

# Use of SRTM Data for Wind Resource and Energy Yield Assessment of Wind Farms

## Verwendbarkeit von SRTM-Daten zur Windpotenzial- und Energieertragsermittlung von Windenergieanlagen

T. Schorer, P. Spengemann; DEWI Wilhelmshaven



ENGLISH - DEUTSCH

### 1. Introduction

Publicly available digital terrain and elevation models (DTM and DEM) are being used increasingly for wind resource analyses, site assessments and other site-related analyses. These models very often are derived from the data of the *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* which are available for free download in a radiometric resolution of approx. 90m (in the USA available with higher resolution) (see <http://seamless.usgs.gov> or <http://srtm.csi.cgiar.org>). Also available for free are GTOPO or DTED data sets, which, however, have a much coarser resolution (approx. 1x1 km).

Apart from these worldwide publicly available data sources there are elevation models issued by national land surveying institutions on different scales. Their use, however, is limited because resolution and accuracy vary considerably from country to country. In this connection the rather high prices of the official elevation models, for example 38,000€ for a digital terrain model (DTM 50) covering the complete area of the Federal Republic of Germany) should be mentioned [1].

### 1. Einleitung

Im Rahmen von Windpotenzialermittlungen, Standortbewertungen sowie sonstiger standortbezogener Gutachten werden in der letzten Zeit zunehmend frei verfügbare digitale Gelände- und Höhenmodelle (DGM und DHM) verwendet. Hierbei wird in vielen Fällen auf die frei verfügbaren Daten der *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* zugegriffen, welche in einer radiometrischen Auflösung von ca. 90m (in USA zum Teil höher aufgelöst erhältlich) zum Download bereitstehen (z.B. <http://seamless.usgs.gov> oder <http://srtm.csi.cgiar.org>), Ebenfalls frei verfügbar sind auch die erheblich gröber aufgelösten GTOPO oder DTED Datensätze (Auflösung ca. 1x1 km).

Neben diesen, international frei verfügbaren, Datenquellen stehen die von den jeweiligen Vermessungsinstitutionen herausgegebenen Höhenmodelle in verschiedenen Maßstäben zur Verfügung, wobei hier insbesondere die Qualität durch die weltweit unterschiedlichsten Auflösungen und Genauigkeiten den Einsatzzweck limitieren. In diesem Zusammenhang fallen die recht hohen Preise der amtlichen Höhenmodelle auf, welche z.B. für 38.000 € für ein digitales Geländemodell (DGM 50) für den gesamten Abdeckungsbe- reich der Bundesrepublik Deutschland zu erwerben sind [1].

## 2. Brief Description of the SRTM Data Model

The SRTM data records (resolution of 90m) can be described as a so-called digital medium-resolution landscape model [1]. Since the data are acquired by active scanning (by radio interferometry [2]), surface structures (buildings, vegetation) are roughly pictured in the data obtained. In this connection the SRTM data sets can also be described correctly as a Digital Surface Model (DSM) and are therefore not a classic elevation model of the earth's surface. As already shown in the reports [3] and [4], there is a mean super-elevation of 9 m. In some parts peak values of 20 m are reached [3].

Generally it should also be noted that the free data set (SRTM-3, resolution 90m) was derived from the SRTM-1 data (resolution 30m), which means that the values given are based on averaged data of 3 x 3 SRTM-1 data sets [2]. The data are available as raster data (area covered between approx. 60 degrees north and 54 degrees south latitude [2]). The quality of these data is consistent across national borders and their coverage can be considered as continuous.

## 3. Application

The aim of the investigation presented here is to check in how far SRTM data can be used for wind resource and energy yield assessments. For this purpose, DEWI carried out comparative calculations for a representative wind turbine with a hub height of 98 m in different types of landscape and terrain.

