

RÄUMLICHE INTERPOLATION VON BASISSTATIONS DATEN DES EUROPÄISCHEN WIND ATLAS

Hans Georg Beyer, Matthias Bromeis, Detlev Heinemann,
Thomas Pahlke**, Hans-Peter Waldl
Energie- und Halbleiterforschung, Fachbereich Physik,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, D-26111 Oldenburg, Germany,
FAX ++49 441 798-3326, e-mail: igor@ehf.uni-oldenburg.de
*Groupe Télédétection et Modélisation, Centre d'Energétique, Ecole de Mines de Paris
Sophia-Antipolis, France
**Deutsches Windenergieinstitut (DEWI), Ebertstraße 96, D-26382 Wilhelmshaven, Germany*

Zusammenfassung

Die übliche Anwendung des Europäischen Wind Atlas und des Wind Atlas Analysis and Application Programm (WASP) zur Windpotentialbestimmung beinhaltet Probleme, die mit der Zuweisung von Basisstationen zum gewählten Standort zusammenhängen. Dieser Artikel stellt ein Verfahren vor, das objektive Windpotentialbestimmungen ermöglicht, in dem es dieses Zuweisungsproblem umgeht. Damit werden die zusammenhängenden abrupten Übergänge im Windpotential vermieden. Es werden zwei Ansätze vorgestellt.

1. Einführung

Der Europäische Wind Atlas und das Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP) sind weitverbreitete Verfahren zur Windpotentialbestimmung sowohl für Einzelstandorte als auch für flächige Ausweisungen. Die Methode basiert auf Statistiken mehrjähriger Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung, die in Form von Basisstationen vorliegen. Bei ihnen handelt es sich um Statistiken.

Durch die Berücksichtigung der Einflüsse von Rauigkeiten, Orographie und Hindernissen auf die gemessenen Windverhältnisse werden der geostrophische Wind und der Bodenwind für definierte Standardverhältnisse bestimmt. Es wird davon ausgegangen, daß in einem bestimmten Umkreis um die Basisstation gleiche derartige standardisierte Windverhältnisse existieren.

Das gesuchte Windpotential eines Standorts wird aus diesen Standard-Windverhältnissen der Basisstationen durch eine Berücksichtigung der lokalen Topographie vor Ort berechnet.

Dieses Vorgehen ist ausreichend genau, wenn die Zuordnung der Basisstationen eindeutig ist, i.e. der geostrophische Wind ist der gleiche an der Basisstation und am Standort und die Unterschiede im Bodenwind sind nur lokal begründet.

Aufgrund der begrenzten räumlichen Repräsentativität der Basisstationen kann die geringe und den windklimatischen Verhältnissen nicht angepaßte Verteilungsdichte der Basisstationen dazu Gebieten führen, daß Standorte keine geeignete Basisstation zugewiesen werden kann oder die Zuweisung nicht eindeutig ist. Dies bedingt sowohl Unsicherheiten bei der Bestimmung der Windpotentials als auch unterschiedliche Ergebnisse, je nach gewählter Basisstation. Derartige Probleme treten auch in Nordwest Deutschland auf.

Wie aus den Daten der Basisstationen Eelde (Nord-Niederlande), Bremen, Hamburg und Helgoland hervorgeht, treten aus diesen Gründen bei der Windpotentialbestimmung mit dem Europäischen Wind

Atlas Verfahren abrupte Sprünge von bis zu 30% bezüglich

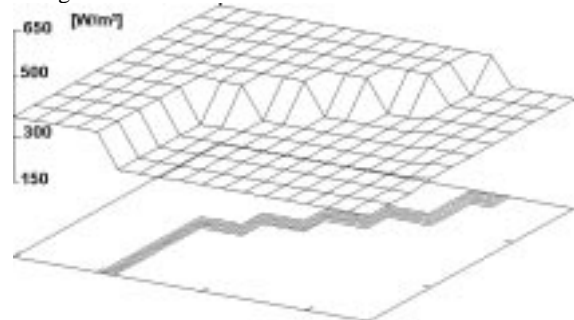


Abb.1:
Mittlere Leistungsdichte des Windes in Nordwest Deutschland für homogene Rauigkeit. Das Gebiet entspricht dem in Abb.3 eingezeichneten Rechteck. Die Stufen im Windpotential stellen das Zuweisungsproblem dar. (1 Quadrat : 10x10 km²)

der mittleren jährlichen Leistungsdichte auf. Sie werden deutlich, wenn man zur Nivelierung des Einflusses der Rauigkeiten das Winpotential für homogene Rauigkeit berechnet (Abb.1). Die großen Unterschied der Basisstationen ergeben sich aus dem starken Gefälle des mittleren geostrophischen Windes über dem untersuchten Gebiet. Es ist nur grob aus Darstellungen wie Abbildung 2 zu entnehmen.

