

# Klimatologien von Mischungsschichthöhe, cross-over-Höhe und low-level jets aus bodengestützten Fernerkundungsdaten

Stefan Emeis

Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Bereich Atmosphärische Umweltforschung,  
Karlsruher Institut für Technologie, Garmisch-Partenkirchen  
stefan.emeis@kit.edu

Planung, Bau und Betrieb moderner Windkraftanlagen brauchen mehr Informationen über die vertikale Struktur der Grenzschicht und das vertikale Windprofil als die für stationäre Verhältnisse geltenden und nur in der Prandtl-Schicht gültigen logarithmischen oder exponentiellen Windprofilgesetze bieten.

**Mischungsschichthöhe** geht als zusätzliche Längenskala in einige der Formeln für das Windprofil über die Prandtl-Schicht hinaus ein. **Cross-over-Höhe** ist die Höhe, in der sich die mittleren tagsüber und nachts geltenden Windprofile überschneiden. **Low-level jets** führen zu nächtlichen Ertragsmaxima und starken vertikalen Gradienten über die Rotorebene hinweg.

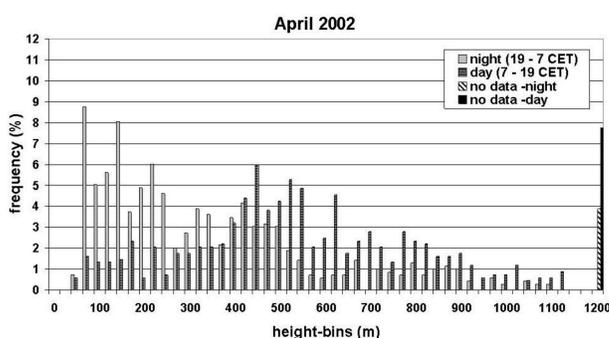
Typische Werte und Auftretenswahrscheinlichkeiten für diese Parameter gehören somit zu den meteorologischen Standortparametern, die bekannt sein sollten. Hier werden längere Messreihen, teilweise über Jahre hinweg, von SODAR und RASS an verschiedenen Standorten in Deutschland ausgewertet und Beziehungen der drei Größen zueinander untersucht. Eine Korrelation mit Großwetterlagen wird analysiert, um eine Vorhersagemöglichkeit dieser Parameter zu untersuchen.

## Mischungsschichthöhe $z_i$

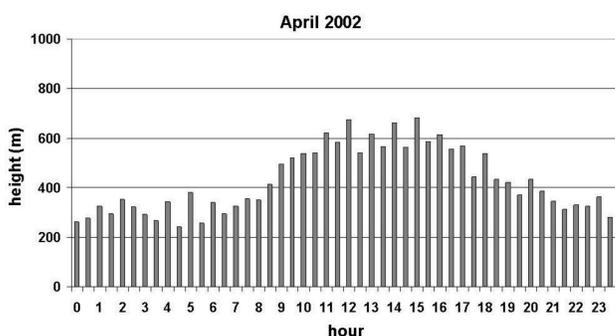
Eine mögliche Beschreibung des vertikalen Windprofils über die Prandtl-Schicht hinaus, die die Kenntnis der Mischungsschichthöhe voraussetzt:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \left( \ln \frac{z}{z_0} + \frac{1}{d} \left( \frac{\kappa z}{\eta} \right)^d - \frac{1}{1+d} \frac{z}{z_i} \left( \frac{\kappa z}{\eta} \right)^d - \frac{z}{z_i} \right)$$

Peña et al. (2010):  $d = 1$ ,  $\eta = 39$  m

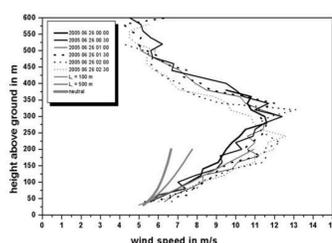


Häufigkeitsverteilung von  $z_i$  aus SODAR-Messungen in Hannover im April 2002 nach Tag und Nacht unterschieden.