For the investigation the well-established software WasP [5] was used. The calculation model on which WasP is based is very sensitive with regard to the complexity of the terrain, but it is still the software used most frequently in wind farm energy assessments. For the purpose of the investigation, contour lines (isohypses) were extracted from the SRTM data in a vertical resolution of 5m and a spatial resolution of more than 20km around the corresponding test sites. The correspondence of the elevation information derived from the SRTM model in this way can be described as comparatively good. There are, however, noticeable problems in representing the more complex types of landscape in their surface structure, as can be generally expected with a DSM. These problems especially come to light when uniform areas in a terrain are interrupted by vegetation and buildings, whereas for example wooded hillsides are normally represented quite well.

Fig. 1 shows the comparatively good correspondence of the SRTM data with the elevation information of a topographical map. Fig. 2 on the other hand shows that in particular small wooded areas are represented in their surface as part of the terrain model, which in this case results in a deviation of up to 10 m in the terrain level.

## 4. Use of SRTM Data for Energy Yield Assessment – 3 Case Studies

### 4.1 Selection of Sites

Three exemplary sites in Germany were chosen for the

## 2. Das SRTM Datenmodell – kurz zusammengefasst

Bei den SRTM Datensätzen (Auflösung von 90m) handelt es sich um ein sogenanntes digitales mittelauflösendes Landschaftsmodell [1]. Da die Daten in Form aktiver Abtastung (durch Radiointerferometrie [2]) erfasst wurden, sind Oberflächenstrukturen (Gebäude, Vegetation) tendenziell in den angegebenen Werten enthalten. In diesem Zusammenhang sind die SRTM Datensätze auch korrekt als Digitales Oberflächenmodell (DOM) zu bezeichnen und stellen somit kein klassisches Höhenmodell der Erdoberfläche dar. Wie bereits die Untersuchungen von [3] und [4] gezeigt haben, besteht im Mittel eine Überhöhung von 9 m. Teilweise werden Spitzenwerte von über 20 m erreicht [3].

Generell ist auch zu beachten, dass der frei verfügbare Datensatz (SRTM-3, Auflösung 90m) auf Grundlage der (SRTM-1 Daten Auflösung 30m) abgeleitet wurde, die angegebenen Werte somit auf eine Mittelung von 3 x 3 SRTM-1 Datensätzen zurückzuführen sind [2]. Die Daten stehen entsprechend als Rasterdatensätze zur Verfügung (abgedeckter Bereich zwischen ca. 60 Grad nördlicher und 54 Grad südlicher Breite [2]) und sind in ihrer Qualität länder- und grenzübergreifend in der Erstellung einheitlich, sowie im Abdeckungsgrad als kontinuierlich einzuordnen.

## 3. Anwendung

Die hier vorgestellte Untersuchung hat zum Ziel, die Verwendbarkeit der SRTM-Daten für Windpotenzial- und Energieertragsermittlungen zu überprüfen. In diesem Zusammenhang wurde durch DEWI vergleichende Berechnungen für eine repräsentative WEA mit 98 m Nabenhöhe in verschiedenen Landschafts- und Geländetypen vorgenommen.

Im Rahmen der Überprüfung wurde auf die gängige Software WasP [5] zurückgegriffen. Das von WasP verwendete Berechnungsmodell erweist sich als sehr sensitiv hinsichtlich der Geländekomplexität, stellt aber derzeit noch die im Rahmen von Windgutachten am häufigsten verwendete Software dar. Aus den SRTM-Daten wurden in diesem Zusammenhang Höhenlinien (Isohypsen) in einer vertikalen Auflösung von 5m und in einer räumlichen Auflösung von mehr als 20 km um die jeweiligen Teststandorte extrahiert. Die Übereinstimmung der so aus den SRTM-Modell erstellten Höheninformationen ist als vergleichsweise gut zu bezeichnen. Auffällig sind jedoch die, generell bei einem DOM zu erwartenden, Probleme, mit den angegebenen Höhenwerten (z-level) komplexere Landschaftseinheiten nur in ihrer Oberflächenstruktur darzustellen. Diese treten insbesondere immer dann zu Tage wenn im Gelände Verlauf einheitliche Bereiche durch Vegetation und Bebauung starke Unterschiede in der Oberfläche besitzen, während dagegen z. B. bewaldete Hanglagen im Allgemeinen gut dargestellt werden.

