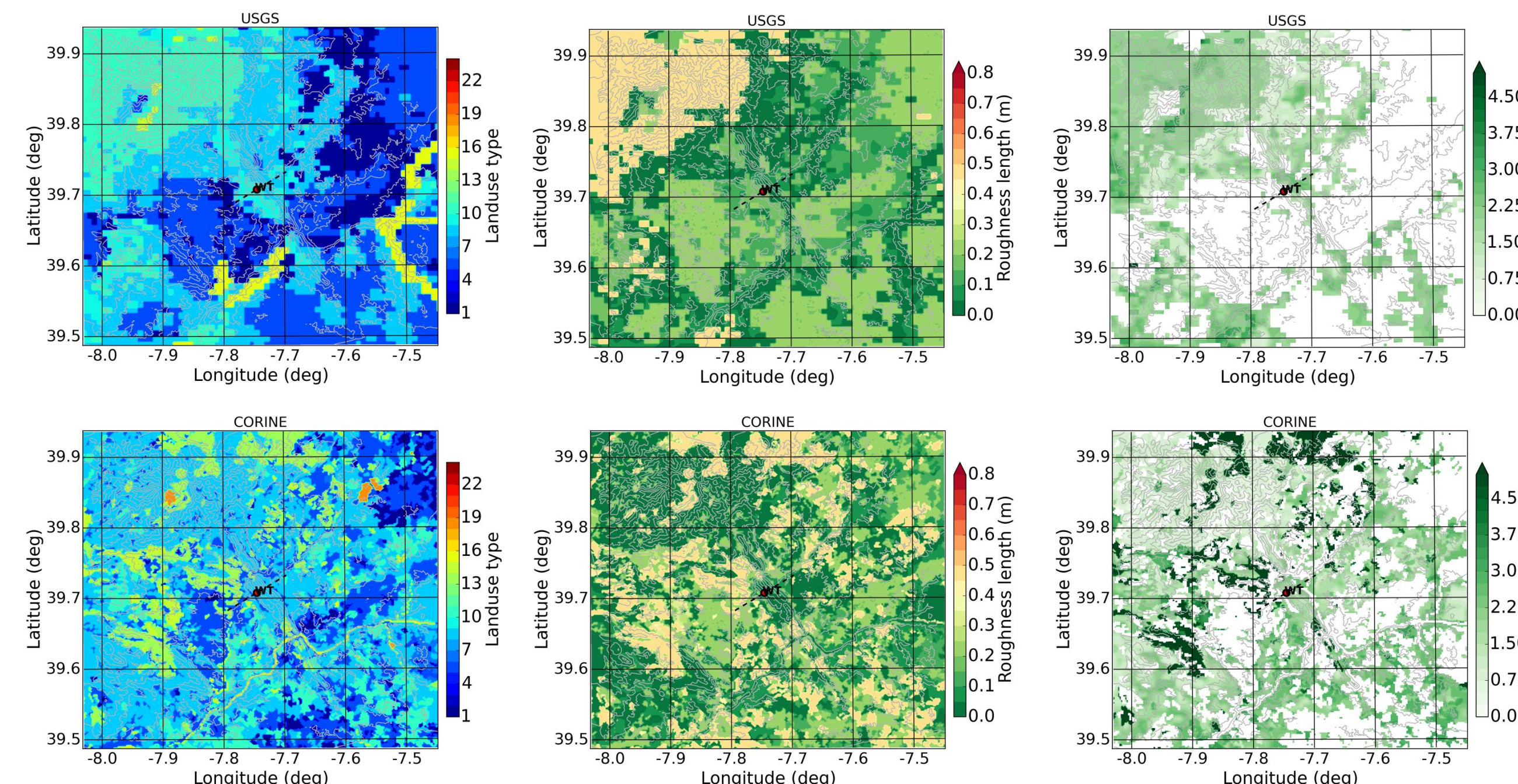


Abbildung 3: Landnutzungstyp, Rauigkeitslänge z_0 und LAI für bewaldete Gebiete aus USGS und CORINE Datensätzen für die WRF Domain D3. Die gestrichelte Linie markiert die Querschnitte in Abb. 5.

