

MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG EINER LOKALEN WINDSTRÖMUNG

Georg Konrad, Phillip Egger, Wolfgang Woyke

Fachhochschule Kufstein Tirol Bildungs GmbH, Andreas-Hofer-Str. 7, 6330 Kufstein,
Tel.: 0043/5372/71819-119, georg.konrad@fhkufstein.ac.at, www.fh-kufstein.ac.at

Kurzfassung:

Der sogenannte „Erler Wind“ ist ein lokales tagesperiodisches Windsystem, im Grenzgebiet zwischen Österreich und Bayern. Der Wind weht aus dem Inntal täglich wiederkehrend in das Rosenheimer Becken mit für den Voralpenraum hohen Windgeschwindigkeiten. Die Windrichtung kehrt sich im Tagesverlauf jedoch um. Die wichtigsten Untersuchungen zu diesem Windphänomen sind das MERKUR-Experiment 1982 und die numerische Simulation von Zängl aus dem Jahr 2004. Beide Untersuchungen kommen zum Schluss, dass es zu lokalen Geschwindigkeitsmaxima von bis zu 13 m/s in der zweiten Nachthälfte, am Inntal- ausgang kommt. Obwohl diese beiden Untersuchungen, den „Erler Wind“ in seiner Gesamtheit beschreiben, liefern sie jedoch keine ausreichende Datengrundlage, um über eine energetische Nutzung dieses Phänomens urteilen zu können. Im Zuge des Projektes „Messung und Auswertung des Erler Windes“ soll das Windphänomen „Erler Wind“ messtechnisch erfasst und ausgewertet werden. Zu diesem Zweck werden an zwei Standorten gleichzeitig Windmessungen über einen Zeitraum von zwei Jahren durchgeführt. Dadurch soll vor allem die Charakteristik und Ausprägung dieses Windphänomens aufgezeigt werden, um daraus die zentrale Frage zu beantworten, ob der „Erler Wind“ für eine energetische Nutzung mittels Kleinwindkraftanlagen geeignet ist.

Keywords: Erneuerbare Energien, Windkraft, Windphänomen, Erler Wind

1 Einleitung

Aufgrund der starken orographischen Gliederung des Alpenraumes ist die Atmosphäre in den Tälern oft von lokalen Windsystemen geprägt. Diese Windsysteme können teils deutlich von der Gesamtwindssituation abweichen und lassen sich grundsätzlich auch nicht mit den derzeitigen Wettermodellen vorhersagen¹, da die gebräuchlichen numerischen Wettermodelle nicht für solch komplexe Geländeformen ausgelegt sind, wie sie oft in Alpentälern vorkommen und es auch an Messungen vor Ort fehlt, mit denen die Modelle abgeglichen werden könnten².

Der sogenannte „Erler Wind“ ist ein lokales Windphänomen im Inntal, im Grenzgebiet zwischen Österreich und Bayern. Der Name rührt daher, dass Wind aus dem Inntal täglich wiederkehrend in das Rosenheimer Becken mit für den Voralpenraum hohen Windgeschwindigkeiten weht. Die Windrichtung kehrt sich im Tagesverlauf jedoch um.

¹ Vgl. Arduini, et al., 2016; S.50

² Vgl. Weigel, et al., 2006; S. 178

1.1 Stand der Forschung

Der Erler Wind wird durch ein tagesperiodisches Windsystem, wie es oft in den Alpentälern vorkommt, hervorgerufen. Grund dafür ist das Ungleichgewicht der Luftmassen zwischen dem Inntal und dem Vorland. Das Luftvolumen im Tal, welches am Tag über die Solarstrahlung erwärmt bzw. in der Nacht über die Ausstrahlung der Erdoberfläche abgekühlt wird, ist viel geringer als in der Ebene. Dadurch ergeben sich im Tal gegenüber der Ebene am Tag tendenziell höhere Temperaturen und in der Nacht etwas niedrigere Temperaturen. Diese Temperaturunterschiede sorgen für Druckunterschiede zwischen dem Tal und der Ebene und rufen Ausgleichsströmungen hervor, die sogenannten Berg- und Tal-Winde³.

