

# Solarpotenzialanalyse an vertikalen Strukturen mit ArcGIS und GRASS GIS am Beispiel von Lärmschutzwänden

Robin PETERS, Bernhard HÖFLE

## 1. Einleitung

GIS-basierte Berechnungsmodelle bieten die Möglichkeit das Solarpotenzial auf Basis eines digitalen Geländemodells (DGM) flächendeckend für ein beliebiges Gebiet schnell und kosteneffizient zu ermitteln. Unter anderem ist ein solches Modell in die kommerzielle GIS-Software ArcGIS integriert. Als Alternative bietet sich das r.sun-Modell an, das in die OpenSource-Software GRASS GIS implementiert ist, mit welchem bereits eine flächendeckende Solarpotenzialanalyse für Europa durchgeführt wurde (SÚRI et al., 2008). Die meisten Studien konzentrieren sich vor allem auf Dachflächen. Ein großes ungenutztes wirtschaftliches Potenzial besteht darin, die Photovoltaik mit Lärmschutzwänden zu verbinden (NORDMANN UND CLAVADETSCHER, 2004). Dieser Beitrag vergleicht beide GIS-Berechnungsmodelle und analysiert, welche Eingangsdaten und Einstellungen notwendig sind, um eine ausreichend hohe Ergebnisqualität für vertikale Flächen zu erhalten.

## 2. Methodik

Das Solarpotenzial wurde exemplarisch für den Raum Heidelberg (inkl. Bereiche des Oberrheingrabens und Odenwalds) mit beiden Modellen berechnet. Für die Analyse wurde ein 5m- und 90m-DGM sowie verschiedene Berechnungseinstellungen genutzt. Die Einstrahlung wird jeweils unter wolkenfreien Bedingungen (*clear-sky*) ermittelt. Auf Basis des DGM wird ein Sichtfeld (Horizont) berechnet. Der zeitlich variierende Sonnenstand und -verlauf wird anhand der geographischen Breite berechnet. Unterschiede bestehen in der Modellierung der atmosphärischen Bedingungen: Das r.sun-Modell nutzt den *Linke turbidity factor* (HOFIERKA UND SÚRI, 2004). Das ArcGIS-Modell nutzt die Transmissivität der Atmosphäre als Parameter, dargestellt durch einen einfachen Faktor, der den Anteil der Sonneneinstrahlung definiert, der die Erdoberfläche erreicht. Die diffuse Strahlung wird unterschiedlich berechnet: ArcGIS nutzt ein isotropisches Modell mit zusätzlicher Korrektur des Zenitwinkels der Sonne und dem Anteil des sichtbaren Himmels (NÉRY UND MATOS, 2005; FU UND RICH, 1999). Das GRASS GIS Modul r.sun nutzt hingegen ein anisotropisches Modell, das speziell für europäische Klimabedingungen angepasst ist (HOFIERKA UND SÚRI, 2004).

Die Untersuchung mit verschiedenen Parametereinstellungen wurde an einzelnen Standorten (n=400) analysiert. Vor allem für die Berechnung des Sichtfeldes, ein sehr rechenintensiver Schritt, kann die Modellierungsgenauigkeit angepasst werden. Daher ist es sinnvoll die optimale Anzahl von Horizontwinkeln zu ermitteln, um einen Kompromiss zwischen Ergebnisqualität und Rechenaufwand zu erhalten. Zusätzlich bieten zeitliche Komponenten, wie z.B. das zu berechnende Zeitintervall für den Sonnenstand, die Möglichkeit einen geeigneten Parameterwert zu ermitteln.

### 3. Ergebnisse

Betrachtet man die jährliche Einstrahlung auf eine horizontale Oberfläche ergeben sich durchschnittlich zwischen den Berechnungsmodellen und unter beiden DGM-Auflösungen nur geringe Unterschiede (ca. 4-6%). Leicht höhere Differenzen zwischen den Berechnungsmodellen ergeben sich in Tälern und Hanglagen, in der relativ flachen Ebene ist die Differenz hingegen niedriger bis kaum vorhanden. Auf monatlicher Basis steigt die Differenz jedoch um bis zu 30% (Wintermonate). Für geneigte Oberflächen zeigen sich weitaus höhere Differenzen, was größtenteils an der abweichenden diffusen Einstrahlung liegt. Mit dem ArcGIS-Modell sinkt die diffuse Einstrahlung mit steigender Neigung (FU UND RICH, 1999). Demnach ist sie für horizontale Oberflächen immer maximal. Hingegen hat die diffuse Einstrahlung mit r.sun ihr Maximum bei etwa 35°-Neigung und sinkt mit steigender Neigung weniger stark als mit dem ArcGIS-Modell. Hierdurch ergeben sich mit r.sun bis zu 100% höhere Werte (90°). Bezogen auf die Globalstrahlung ergeben sich hierdurch bis zu 24% höhere Werte (90°). Ursache für die hohen Differenzen sind die bereits angesprochenen diffusen Strahlungsmodelle. Die Berechnung der diffusen Strahlung bewirkt in der Regel die größten Unterschiede zwischen Modellen. Die diffuse Strahlungskomponente ist von den regionalen Gegebenheiten (Klima und Gelände) abhängig und somit häufig die vorwiegende Ursache für Unterschiede in den Berechnungsergebnissen. Das r.sun-Modell nutzt daher bewusst ein anisotropisches Modell von MUNEER (1990), das für europäische Verhältnisse abgestimmt ist. Mit speziellen Parametern werden diese berücksichtigt. Zudem unterscheidet es zwischen verschatteten und sonnenbestrahlten Oberflächen (HOPIERKA UND SÚRI, 2004). MUNEER (1990) hat in einem Vergleich mit anderen Modellen (u.a. einem isotropischen Modell) gezeigt, dass die Ergebnisse mit seinem Modell vor allem für geneigte Oberflächen unter clear-sky Bedingungen realen Messwerten am ehesten entsprechen. Ein rein isotropisches Modell berechnet hingegen für geneigte Oberflächen zu niedrige Werte. Die Berechnungen in dieser Arbeit zwischen ArcGIS- und r.sun-Modell zeigen einen ähnlichen Trend. Das diffuse Strahlungsmodell in ArcGIS berücksichtigt zwar den Zenitwinkel der Sonne, jedoch keine regionalspezifischen Eigenschaften, wie im Falle des r.sun-Modells (FU UND RICH, 1999).