- Waldparametrisierung nach Shaw und Schumann, 1992:

$$F_i = -c_d LAD |\vec{V}| u_i$$

- $c_d = 0.15$; LAD abhängig von LAI
- Zusätzlicher Widerstandsterm auf den untersten Modelllevels

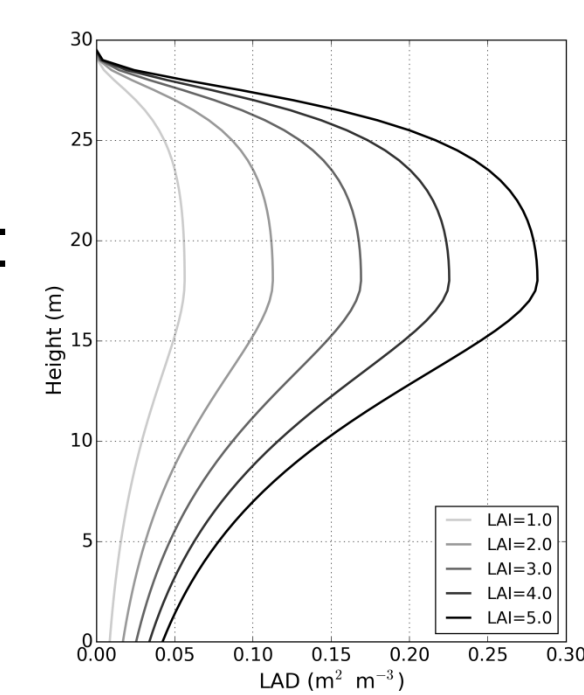


Abbildung 4: LAD Profile in Abhängigkeit vom LAI nach Lalic und Mihailovic, 2004.