Wie stark diese periodischen Winde ausgeprägt sind, und wie diese zeitlich auftreten, hängt jedoch sehr stark vom Talverlauf, Talquerschnitt und der Höhe der seitlichen Bergkämme ab. Darüber hinaus können starke Talverengungen einen Anstieg der Windgeschwindigkeit bewirken. Im Zuge dieser Windsysteme zwischen Gebirge und Vorland ist jedoch vor allem der Talausgang besonders interessant, denn dort nehmen die Talabwinde in bodennahen Schichten im Vergleich zu Bereichen im Talinneren oft sehr hohe Geschwindigkeiten an. Deshalb spricht man hier auch von sogenannten „Low-Level-Jets“ bzw. „bodennahen Strahlströmen“⁴. Diese zeichnen sich eben durch hohe Geschwindigkeiten in bodennahen Schichten aus und sind dabei in ihrer vertikalen Mächtigkeit eng begrenzt⁵.

Die wichtigsten Untersuchungen zu diesem Windphänomen im Inntal sind das MERKUR-Experiment (Mesoskaliges Experiment im Raum Kufstein-Rosenheim) 1982⁶ und die numerische Simulation von Zängl 2004⁷.

Im Zuge des MERKUR-Experimentes wurden Messungen sowohl im Talinneren, als auch im Vorland erhoben. Eine Messung vom Talausgang ausgehend 20 km taleinwärts und die andere Messung 10 km vom Talausgang entfernt im Vorland. Die Ergebnisse dieser Messungen zeigten, dass das Windsystem im Talinneren eine vertikale Mächtigkeit von bis zu 1.200 m hatte und das Geschwindigkeitsmaximum von 7 - 8 m/s, in einer Höhe von 700 - 800 m, lag. An der Messstation im Vorland hatte sich die vertikale Mächtigkeit, des Windsystems um die Hälfte auf etwa 500 - 600 m reduziert und hatte ein Geschwindigkeitsmaximum von 13 m/s in 200 m Höhe. Im Zuge der Auswertung wurde jedoch schon damals erkannt, dass der kurze Messzeitraum von nur 13 Tagen, wenig belastbare Ergebnisse liefern kann. Hinzu kommt, dass die Messstellen 10 und 20 km von der engsten Stelle entfernt waren. Deshalb wurde auch explizit erwähnt, dass die topographischen Verhältnisse und die signifikante Talverengung bei Erl eine Art Venturi-Effekt hervorrufen könnten, wodurch sich ein Schlucht-Wind und noch extremere Windgeschwindigkeitswerte ergeben könnten⁸.

Die numerische Simulation von Zängl aus dem Jahr 2004 erklärt hingegen das Phänomen durch eine Überströmung der Talverengung, wodurch der Übergang von einer subkritischen Strömung in eine superkritische Strömung, den Low-Level-Jet auslöst⁹.

³ Vgl. Whiteman C.D., 1990; S. 5

⁴ Vgl. Zängl, 2009; S.37-38

⁵ Vgl. Pamperin, et al., 1985; S. 145-146

⁶ Pamperin, et al., 1985

⁷ Zängl, 2004

⁸ Vgl. Pamperin, et al., 1985; S. 147,153

⁹ Vgl. Zängl, 2004; S.254-255

Trotz der unterschiedlichen Ansichten über die Entstehung des Low-Level-Jet, kommen beide Untersuchungen zum Schluss, dass sich der Talabwind am Inntalausgang in seiner vertikalen Mächtigkeit stark verringert und Geschwindigkeitsmaxima von bis zu 13 m/s in der zweiten Nachthälfte in einer Höhe von rund 200 m über Grund auftreten. Darüber hinaus ist der Low-Level-Jet in seiner Ausprägung stark wetterabhängig, vor allem der Bedeckungsgrad hat Auswirkungen auf seine Intensität¹⁰.

Obwohl diese beiden Untersuchungen, den „Erler Wind“ in seiner Gesamtheit beschreiben, liefern sie jedoch keine ausreichende Datengrundlage, für eine energetische Nutzung, da beide das Gesamtsystem und nicht explizit die bodennahe Schicht am Inntalausgang, die für eine Windkraftnutzung interessant ist, betrachten

Grund dafür ist, dass die Windgeschwindigkeiten in der untersten Schicht der Atmosphäre, in der Prandtl-Schicht, mit einer Mächtigkeit von etwa 50-200 m Höhe sehr stark durch die Topographie beeinflusst wird¹¹. Deshalb sind für eine fundierte Ertragsprognose direkt vor Ort gemessene Werte unerlässlich.