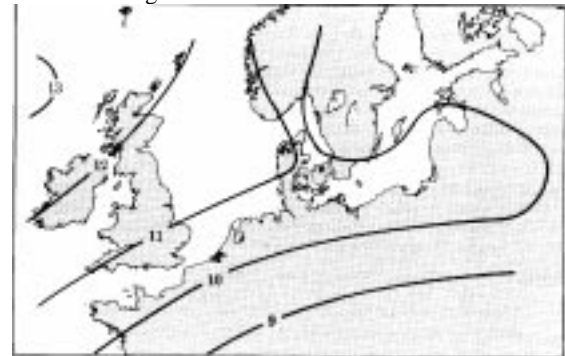


Abb.2:

Isolinien des mittleren geostrophischen Windes über Nord Europa nach Europäischer Wind Atlas. /WAsP/

Ähnliche Erfahrungen mit starken Gradienten des Windpotentials führten in den Niederlanden zu einem linearen Korrektur-Verfahren des geostrophischen Windes in Abhängigkeit von der Lage der verwendeten Basisstationen (/Verheij/ und /Rizos/). Aufgrund der dortigen hohen Stationsdichte konnte die Korrektur durch einen Fit an die Basisstationen erfolgen. Für Nordwest Deutschland liegen jedoch nur vier Basisstationen vor. Daher wurde zur Beschreibung der räumlichen Variation der Windverhältnisse ein räumliches Interpolationsverfahren verwendet.

2. Räumliche Interpolation der Basisstationsdaten

Um glatte Übergänge zwischen dem Windpotential der Basisstationen zu ermöglichen, wurden verschiedene Anwendungen des Interpolationsverfahrens untersucht. Das Verfahren erzeugt flächendeckend interpolierte Stationsdaten, die wie gewöhnlich für eine Windpotentialbestimmung mittels WAsP zur Verfügung stehen. Die Interpolationsparameter sind die Häufigkeiten der Windrichtung und die Weibullparameter der Basisstationen.

Der erste Ansatz basiert auf einer Vermaschung der relevanten Basisstationen (Eelde, Bremen, Hamburg, Helgoland). Sie wurden gemäß ihrer Lage vernetzt (Abb.3).

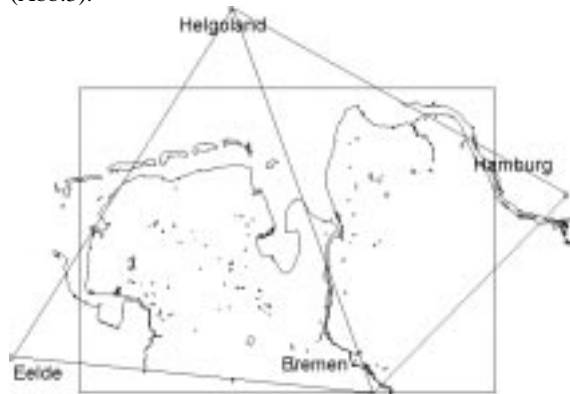


Abb.3:

Der 1. Ansatz vermascht die Basisstationen entsprechend ihrer Lage.

Die vier relevanten Stationen Nordwest Deutschlands sind angegeben. Das Rechteck umfaßt eine Größe von 170x90 km².

Die in den Eckpunkten der Dreiecke vorliegenden Daten werden mittels eines Polynoms 5. Ordnung für jedes Dreieck interpoliert. Das Polynom garantiert stetige und differenzierbare Übergänge zwischen den Dreiecken, so daß man als Resultat eine glatte Interpolationsfläche erhält. Sie gibt jedoch nicht notwendigerweise den wahren Verlauf des Windpotentials wieder, da die Basisstationen nicht aufgrund ihrer Lage ausgesucht werden konnten, um das Windpotential möglichst gut zu repräsentieren. Die Lage der Basisstationen ist daher unabhängig von den realen Windverhältnissen.