Abb. 1 zeigt die verhältnismäßig gute Übereinstimmung der SRTM-3 Daten mit den Höheninformationen einer topographischen Karte. Abb. 2 zeigt dagegen, dass hier insbesondere kleinere Waldbereiche in ihrer Oberfläche als Teil des Geländemodells mit dargestellt werden, was in diesem Fall zu Abweichung von bis zu 10 m im Geländeniveau führt.



Fig. 1 and 2: Examples for extracted SRTM contour lines  
 Abb. 1 und 2: Fallbeispiele für extrahierte SRTM Höhenlinien

	Standort N Site N	Standort W Site W	Standort S Site S
Bundesland Federal state	Niedersachsen Lower Saxony	Brandenburg	Hessen Hesse
Standort- beschreibung Site description	offene Landschaft in flachen Terrain nahe der Küste open landscape with plane terrain near the coast line	ebenes Gelände mit großen Waldanteil in der Umgebung flat terrain with a bigger forest areas in the surrounding	Kuppenlage in tendenziell komplexen Gelände umgeben von Siedlungsbereichen und Waldgebieten situated on a knull nearly complex terrain surrounded by urban and forest areas
Energieertrag Energy Yield TK 1:25'000	100%	100%	100%
Energieertrag Energy Yield SRTM-3	99,9%	97,9%	95.3% (98m HH) 94.4% (78m HH)

Tab. 1: Sites investigated and relative energy yield using an elevation model based on TM 1:25'000 and SRTM-3 date. (HH = hub height)  
 Tab. 1: Untersuchte Standorte und der relative Energieertrag unter Verwendung eines Höhenmodells auf Basis der TK 1:25'000 und der SRTM-3 Daten. (HH = Nabenhöhe)

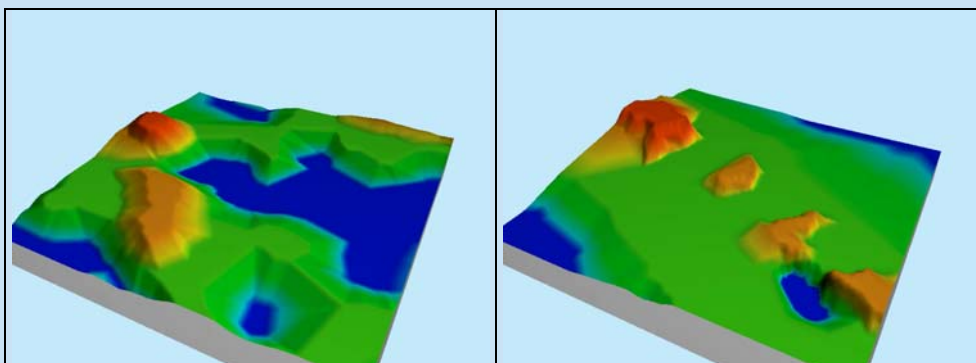


Fig. 3 and 4: Results of an interpolation of different elevation data (on the left based on SRTM-3 data, on the right official DEM)  
 Abb. 3 und 4: Ergebnisse einer Interpolation von unterschiedlichen Höhendaten (links beruhend auf SRTM-3 Daten, rechts amtliches DHM)

investigation (Tab. 1), two of which can be considered as complex terrain. In their immediate surroundings there are either woods (site W) or settlements (site S). Whereas site W is characterised by plain terrain, site S is located on top of a hill in a mainly complex terrain. Another site is located on the North Sea coast (site N) and is characterised by a free, open landscape and by a uniform elevation level.

The input data used at the sites were identical meteorolog-

#### 4. Verwendung von SRTM Daten für die Energieertragsermittlung – 3 Fallbeispiele

##### 4.1 Standortwahl

Es wurden exemplarisch drei Standorte in Deutschland für die Untersuchung ausgewählt (Tab. 1). Zwei Standorte sind als landschaftlich komplex einzuordnen. In der unmittelbaren Umgebung befinden sich Wald- (Standort W) oder Siedlungsbereiche (Standort S). Während der Standort W durch

ical input data and identical roughness maps. Elevation data were taken from official topographic maps (1:25'000) and from the SRTM data (SRTM-3). Both elevation maps cover a sufficient radius around each site.