1.2 Verfügbare Daten

Öffentlich zugängliche Datenquellen, wie der österreichische Windatlas, oder die der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), verfügen nicht über den für eine fundierte Ertragsprognose nötigen Detailgrad, da diese auf Modellberechnungen und flächendeckender Interpolation einzelner Stationsmessungen aufbauen.

Im Jahr 2013 gab es an der FH Kufstein Tirol eine Fallstudie, die den Erler Wind messtechnisch erfassen wollte. Aufgrund eines Unwetters wurde die Messeinrichtung jedoch nach knapp drei Wochen irreversibel zerstört. Zusätzlich konnten die Werte eines fest installierten Anemometers auf dem Werksgelände der des Biomasseheizkraftwerks (BMHKW) der Bioenergie Kufstein GmbH und Daten einer Messinitiative in der Gemeinde Sonnhart in Bayern akquiriert werden.

Aufgrund der Standortwahl und Messdauer lassen jedoch auch diese Daten wiederum keine fundierte energiewirtschaftliche Bewertung dieses lokalen Windphänomens zu.

In Abbildung 1 sind die verschiedenen Messzeiträume der eben erwähnten Messstellen graphisch dargestellt. Die zugrundeliegenden Messwerte wurden auf Plausibilität überprüft und entsprechende Fehlzeiten aus den Daten entfernt, wie an den Lücken der graphischen Darstellung erkennbar ist.

Trotz der sehr lückenhaften Datengrundlage lassen sich aus den verfügbaren Daten interessante Zusammenhänge zwischen der Messstation Schiffsanlegestelle und Messstation Sonnhart erkennen. Bei der Schiffsanlegestelle treten die hohen Windgeschwindigkeiten immer gegen Nachmittag auf (siehe Abb. 2 (A)) und kommen aus nordwestlicher Richtung. Dagegen treten die hohen Windgeschwindigkeiten in Sonnhart in den Nacht- und Morgenstunden auf (siehe Abb. 2 (B)) und kommen aus südöstlicher Richtung.

¹⁰ Vgl. Pamperin, et al., 1985; S. 151

¹¹ Vgl. Kaltschmitt, et al., 2013 S.79

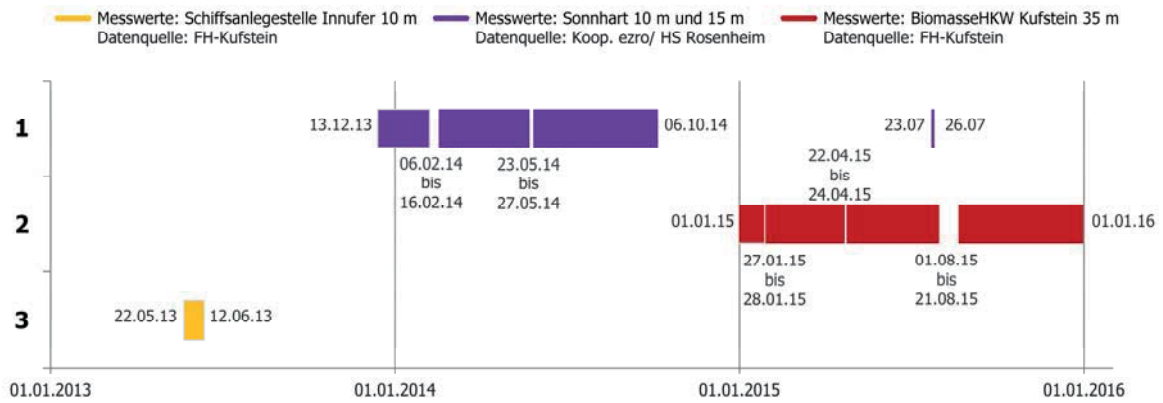


Abbildung 1: Übersicht der Messzeiträume

(Quelle: Eigene Darstellung nach Atzl, et al., 2013; Kooperation ezro & HS Rosenheim, 2016; Bioenergie Kufstein GmbH, 2016)

Diese Tatsache stützt die bisherigen Erkenntnisse, dass es sich um ein tagesperiodisches Windsystem handelt, welches seine Windrichtung über den Tagesverlauf umkehrt. Hinzu kommt, dass die hohen Windgeschwindigkeiten an der Station Sonnhart in den Nacht- und Morgenstunden auftreten, wie dies bereits das MERKUR-Experimentes und die Simulation von Zängl (2004) postulierten.