Um die Triangulation an die windklimatischen Besonderheiten der Region genauer anzupassen, wurde ein heuristisches Verfahren gewählt. Dieser 2. Ansatz nutzt bereits bestehende Kenntnisse über das Windpotential, indem es bekanntermaßen gut geeignete Basisstationen als Repräsentanten dort in die Vermaschung aufnimmt, wo deren Eignung gewährleistet ist. Im Falle Nordwest Deutschlands wurde aufgrund von Erfahrungen aus Gutachten die Basisstation Eelde an der Küste eingesetzt und Bremen im küstennahen Binnenland. Dieser Ansatz führt zu einer feiner aufgelösten Darstellung des Windpotentials.

3. Ergebnisse

Die räumliche Interpolationsmethode wurde auf Nordwest Deutschland angewandt. Weil die Rauigkeit größere Auswirkung auf das Windpotential hat als die Unterschiedlichkeit der Basisstationen, mußte eine Darstellung auf der Berechnungsgrundlage einer homogenen Rauigkeit der gesamten Gebietes erfolgen, um den Einfluß des Interpolationsverfahren deutlich werden zu lassen.

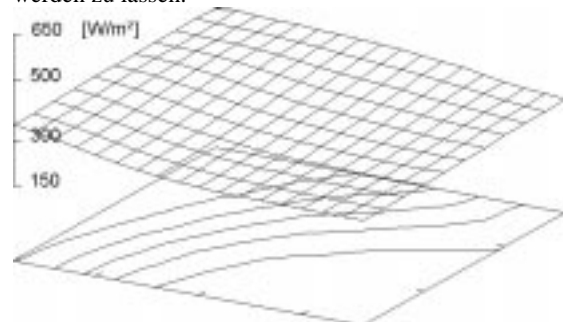


Fig.4:

Mittlere Leistungsdichte des Windes für homogene Rauigkeit auf der in Abb.3 gezeigten Vermaschung basierend. Das berechnete Gebiet entspricht dem in Abb.3 eingezeichneten Dreieck.

Mit den interpolierten Stationsdaten des 1. Ansatzes ergibt sich eine sanft geneigte Ergebnisfläche (Abb.4), die keine Stufen aufweist (vgl. Abb.1). Das Windpotential mit realen Rauigkeiten für das gleiche Gebiet ist in Abbildung 5 dargestellt.

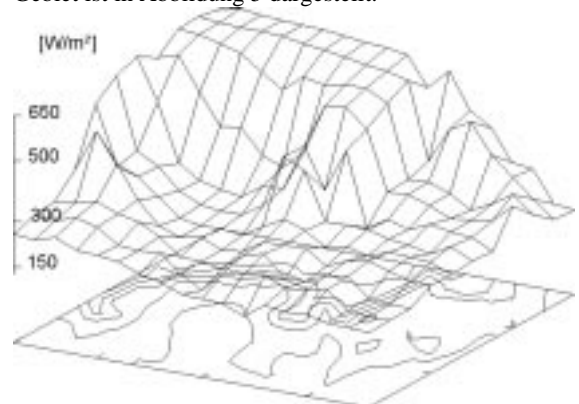


Abb.5:

Darstellung entspricht Abb.4, nur mit realen Rauigkeiten. Die Struktur der Rauigkeiten dominiert die Form des Windpotentials.

Der heuristische 2. Ansatz, der auf einer Erweiterung der Vermaschung basiert, erzwingt eine detaillierte Darstellung des Übergangs Küste-Binnenland. Durch eine Darstellung der Windverhältnisse für homogene Rauigkeit wird deutlich, daß die Isolinien des Windpotentials der Küstenlinie folgen (Abb.6).

Das Windpotential für reale Rauigkeiten ist in Abbildung 7 dargestellt.

Die Ausprägung des Übergangsbereiches Küste-Binnenland bewirkt Unterschiede in der mittleren Leistungsdichte von bis zu 25% zwischen den beiden Ansätzen.