#### 4.2 Results

At the site N the calculation results show an energy yield that is 0.1 % lower when using SRTM data. This difference is negligible, but because of the almost non-existing elevation differences is it questionable in general whether it makes sense to use SRTM data for this type of site.

For the site W the percentage of deviation from the long-term annual energy yield is higher. When using SRTM data the energy yield is 2.1 % lower than with an elevation model on a scale of 1:25'000.

On the site S the use of SRTM data reduces the energy yield by 4.7%. For this site another calculation of the same type of wind turbine with 78 m hub height was carried out. Due to the lower hub height the use of SRTM data has an even stronger effect on the result: the energy yield is 5.6 % lower.

#### 5. Conclusion

With the SRTM-3 data, elevation data sets of the earth's surface with a uniform resolution are available for the first time on a near-global scale. Compared to other data with a resolution of 1x1 km (GTOPO and DTED), the freely avail-

ebenes Gelände gekennzeichnet ist, befindet sich der Standort S auf einer Kuppe in tendenziell komplexen Gelände. Ein weiterer Standort befindet sich an der Nordseeküste (Standort N) und zeichnet sich durch eine freie offene Landschaft sowie durch einheitliches Höhenniveau aus.

Als Eingangsdaten wurde an den Standorten jeweils identische meteorologische Eingangsdaten sowie identische Rauigkeitskarten verwendet. Die Höheninformationen entstammen einerseits den amtlichen topographischen Karten (1:25'000) und andererseits den SRTM Daten (SRTM-3). Beide Höhenkarten umfassen einen ausreichenden Radius um den jeweils betrachteten Standort.

#### 4.2 Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse weisen am Standort N einen um 0,1 % niedrigeren Energieertrag bei Verwendung von SRTM Daten auf. Dieser Unterschied liegt im zu vernachlässigenden Bereich, jedoch ist aufgrund der nahezu nicht vorhandenen Geländeunterschiede für diesen Standort der Einsatz von SRTM Daten generell als fragwürdig zu bezeichnen.

Für den Standort W fällt der prozentuale Unterschied im Langjahresenergieertrag höher aus. So wird bei Verwendung von SRTM Daten ein insgesamt um 2,1 % geringerer Energieertrag als bei Verwendung eines Höhenmodells im Maßstab 1:25'000 erzielt.

able resolution of approx. 90m constitutes a quantum leap, which is why the use of SRTM-3 data is an interesting option for site assessments. Unverified elevation models prepared from SRTM data, however, contain uncertainties which for sensitive investigations (visibility analyses, energy assessments or noise predictions) are considered as too high. The investigation has shown that for energy assessments especially of sites with wooded or built-on surroundings, SRTM data can only be applied to a limited degree. Without a site-specific modification the deviation in the resulting energy yield can be significant. This applies in particular when using SRTM data for DSM. If in this connection the immediate site of a wind farm is examined using a DEM by a land surveying office on the one hand and SRTM-3 data on the other hand, different terrain characteristics on a small scale can be obtained quickly by interpolation, as shown in the perspective representations (Fig. 3 and 4) of the same, partly wooded, site. (Size of model 3.5 x 3.5 km each, elevation interval of 45-75m above sea level, elevation difference between SRTM and official DEM up to 10m)

The use of SRTM data as a pure surface model, e.g. for determining the heights of trees or buildings is not possible either, since the data available on the one hand are already part of a spacial interpolation procedure [3] and on the other hand the surface cannot be mapped continuously for technical reasons.

The limitations regarding the use of SRTM data apply only in those cases where exact official topographic elevation data are available. SRTM data can be a suitable data source, however, for countries and regions in the world for which usable and sufficiently accurate official data are not available, and also for special applications, such as large-scale wind resource assessments.

Am Standort S verringert die Verwendung von SRTM Daten den Energieertrag um 4,7 %. Für diesen Standort wurde eine weitere Berechnung für den gleichen WEA Typ mit 78 m Nabenhöhe durchgeführt. Durch die niedrigere Nabenhöhe wirkt sich die Verwendung von SRTM Daten mit einem 5,6 % geringeren Energieertrag nochmals stärker auf das Ergebnis aus.