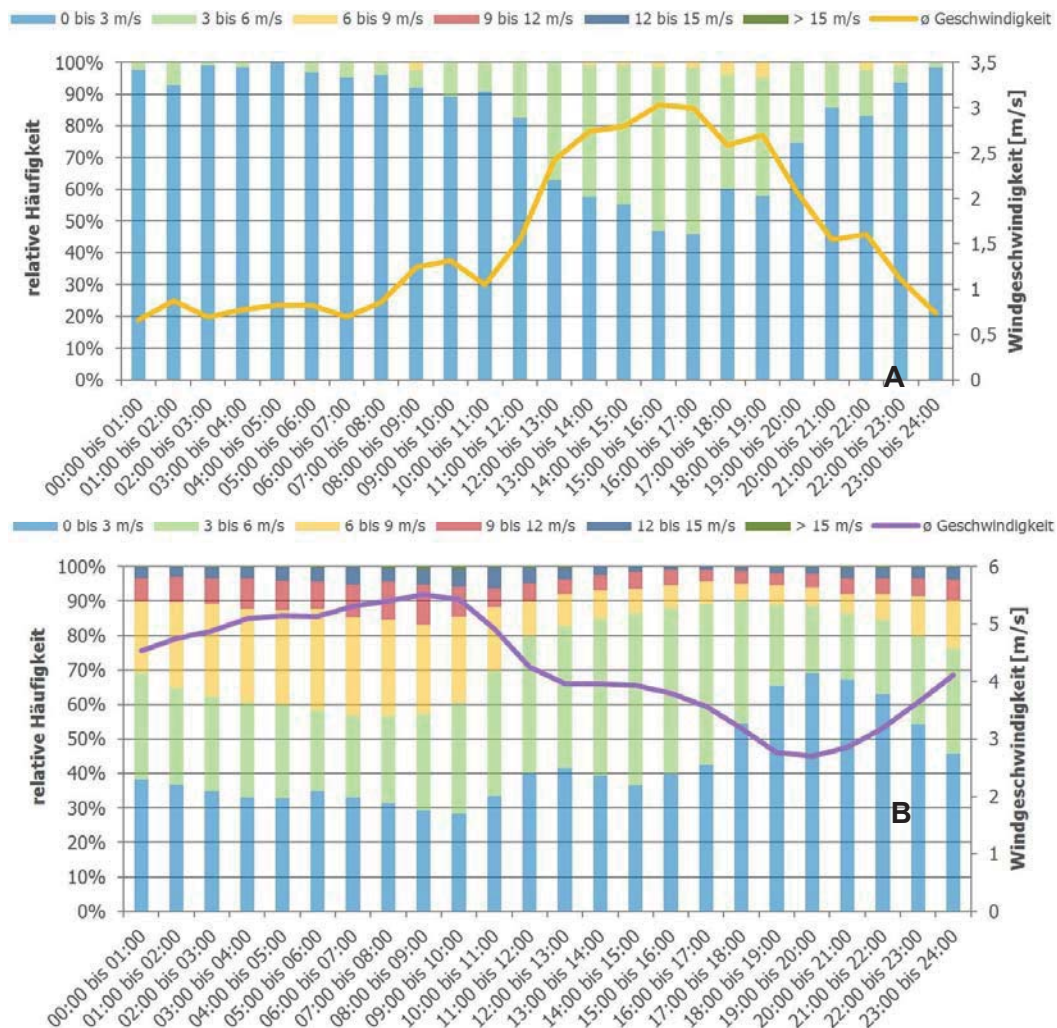


Abbildung 2: Mittlerer Tagesgang Schiffsanlegestelle Ebbs (A) und Station Sonnhart (B)

(Quelle: Eigene Darstellung nach Atzl, et al., 2013; Kooperation ezro & HS Rosenheim, 2016)

Aufgrund der verschiedenen Zeiträume der Messreihen, die sich insgesamt über drei Jahre erstrecken gibt es jedoch keine Korrelation zwischen den Werten. Die verfügbaren Messreihen können folglich lediglich als Momentaufnahmen betrachtet werden.