LLJ-Simulationen

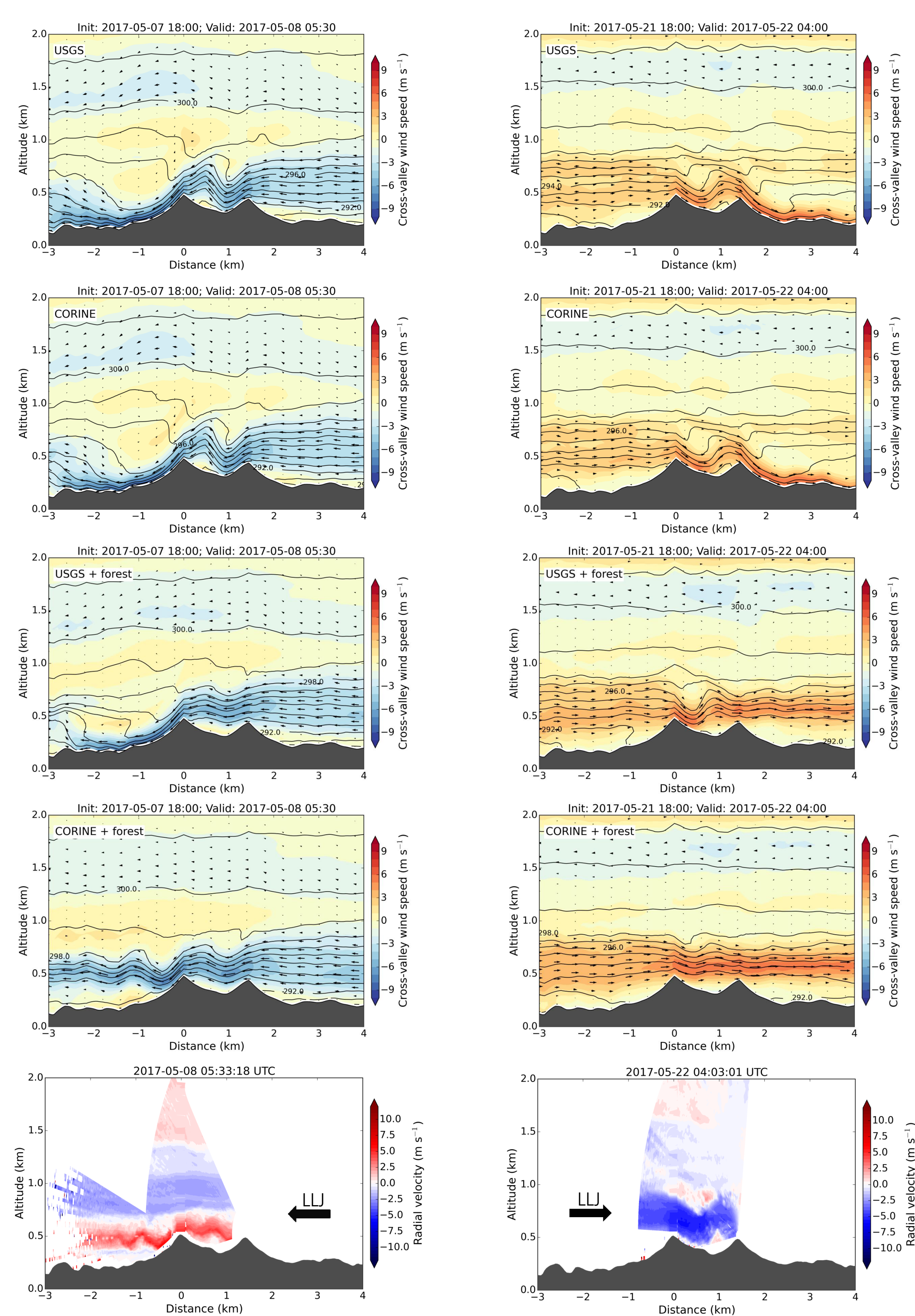


Abbildung 5: Querschnitte der Cross-valley Windgeschwindigkeit über dem Doppelhügel für einen nächtlichen LLJ-Fall aus NO am 08.05.2017 05:30 UTC (links) und aus SW am 22.05.2017 04:00 UTC (rechts). Dargestellt sind Simulationsergebnisse der Domain D3 unter Verwendung von USGS und CORINE Landnutzungsdatensätzen mit und ohne Waldparametrisierung. Zum Vergleich sind in den beiden unteren Abbildungen Radialgeschwindigkeiten der Strömung aus Lidarmessungen gezeigt.

Erhöhung der Rauigkeit

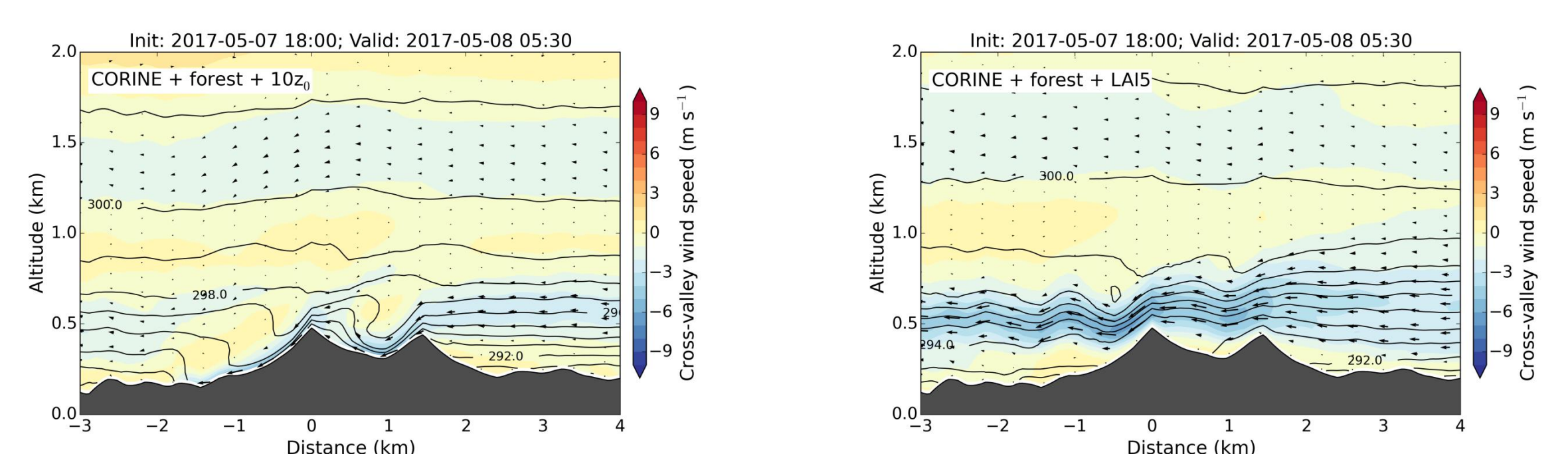


Abbildung 6: Querschnitte der Cross-valley Windgeschwindigkeit für einen nächtlichen LLJ-Fall aus NO am 08.05.2017 05:30 UTC für Simulationen mit um Faktor 10 erhöhter Rauigkeitslänge (links) und konstantem LAI=5 (rechts).

Zusammenfassung

- Zu hohe Windgeschwindigkeiten in Bodennähe in Standard WRF
- Keine Verbesserung durch höher aufgelösten Landnutzungsdatensatz allein
- Waldparametrisierung zusätzlich erforderlich
- Realistischere Waldverteilung durch aktuelleren + höher aufgelösten Landnutzungsdatensatz
- Einfluss von saisonal variablen Landnutzungsdatensätzen auf Wind- und Windenergieprognosen (Rodung von Wäldern, Ackerbau)
- Weitere Verbesserung der Landnutzungs- und LAI-Daten durch Verwendung von Sentinel 2 Satellitendaten

Literatur

- Lalic, B. and Mihailovic, D. T.: An empirical relation describing leaf-area density inside the forest for environmental modeling, J. Appl. Meteorol., 43, 641-645, 2004
- Mann et al.: Complex terrain experiments in the New European Wind Atlas, Phil. Trans. R. Soc., A375, 20160101, 2017
- Shaw, R. H. and Schumann, U.: Large-eddy simulation of turbulent flow above and within a forest, Bound.-Lay. Meteorol., 61, 47-64, 1992
- Wagner et al.: Long-term simulation of the boundary layer flow over the double-ridge site during the Perdigão 2017 field campaign, Atmos. Chem. Phys., 19, 1129-1146, 2019