

Untersuchung von Low-Level Jets während der Perdigão 2017 Messkampagne hinsichtlich der Relevanz für die Windenergie

Kira Gramitzky¹, Johannes Wagner², Norman Wildmann² und Thomas Gerz²

¹ Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie,

² Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen

Perdigão 2017 Experiment

- Kampagne zur Untersuchung von Grenzschichtströmungen im komplexen Gelände mit Messinstrumenten und Simulationen
- Messphase vom 1.5. bis 17.6.2017 in Perdigão (Portugal)
- Auswertung von stündlichen WRF-Simulationsdaten mit einer horizontalen Auflösung von 1 km und 200 m [1]
- Untersuchung von Entstehungsmechanismen der Low-Level Jets (LLJ) in Perdigão und ihr Einfluss auf Windenergieanlagen (WT)

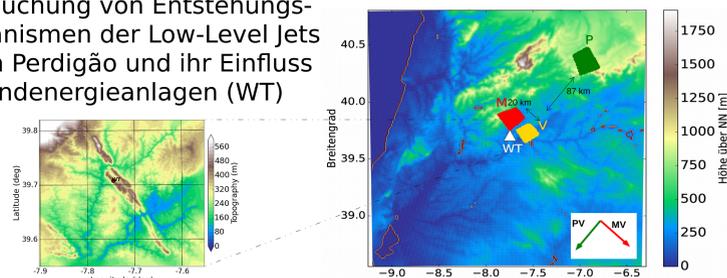


Abbildung: (links) Doppelhügel um Perdigão mit Winturbine (WT) [1], (rechts) Topografie der Umgebung von Perdigão mit gekennzeichneten Regionen M, V und P und WT

Low-Level Jets in Perdigão

- LLJs sind in 38 von 48 untersuchten Nächten vorhanden
- Vertikale Jetmaxima sind überwiegend unterhalb von 300 m zu finden und beeinflussen somit Strömungen in Höhen der Rotorflächen moderner Windkraftanlagen
- Nächtliche LLJs in Perdigão kommen mehrheitlich aus nordöstlicher Richtung

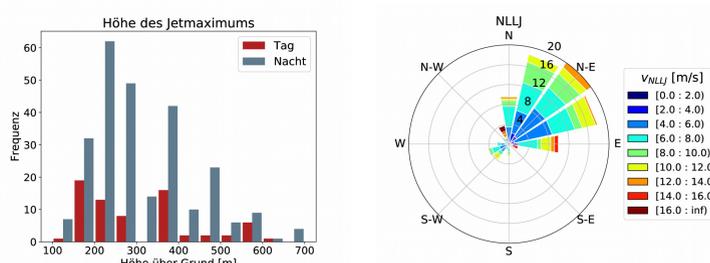


Abbildung: (links) Häufigkeit der Höhe von stündlichen vertikalen Jetmaxima und (rechts) Windrose der nächtlichen Jetmaxima

Low-Level Jet Identifikation

- LLJs sind Starkwindbänder mit vertikalen Windmaxima in der unteren Troposphäre
- Identifikationsalgorithmus in dieser Arbeit:
 - Lokales Windmaximum unterhalb von 1000 m über Grund
- Entstehungsmechanismen von LLJs sind beispielsweise die Trägheitsoszillation, Fronten oder lokale Zirkulationssysteme

Thermodynamische Zirkulation

- Entstehung lokaler thermischer Temperaturunterschiede durch Unterschiede des topografischen Reliefs in einer synoptisch ruhigen Lage
- Folge der Temperaturunterschiede sind horizontale Druckgradienten, die eine Ausgleichsströmung induzieren
- Entstehende thermische Zirkulationssysteme:
 - Hangwindzirkulation (nächtliche Hangabwinde)
 - Tal-Ebene-Zirkulation (nächtliches Ausströmen aus dem Tal)
- Können diese Zirkulationssysteme die Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen von LLJs in Perdigão erklären?
 - Untersuchung horizontaler Temperatur- und Druckdifferenzen in Perdigão zwischen den Regionen M-V und P-V (Karte oben)

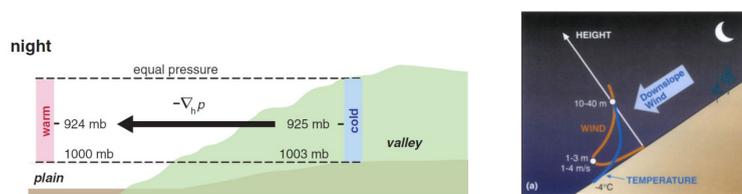


Abbildung: (links) Tal-Ebene-Zirkulation in der Nacht [2] und (rechts) nächtliche Hangabwinde [3]