2 Das Projekt „Messung und Auswertung des Erler Windes“

Im Zuge des Projektes „Messung und Auswertung des Erler Windes“ soll das lokale Windsystem „Erler Wind“, am Inntalausgang bei Erl in Tirol im Grenzgebiet zu Bayern, messtechnisch erfasst und ausgewertet werden. Durch diese Messungen sollen vor allem die Charakteristik und Ausprägung dieses Windphänomens aufgezeigt werden, um daraus die zentrale Frage zu beantworten, ob der „Erler Wind“ für eine energetische Nutzung mittels Kleinwindkraftanlagen geeignet ist.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich etwa 10 km von Schwaigen einem Weiler der Grenzgemeinde Erl am Inn, über Niederndorf bis nach Ebbs/Oberndorf und ist in Abbildung 3 orange markiert. Es wurde dabei so gewählt, dass sowohl die engste Stelle des Inntalausganges und die Ausweitung bei Niederndorf/Ebbs abgedeckt werden.

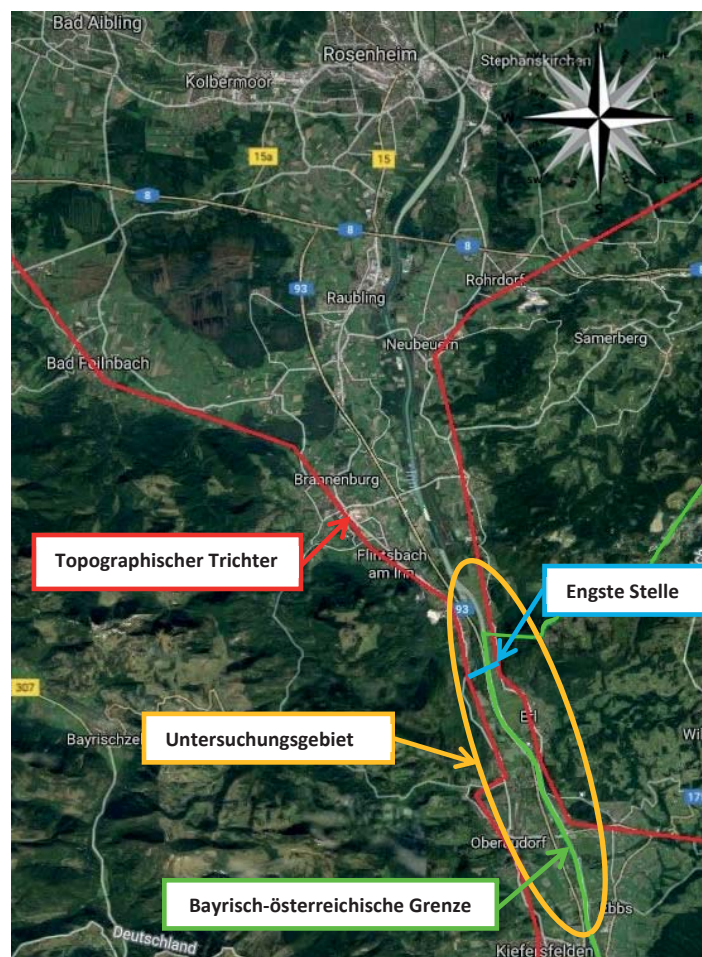


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet
(Quelle: Modifiziert nach Google Earth, 2017)

In Abbildung 4 ist die starke Talverengung des Inntals nochmals in einer Detailaufnahme zusehen. Bemerkenswert ist, dass der topographische Trichter auf Höhe Raubling noch eine

Breite von etwa 15 - 18 km hat und sich dann stetig verjüngt. An der engsten Stelle zwischen den beiden Bergen Kranzhorn (1.368 M.ü.A.) und Wildbarren (1.448 M.ü.A.) weist die Breite noch vier Kilometern auf Höhe der beiden Gipfel aus. Am Talboden beträgt diese Breite lediglich etwa 950 m.

Die engste Stelle befindet sich zwischen Öd, einem Weiler der Gemeinde Erl auf österreichischer Seite und dem Badesee der Katastralgemeinde Niederaudorf auf bayerischer Seite. Der Höhenunterschied zwischen dem Tal und den beiden Gipfeln beträgt dabei etwa 900 - 1.000 m. Aufgrund dieser besonderen topographischen Gegebenheiten wird wie bereits erwähnt, vermutet, dass es durch diese Verengung des Tals, entweder durch einen Venturi-Effekt oder durch den Übergang einer subkritischen in eine superkritische Strömung, zu signifikant höheren Windgeschwindigkeiten kommt.