Bemühungen diese Ergebnisse durch Messungen zu validieren, scheiterten am Fehlen von Langzeitmessungen. Eine Untersuchung von 1-2-jährigen Messungen zeigte gravierende Abweichungen aufgrund einer sehr hohen von-Jahr zu-Jahr Schwankung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit. Die zwischenjährliche Variabilität der Windgeschwindigkeit kann die methodisch-bedingten Fehler der Windpotentialbestimmung deutlich übersteigen.

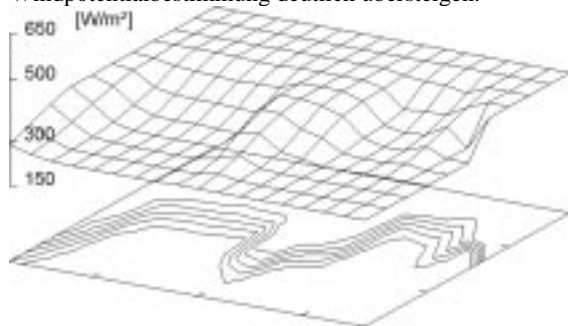


Abb.6:

Mittlere Leistungsdichte des Windes für homogene Rauigkeit, berechnet mit dem 2. Ansatz.

Die Verwendung eines Windindex verbessert die Situation nur, wenn die Angaben der zeitlichen Variabilität räumlich stark gegliedert sind.

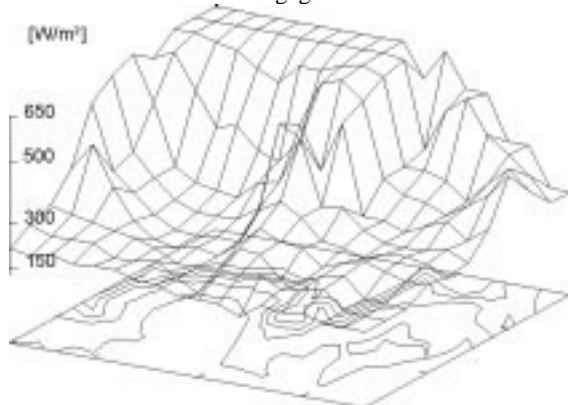


Abb7:

Entsprechend Abb.6, nur mit realen Rauigkeiten als Berechnungsgrundlage.

4. Zusammenfassung

Die Windpotentialbestimmung auf der Basis des untersuchten Interpolationsverfahrens in Verbindung mit der Methode des Europäischen Wind Atlas zeigen plausible Ergebnisse. Beide Ansätze generieren flächendeckend interpolierte Stationen, die einen

stetigen und differenzierbaren Übergang zwischen den Windpotentialen der Basisstationen gewährleisten.

Der 1. Ansatz führt zu einem Windpotential mit leichter Abnahme der mittleren Leistungsdichte zum Landesinneren. Der 2. Ansatz ergibt eine detailliertere Darstellung des Übergangsbereiches Küste-Binnenland.

Durch die Vermeidung der Zuordnungsmethode der Basisstationen, stellt die verwendete Interpolationsmethode einen objektiveren Weg zur Windpotentialbestimmung dar. Die Güte des 1. Ansatzes basiert auf der Lage der Basisstationen bezüglich der räumlichen Änderung des Windklimas. Die Qualität des 2. Ansatz hängt von den a priori-Kenntnissen des Windpotentials ab.

References

/Bromeis/

M. Bromeis, "Untersuchung eines räumlichen Interpolationsverfahrens zur Erweiterung der Europäischen Wind Atlas Methode am Beispiel Nordwest-Deutschland.", Diplomarbeit, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 1996.

/Preußner/

A. Preußner, "Bivariate Interpolation über Dreieckselementen durch Polynome 5. Ordnung mit C1-Kontinuität", Zeitschrift für Vermessungswesen, Volume 109, 292-301, 1984.

/Rizos/

E. Rizos, "Vergleich unterschiedlicher Verfahren zur Schätzung des Windklimas: Windatlasverfahren und statistische Auswertungen von Kurzzeitmessungen", Diplomarbeit, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 1991.

/Verheij/

F.J. Verheij, L.v.d. Snoek u.a., "Handboek Energie-Opbrengsten van Windturbines", Band 1,2, Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek, Utrecht 1989.

/Troen/

I. Troen, E.L. Petersen, "European Wind Atlas", Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1989.

/WAsP/

I. Troen, N.G. Mortensen, E.L. Petersen, "WAsP Wind Atlas Analyses and Application Programme", Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.