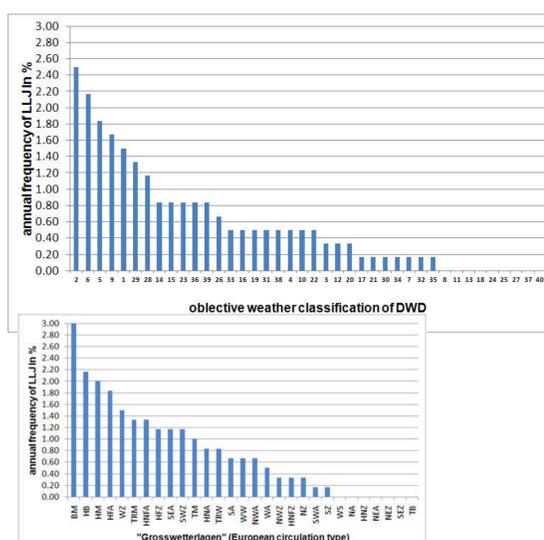


Typischer Tagesgang von  $z_i$  aus SODAR-Messungen in Hannover im April 2002. Weitere Details in Emeis und Türk (2004).

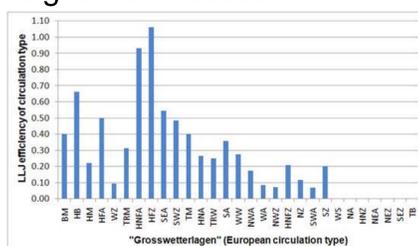
## low-level jets (LLJ)



Beispiel einer Beobachtung eines LLJ mit einem SODAR (aus Emeis 2011).

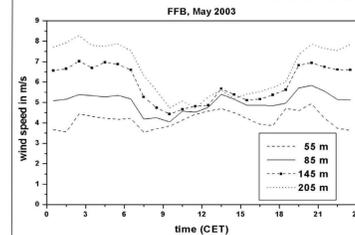


LLJ-Häufigkeit als Funktion der Wetterlage. Oben: obj. Wetterlagenklassifikation des DWD, unten: Großwetterlagen. Letztere eignen sich besser.

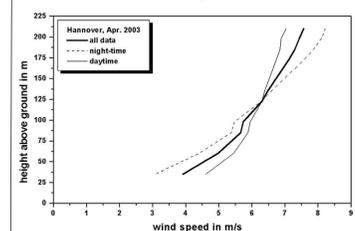


Effektivität einer Großwetterlage, einen LLJ zu produzieren. Vorhersage einer Wetterlage ermöglicht Angabe der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines LLJ.

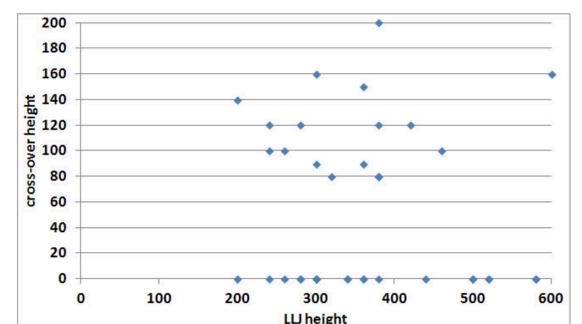
## Cross-over-Höhe



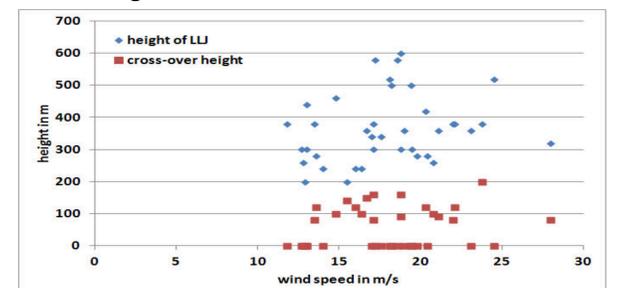
Tagesgang der Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen aus SODAR-Messungen.



Mittlere Windprofile tagsüber und nachts aus SODAR-Messungen.



Zusammenhang zwischen Cross-over-Höhe und LLJ-Höhe aus SODAR-Messungen in Hamburg 2011.



Zusammenhang von Cross-over-Höhe und LLJ-Höhe mit der LLJ-Geschwindigkeit aus SODAR-Messungen in Hamburg 2011.

Die Beispiele zeigen, dass die Fernerkundung von Wind, Turbulenz und Temperatur mit SODAR, WindLidar und/oder RASS im Bereich der Nutzung der Erneuerbaren Energien immer wichtiger wird. Dies ist mittlerweile Teil der Energiemeteorologie geworden.