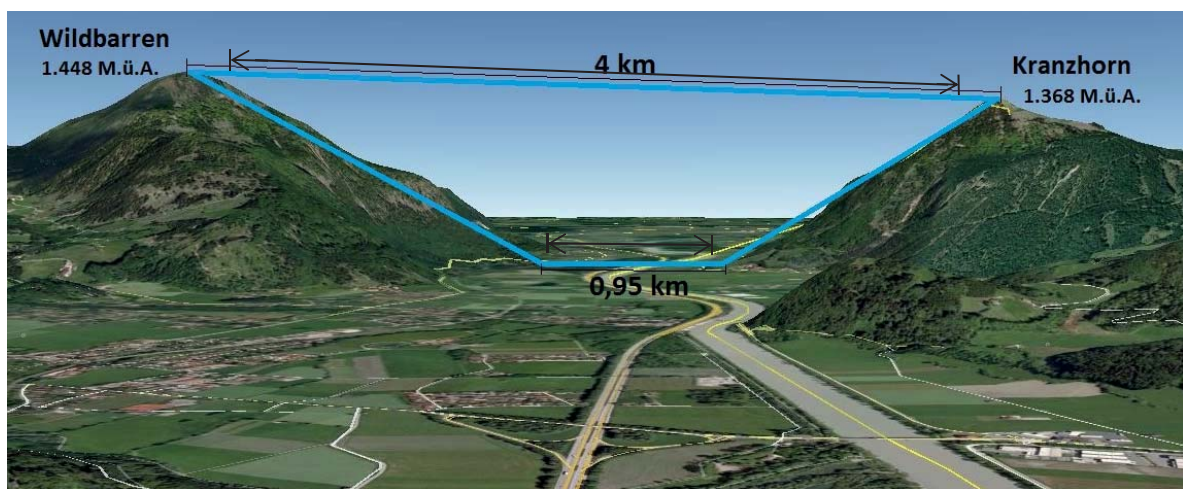


Abbildung 4: Detailaufnahme des Untersuchungsgebietes an der engsten Stelle
(Quelle: Modifiziert nach Google Earth, 2017)

Um diese potentiell höheren Windgeschwindigkeiten zu messen werden an ausgewählten Standorten, im zuvor beschriebenen Untersuchungsgebiet Windmessungen in einer Höhe von 10 m durchgeführt, da dies in etwa der Nabenhöhe von Kleinwindkraftanlagen entspricht. Die Messungen werden zeitgleich an zwei verschiedenen Standorten erfolgen und die Nähe beider Messstationen sollte eine deutliche Korrelation der Ergebnisse liefern.

In Abbildung 5 wurden die beiden geplanten Standorte im Untersuchungsgebiet violett markiert. Wie sich erkennen lässt, befindet sich ein Standort bei Schwaigen, einem Ortsteil der Gemeinde Erl, und der zweite Standort befindet sich am Innufer auf Höhe der Gemeinde Ebbs, beides Mal auf Tiroler Boden. Die Entfernung zwischen den beiden Messstationen beträgt dabei etwa 7,5 km Luftlinie. Die Messstation Schwaigen befindet sich in der Talverengung am Inntalausgang, auf einem Feld direkt an der deutschen Grenze und kann so die vermuteten hohen Windgeschwindigkeiten an dieser Stelle, messtechnisch erfassen. Der zweite Standort auf Höhe Ebbs befindet sich an einer Stelle an der sich das Inntal im Vergleich zum ersten Standort wieder etwas weitet.

Neben der Standortauswahl ist vor allem der Messzeitraum ausschlaggebend für aussagekräftige Daten. Die Mindestdauer für eine aussagekräftige Zeitreihe ist ein Jahr, denn nur so kann der Jahresgang mit seinen jahreszeitlichen Schwankungen abgebildet werden. Diese können mitunter signifikant vom Jahresmittelwert abweichen und sich erheblich auf den

Energieertrag auswirken, wie aus folgendem Beispiel hervorgeht: Tritt beispielsweise in der ersten Jahreshälfte eine mittlere Windgeschwindigkeit von 3 m/s, mit einer Leistung von 16 W/m² auf und in der zweiten Jahreshälfte eine mittlere Windgeschwindigkeit von 7 m/s, mit einer Leistung von 213 W/m², ergibt sich im Mittel eine Leistung von 115 W/m². Wird jedoch die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit von 5 m/s, die sich aus 3 m/s und 7 m/s ergibt, herangezogen, beträgt die Leistung lediglich 78 W/m².