Nächtlicher Low-Level Jet am 1./2. Mai

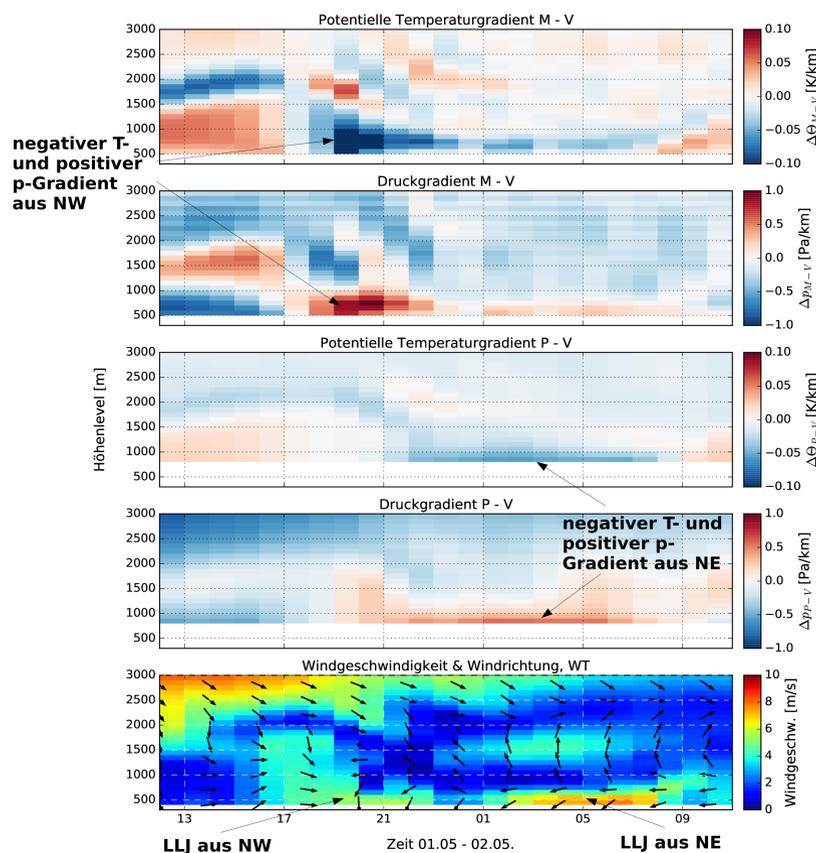


Abbildung: horizontale Temperatur- und Druckgradienten in MV- und PV-Richtung in der Nacht vom 1. auf den 2. Mai 2017 und Windgeschwindigkeit und Windrichtung am Standort der Winturbine

Cluster-Analyse

- Mittlungen aller Nächte mit LLJs zeigen charakteristisches Muster im horizontalen Druckgradient mit Winddrehung
- Positiver M-V-Druckgradient bewirkt nordwestlichen LLJ am Abend, positiver P-V-Druckgradient bewirkt in den Morgenstunden einen LLJ aus Nordost

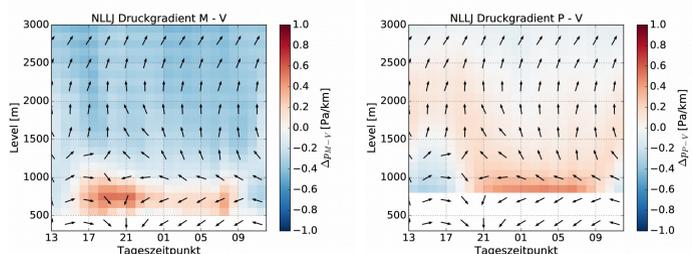


Abbildung: (links) Horizontale Druckgradienten in MV- und (rechts) in PV-Richtung mit Windrichtung am Standort der WT, Mittlung über alle LLJ-Nächte der Messperiode

Schlussfolgerung

- Erklärung von nächtlichen LLJs in Perdigão bieten lokale thermodynamische Zirkulationssysteme
- Charakteristische Winddrehung entsteht durch Überlagerung von Hangwinden in nordwestlicher und mesoskaliger Zirkulation zwischen Tal und Ebene in nordöstlicher Richtung
- Jetmaxima treten unterhalb von 300 Metern auf und sind somit relevant für moderne Windkraftanlagen
- Weitere Auswertung zur Potentialabschätzung von LLJs für die Windenergie erforderlich: Abwägung zwischen Ertragssteigerung durch höhere Windgeschwindigkeiten und stärkere Belastungen aufgrund starker vertikaler Windscherung

Referenzen:
 [1] Wagner et al.: Long-term simulation of the boundary layer flow over the double-ridge site during the Perdigão 2017 field campaign, Atmospheric Chemistry and Physics, 19, 11291146, 2019.
 [2] Markowski and Richardson: Mesoscale Meteorology in Midlatitudes, vol. 2, Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, 2010.
 [3] Whiteman: Mountain meteorology: fundamentals and applications, Oxford University Press, 2000.