

POTENTIALANALYSE EINES WINDSTANDORTES IM BEREICH EINES LOW-LEVEL-JETS

Philip EGGER^{1*}, Wolfgang WOYKE²

Motivation und Fragestellungen

Die nationale Energie- und Klimastrategie hat zum Ziel, bis zum Jahr 2030 bilanziell 100 % des nationalen Strombedarfs aus erneuerbaren Energiequellen zu decken. Damit verbunden ist ein Ausbau der Windenergie von 12.000 GWh in Österreich. Das Land Tirol hat es sich zum Ziel gesetzt, zumindest für das Jahr 2050 einen Zubau der Windenergie in Höhe von 250 GWh umzusetzen. Deshalb werden geeignete Standorte erhoben. Da das Windvorkommen in Gebirgsregionen örtlich stark variiert, sind geeignete Verfahren zu entwickeln, um die Ressourcen zu identifizieren und zu bewerten.

Das Projekt „Messung und Auswertung des Erlen Windes“ setzt auf einer meteorologischen Modellrechnung auf, die am Standort Erl einen Low-Level-Jet (LLJ) identifiziert. Der LLJ entsteht durch die komplexe Geländeform einer Talverengung in Zusammenwirken mit Ausgleichsströmungen zwischen Gebirge und vorgelagertem Alpenvorland [1]. Sein Potential wird messtechnisch erfasst und ausgewertet. Es stellt sich die Frage: Kann das meteorologische Phänomen des LLJ im täglichen Wettergeschehen erkannt werden und wie ist es in Hinsicht auf die Auslastung einer Windkraftnutzung zu bewerten. Die Hälfte der Messkampagne ist abgeschlossen. Anhand der erfassten Daten werden verschiedene Verfahren erprobt, unter anderem die Clusteranalyse, um diese Fragestellung zu beantworten.

Methodische Vorgehensweise

Die Messungen werden gleichzeitig an zwei Standorten im Bereich einer signifikanten Talverengung am Inntalausgang an der Grenze zu Bayern durchgeführt. Der Standort „Schwaigen“ befindet sich direkt in der Talverengung, also im Bereich des LLJ, die zweite Messstation „Oberndorf“ weiter südlich im Talinneren außerhalb des LLJ. Am Standort Schwaigen wird die Windgeschwindigkeit in 10 m und 15 m gemessen und am Standort Oberndorf wird in 10 m und 12 m gemessen [2].

Sowohl die geordnete Jahresdauerlinie als auch das Histogramm der Windgeschwindigkeiten lassen einen direkten Vergleich der beiden Messstandorte zu. Die gängige Vorgehensweise zur Standortbewertung ist die Approximation des Histogramms durch eine Weibull-Verteilung.

Hintergrund des LLJ sind die für den Alpenraum typischen Berg- und Talwinde. Besonders ausgeprägt sind diese bei hoher Sonneneinstrahlung und möglichst geringer Bewölkung. Bedingungen wie sie der idealisierten meteorologischen Simulation zugrunde liegen. Durch die Wetterlage bedingt sollte sich der LLJ ausschließlich an sonnigen Tagen ausbilden, während er an bedeckten Tagen nicht auftreten sollte. Zur quantitativen Bewertung bietet sich ein Verfahren des Data Mining an, der Clustering-Algorithmus k-Means. Hierzu werden die Tagesverläufe der Windgeschwindigkeit als Muster definiert, da der LLJ mit dem Berg- und Talwind ein tageszyklisches Verhalten aufweist. Der Clustering-Algorithmus ordnet jedes Tagesmuster einem von zwei Clustern so zu, sodass die Abweichung vom jeweiligen Clusterschwerpunkt minimal wird.

Nachdem durch eine Clusteranalyse die Tage mit LLJ identifiziert sind, wird durch eine monatliche Betrachtungsweise des Untersuchungszeitraumes die Saisonalität des LLJ untersucht. Hierzu werden die tageszeitliche Struktur des LLJ in den einzelnen Monaten gemeinsam mit den Sonnenaufgangs- und Sonnenuntergangszeiten betrachtet und Tendenzen identifiziert.