Im Zuge der Zeitplanerstellung für dieses Projekt wurde ein Messzeitraum von zwei Jahren angesetzt. Dadurch können Extremwerte, die innerhalb eines Jahres auftreten mit einem zweiten Jahrgang abgeglichen und relativiert werden. Im Ergebnis lässt sich so die Charakteristik des „Erler Windes“ besser erfassen und darstellen.

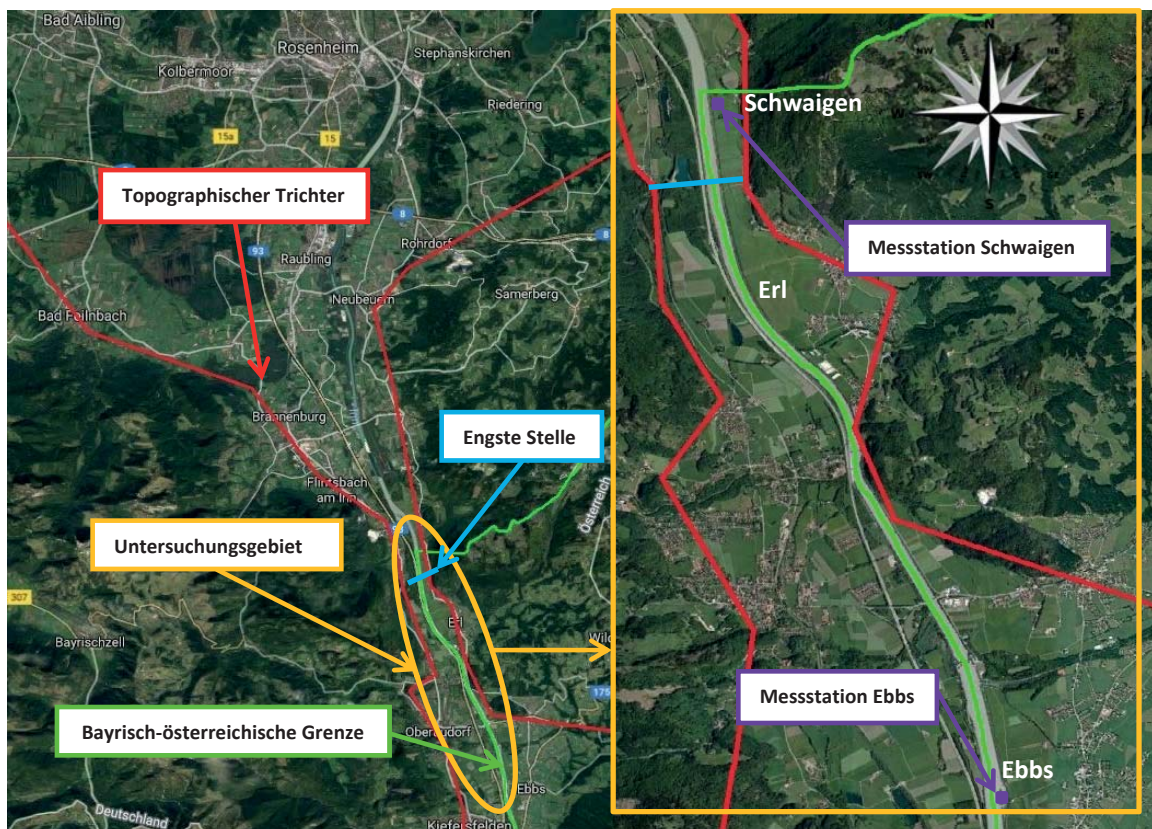


Abbildung 5: Geplante Standorte der zwei Messstationen
(Quelle: Modifiziert nach Google Earth, 2017)

Vor dem Hintergrund der Untersuchungen des MERKUR-Experimentes und der Simulation von Zängl (2004), können diese Daten dann auf ihre Plausibilität geprüft werden und im Anschluss die Jahresdauerlinie ermittelt werden, um daraus das Potential des „Erler Windes“ für die Kleinwindkraftnutzung abzuschätzen.