## 5. Fazit

Mit den SRTM-3 Daten stehen erstmals für einen sehr großen Teil der Erdoberfläche flächendeckende und in ihrer Auflösung einheitliche Oberflächeninformationen zur Verfügung. Gegenüber den anderen Daten in der Auflösung von ca. 1x1 km (GTOPO und DTED) stellt die derzeit frei verfügbare Auflösung von ca. 90m einen Quantensprung dar und macht diese Daten prinzipiell auch für den Einsatz von Standortbewertungen interessant. Trotzdem ist eine ungeprüfte Verwendung der SRTM-Daten als Höhenmodell mit Unsicherheiten behaftet, die im Rahmen sensibler Untersuchungen (Sichtbarkeitsanalysen, Ertragsermittlungen oder z.B. Schallprognosen) als zu hoch zu bewerten sind. So sind SRTM Daten für eine Energieertragsermittlung vor allem in Gebieten mit bewaldeten oder besiedelten Bereichen nur eingeschränkt nutzbar wie die Untersuchung zeigt. Ohne eine standortspezifische Modifikation kann es hier zu signifikanten Unterschieden im Energieertrag kommen. Insbesondere die Charakteristik der SRTM Daten als DOM ist als ausschlaggebend zu bewerten. Betrachtet man in diesem Zusammenhang z.B. den unmittelbaren Standortbereich eines Windparks unter Verwendung eines DHM z. B. auf Grundlage des Landesvermessungsamtes und der SRTM-3 Daten ergeben sich somit schnell durch Interpolation kleinräumig verschiedene Geländecharakteristika, wie die perspektivischen Abbildungen (Abb. 3 und 4) des gleichen, zum Teil bewaldeten Standortes zeigen. (Modellgröße jeweils 3.5 x 3.5 km, Höhenintervall von 45-75m über NN, Höhendifferenz zwischen SRTM und amtliches DHM bis zu 10m)

Die Verwendung der SRTM Daten als reines Oberflächenmodell, z. B. zur Bestimmung von Baum- oder Gebäudehöhen ist demgegenüber leider ebenfalls nicht möglich, da die verfügbaren Daten zum einen bereits Teil eines räumlichen Interpolationsverfahrens sind [3], zum anderen technisch bedingt die Oberfläche nicht kontinuierlich abbilden.

Diese Einschränkungen der SRTM Daten ergeben sich jedoch nur in den Fällen in denen genauere amtliche topographische Höheninformationen vorliegen. Dem gegenüber stellt die Verwendung von SRTM-Daten, insbesondere für Länder und Regionen der Erde für die keine brauchbaren oder nur ungenügend genaue amtliche Informationen vorliegen oder je nach Verwendungszweck (z. B. großflächige Windpotenzialstudien) eine durchaus brauchbare und verwendbare Datenquelle dar.

---

## References / Literatur

- [1] Czegka, W.; Behrends, K.; Braune, S.: Die Qualität der SRTM-90m Höhendaten und ihre Verwendbarkeit in GIS (2003), Online-Dokument, Quelle <http://www.unigis.ac.at>.
- [2] [http://seamless.usgs.gov/Website/Seamless/faq/srtm\\_faq.asp](http://seamless.usgs.gov/Website/Seamless/faq/srtm_faq.asp); Stand 23.07.2007
- [3] WEIGEL, J. (2005): Möglichkeiten der Erstellung eines DGM aus SRTM-Daten unter vergleichender Einbeziehung der Landnutzungs-klassifikationen CORINE und ATKIS; Online Dokument, Quelle: <http://www.ecogis.de/srtm-aufbereitung.pdf>; Stand: 23.07.2007
- [4] Koch, A.; Heipke, C.; Lohmann, P.: Bewertung von SRTM Digitalen Geländemodellen - Methodik und Ergebnisse. In: Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation, 6/2002, S.389-398
- [5] Wind Atlas Analysis and Application Program (WA<sup>2</sup>P), version 5.01, build 81110, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.