Zwischen den beiden DGM-Auflösungen gibt es durchschnittlich nur geringe Abweichungen, was unter anderem daran liegt, dass etwa 2/3 der Fläche des Untersuchungsgebietes relativ flach sind. Betrachtet man nur den gebirgigen Teil (Odenwald) ergibt sich jedoch auch nur eine durchschnittliche Differenz von 1,4% (r.sun) bzw. 1,8% (ArcGIS). Vereinzelt treten jedoch auch höhere Unterschiede auf: Mit ArcGIS ist die Differenz für 7,25% der Fälle (Stichprobe) größer 5%, mit r.sun für 5,75% der Fälle. Hinsichtlich der Parametereinstellungen ergeben sich die größten Unterschiede bei variierender Anzahl von Horizontwinkeln. Diese sind jedoch selbst im gebirgigen Teil nur minimal und unter 0,1% für 16, 32 und 64 Horizontwinkel. Selbst das Maximum liegt unter 1%.

### 4. Schlussfolgerung

Die Differenzen für horizontale Flächen sind nur gering und auch der Vergleich mit meteorologischen Messdaten weist nur eine relative geringe Abweichung auf, jedoch sind für PV-Anlagen in der Regel geneigte Flächen relevant, die wesentlich größere Unterschiede aufzeigen (bis zu 24% für vertikale Oberflächen). Um die Ergebnisse für geneigte Oberflächen

zu verifizieren, fehlt jedoch noch ein abschließender Vergleich mit meteorologischen Messdaten für diese Oberflächen. Das r.sun Modul bietet den Vorteil, dass die reflektierte Strahlung berechnet werden kann. Vor allem PV-Lärmschutzwände mit einer Neigung von 90° bieten die optimale Fläche, um reflektierte Strahlung zu absorbieren. Je unregelmäßiger die Topographie ausgeprägt ist, desto sinnvoller wird ein hochaufgelöstes DGM. In Gebieten mit hoher Bebauungsdichte ist eventuell sogar ein digitales Oberflächenmodell (z.B. aus Laserscanning) notwendig. Das gleiche gilt für die Anzahl der zu berechnenden Horizontwinkel. Für offenes Gelände sind die Unterschiede minimal. Sofern ein digitales Oberflächenmodell genutzt wird und künstliche Objekte (Bebauung) mitberücksichtigt werden, ist jedoch eine hohe Anzahl an Horizontwinkeln (64) notwendig, um deren Einfluss ausreichend zu erfassen. Die Ergebnisse können zusätzlich erhöht werden, wenn die Vegetation und deren Lichtdurchlässigkeit im Jahresverlauf mitberücksichtigt wird (JOCHEM et al., 2010).

## Literatur

- FU, P. UND RICH, P. (1999) Design and implementation of the Solar Analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales. Proceedings of the Nineteenth Annual ESRI User Conference, S. 1-31.
- HOFIERKA, J. UND SÚRI, M. (2004) A New GIS-based Solar Radiation Model and Its Application to Photovoltaic Assessments. Transactions in GIS, 2004 8(2), S. 175-190.
- JOCHEM, A., WICHMANN, V. UND HÖFLE, B. (2010) Large Area Point Cloud Based Solar Radiation Modeling. Hamburger Beiträge zur Physischen Geographie und Landschaftsökologie, 2010 21/20, S. 1-9.
- MUNEER, T. (1990) Solar radiation model for Europe. Building Services Engineering Research and Technology, 1990 11(4), S. 153-163.
- NÉRY, F. UND MATOS, J. (2005) Terrain Parameters in Solar Radiation Models: An evaluation of algorithms used for the extraction of morphological parameters from digital elevation models and their impact in solar radiation modelling at different scales. Proceedings of the 14th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, S. 1-23.
- NORDMANN, T. UND CLAVADETSCHER, L. (2004) PV on noise barriers. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2004 12(6), S. 485-495.
- SÚRI, M., HULD, T., CEBECAUER, T. UND DUNLOP, E. (2008) Geographic Aspects of Photovoltaics in Europe: Contribution of the PVGIS Website. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2008 1(1), S. 34-41.