2.1 Messeinrichtungen

Um aussagekräftige Daten, mit dem nötigen Detailgrad, über das tatsächliche Windaufkommen und das sich daraus ergebene Potential zu erhalten, sind entsprechende Windmesseinrichtungen unabdingbar.

Die Windmessenrichtungen verfügen über ein Schalenkreuzanemometer zur Erfassung der Windgeschwindigkeit und eine Windfahne zur Aufnahme der horizontalen Windrichtung. Ein Datenlogger sammelt die Messdaten und übermittelt diese in festgelegten Intervallen per Fernübertragung. Durch die Machine-to-Machine-Communication ist auch die ständige Überwachung der Anlage gewährleistet. Die Sensoren und der Datenlogger werden in 10 m Höhe auf einem Teleskoprundmast oder dem Dach eines Gebäudes montiert.

3 Ausblick

Durch die messtechnische Erfassung und Auswertung kann durch das Projekt „Messung und Auswertung des Erler Windes“ im Sinne der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit der Euregio Inntal, der Grundstein für die energiewirtschaftliche Nutzung dieses lokalen Windphänomens gelegt werden.

Darüber hinaus würde eine energetische Nutzung dieses Windphänomens gleichzeitig der erste Schritt für die Windkraftnutzung in Tirol darstellen, die bis dato noch keine Rolle spielt.

Autoren:



Philip Egger, BA
Wiss. Mitarbeiter
Stg. Energiewirtschaft
FH Kufstein Tirol Bildungs GmbH
Andreas Hofer-Straße 7,
A-6330 Kufstein
Tel. +43 5372 71819 205
philip.egger@fh-kufstein.ac.at
www.fh-kufstein.ac.at



Prof. (FH) Dr. nat. techn. Georg
Konrad
Stgl. Energiewirtschaft
FH Kufstein Tirol Bildungs GmbH
Andreas Hofer-Straße 7,
A-6330 Kufstein
Tel. + 43 5372 71819 119
georg.konrad@fh-kufstein.ac.at
www.fh-kufstein.ac.at



Prof. (FH) Dr. -Ing Wolfgang Woyke
Stv. Stgl. Energiewirtschaft
FH Kufstein Tirol Bildungs GmbH
Andreas Hofer-Straße 7,
A-6330 Kufstein
Tel. + 43 5372 71819 120
wolfgang.woyke@fh-kufstein.ac.at
www.fh-kufstein.ac.at

4 Literaturverzeichnis

Arduini, G., Staquet, C., Chemel, C. (2016): *Interactions Between the Nighttime Valley-Wind System and a Developing Cold-Air Pool*; Springer Science + Business Media Dordrecht 2016

Atzl, F., Kastner, M., Sommerer, F., Wolfsegger, F., Zimmer, F. (2013): *Vorstudie zur möglichen Errichtung einer KWEA am Innufer bei Kufstein/Ebbs*; Kufstein.

Bioenergie Kufstein GmbH (2016): Die Daten wurden vom Betriebsleiter der Bioenergie Kufstein, Herrn Walter Eisenmann am 07.01.2016 per E-Mail übermittelt

Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A. (2013): *Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*; 5., erweiterte Auflage; Springer-Vieweg 2013

Kooperation Ezro/ HS Rosenheim (2016): Die Daten wurden von Herrn Prof. Dr-Ing. Dominikus Bücken von der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Hochschule Rosenheim am 26.01.2016 per E-Mail übermittelt

Pamperin H. und Stilke G. (1985): *Nächtliche Grenzschicht und LLJ im Alpenvorland nahe dem Inntalausgang*; Meteorologische Rundschau – Ausgabe 38, S. 145-156 (Oktober 1985)

Weigel A.P., Chow F.K., Rotach M.W. (2006): *On the nature of turbulent kinetic energy in a steep and narrow Alpine valley*; Springer Science + Business Media B.V. 2006

Whiteman C.D. (1990): *Observations of Thermally Developed Wind Systems in Mountainous Terrain*; Meteorological Monographs, 23, no. 45; American Meteorological Society, Boston, Massachusetts;

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 2004

Zängl G. (2009): *The impact of weak synoptic forcing on the valley-wind circulation in the Alpine Inn Valley*; Meteorol Atmos Phys; Springer Verlag 2009