Schließlich wird das energetische Potential des LLJ durch Verschneiden der Windgeschwindigkeiten mit den Leistungskennlinien verschiedener Windkraftanlagen prognostiziert. Ausgehend von den

¹FH Kufstein Tirol, Andreas Hofer-Straße 7, +43 5372 71819, Philip.Egger@fh-kufstein.ac.at, www.fh-kufstein.ac.at

²FH Kufstein Tirol, Andreas Hofer-Straße 7, +43 5372 71819, Wolfgang.Woyke@fh-kufstein.ac.at, www.fh-kufstein.ac.at

Messhöhen werden anhand von Extrapolation in größere Höhen nach Hellmann die Windzeitreihen auf die Nabenhöhen der Windräder abgeschätzt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Anhand der geordneten Jahresdauerlinien und den Histogrammen für die beiden Messstandorte kann eine enge örtliche Begrenzung des LLJ für die beiden Messstandorte nachgewiesen werden. In Oberndorf sind über den Großteil der Zeit im Jahr die Windgeschwindigkeiten verschwindend gering, 76 % aller Werte liegen unter 2,5 m/s. Im Gegensatz dazu weist der Standort Schwaigen signifikant hohe Windgeschwindigkeiten auf, in einer Größenordnung die äußerst untypisch für Alpentäler sind. Über die Hälfte der Zeit liegt die Windgeschwindigkeit über 5 m/s und in knapp 30 % der Zeit sogar über 8 m/s.

Das Histogramm für den Standort Schwaigen lässt sich nicht mit einer Weibull-Verteilung beschreiben. Die These, dass der LLJ eine Folge zweier grundlegend verschiedener Wettersituationen ist, wird durch die Clusteranalyse mit dem Clustering-Algorithmus k -Means bestätigt. Es treten genau zwei typische Tagesverläufe im chronologischen Verlauf auf (Abbildung 1). Das erste Muster eines Tagesverlaufs (Schwarz in Abbildung 1) weist über den Tag eine geringe und nahezu konstante Windgeschwindigkeit auf. Der zweite Tagesverlauf (Grau in Abbildung 1) zeigt ein deutliches Muster, das sich durch die Berg-Talwindcharakteristik des LLJ interpretieren lässt. Der LLJ tritt an ca. 49 % der Wetterlagen eines Jahres auf und ist deshalb auch zeitlich ergiebig.

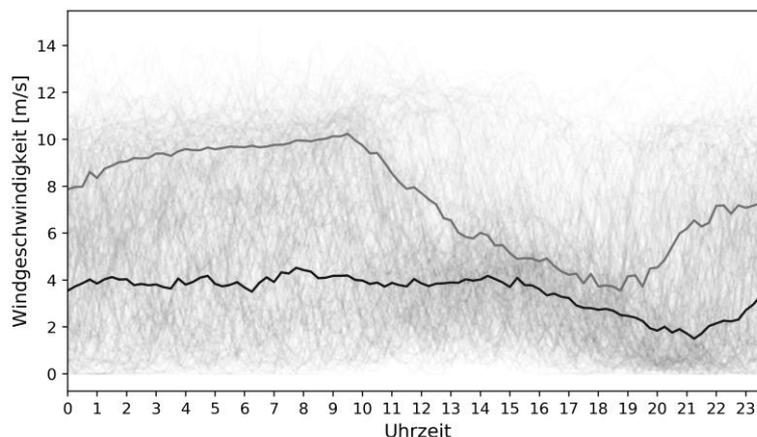


Abbildung 1: Chronologisch dargestellte Verläufe der Windgeschwindigkeit an der Messstation Schwaigen, mit den beiden Mustern als Ergebnis der Clusteranalyse (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Betrachtung der einzelnen Monate zeigt eine deutliche Saisonalität des LLJ. Das Winterhalbjahr weist deutlich höhere mittlere Windgeschwindigkeiten auf als das Sommerhalbjahr. Anhand der tageszeitlichen Struktur des LLJ zusammen mit den unterschiedlichen Tageslängen bestätigt sich ein Zusammenhang zwischen Tageslänge und Dauer des LLJ. Die kürzeren Tage im Winter führen zu einer längeren nächtlichen Dauer des LLJ und somit zu höheren mittleren Windgeschwindigkeiten. Über das Jahr gesehen variiert seine monatliche Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen 5,9 m/s und 8,6 m/s.

Damit lassen sich die hypothetischen Ertragsanalysen für exemplarisch ausgewählte Windräder in verschiedenen Leistungsklassen erklären. Im Ergebnis kommen die Windräder auf einen spezifischen Energieertrag je Quadratmeter Rotorfläche zwischen 225 und 1.400 kWh/m². Die Auslastung liegt zwischen 3.300 h und bis zu 4.700 h Volllaststunden pro Jahr. Der Standort Schwaigen zeigt, dass sich auch in den sonst windarmen Tälern Tirols Standorte identifizieren lassen, die für eine Nutzung geeignet sind.

Referenzen

- [1] Zängl, G. (2004): A reexamination of the valley wind system in the Alpine Inn Valley with numerical simulations, Meteorologisches Institut der Universität München, Springer-Verlag
- [2] Woyke, W., Egger, P., Skopetz, H. (2019): Bewertung lokaler Windphänomene, IEWT – 11. Internationale Energiewirtschaftstagung, Wien