

# Daten aus dem All

## MIT SRTM ENTSTEHT EIN DREIDIMENSIONALES ABBILD DER ERDE

Unbeeindruckt von Wolken oder Dunkelheit nimmt 233 Kilometer von der Erde entfernt das Space Shuttle Endeavour mit Hilfe von Radartechnik Daten der Erdoberfläche auf. Die aufgezeichneten Daten werden zu dreidimensionalen digitalen Geländemodellen, die überraschend nah an der Wirklichkeit sind. Am Institut für Photogrammetrie und Geoinformation (IPG) wird die Qualität dieser Daten mit einem neu entwickelten Algorithmus überprüft.

Neben zweidimensionalen topografischen Daten, die die Umwelt in Form von Objekten wie Straßen, Flüsse, Gebäudegrundrisse und ähnlichem darstellen, und Daten, die fachspezifische Informationen mit Raumbezug repräsentieren, spielen Digitale Geländemodelle (DGM) eine immer wichtigere Rolle innerhalb Geografischer Informationssysteme (GIS).

Ein DGM ist ein digitales Modell der Erdoberfläche, das die Höhen  $z$  als Funktion der Lagekoordinaten  $x$  und  $y$  darstellt. Genau genommen handelt es sich um eine sogenannte 2,5-dimensionale Darstellung, da an jeder Position der  $xy$ -Ebene nur ein Höhenwert  $z$  existiert. Senkrechte Mauern, Überhänge und das Gelände unterhalb einer Brücke können deshalb im DGM in der Regel nicht dargestellt werden. Eine Erweiterung der Daten des GIS um solch ein DGM ermöglicht es, auch Analysen in bewegtem Gelände durchzuführen.

So können zum Beispiel bei geplanten Straßenbaumaßnahmen der Auf- und Abtrag mittels Erdmassenberechnung bestimmt und veranschaulicht werden. Des Weiteren können Hochwasser simuliert werden, sodass über durchzuführende Vorsorge-, Hilfs- und Evakuierungsmaßnahmen entschieden werden kann.

Je nach Aufgabenstellung können verschiedene DGM bereitgestellt beziehungsweise erfasst werden, wobei sich die Daten hauptsächlich hinsichtlich der Struktur und der Genauigkeit unterscheiden. DGM können grundsätzlich terrestrisch, das heißt mit Hilfe einer Vermessung vor Ort, mittels flugzeuggetragener oder satellitengetragener Sensoren oder vom Space Shuttle aus erfasst werden.

Bei hohen Genauigkeitsanforderungen wählt man zumeist flugzeuggetragene Sensoren. Diese haben im Gegensatz zu der terrestrischen Vermessung den Vorteil, größere Gebiete wirtschaftlich aufzunehmen.

So wird zum Beispiel das Laserscanning eingesetzt, wobei die Geländeoberfläche vom Flugzeug aus mit Hilfe eines Scanners abgetastet wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, aus Luftbildern das Gelände unter Anwendung des Stereoprinzips im Überlappungsbereich zweier Bilder automatisch oder manuell abzuleiten.

Bei Anwendungen mit geringeren Genauigkeitsanforderungen und globalem Charakter werden satellitengetragene Systeme eingesetzt. Hier haben optische Sensoren den Nachteil, witterungs- und beleuchtungsabhängig zu sein.

Eine Alternative bietet die sogenannte SAR-Interferometrie. Dabei handelt es sich um ein Radarverfahren, das auf der

Auswertung von Entfernungsdifferenzen beruht.

Die ausgesendeten Mikrowellen sind nahezu witterungsunabhängig. Wolken, die in unseren Breiten ein häufiges Problem bei der Erstellung solcher Datensätze darstellen, werden von ihnen durchdrungen. Zusätzlich können diese Systeme auch bei Dunkelheit operieren.

### Die Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

Solch ein Radarsystem wurde im Februar 2000 bei der 11-tägigen Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) eingesetzt. Innovativ an dieser Mission war der erste weltraumgestützte Einsatz der sogenannten Single-Pass-Interferometrie.

Bei der SAR-Interferometrie wird die Erstellung eines DGM mit Hilfe zweier leicht räumlich voneinander getrennter Antennen ermöglicht. Die Single-Pass-Interferometrie realisiert das Messprinzip durch Anordnung beider Antennen auf einer Plattform.

Bei SRTM wurde die erste Antenne innerhalb der Ladebucht des Space Shuttle Endeavour montiert, während eine zweite Antenne am Ende eines 60 Meter langen, ausfahrbaren Mastes angebracht war (siehe Abbildung 1).

Dabei wurden unterschiedliche Wellenlängen im Mikrowellenbereich eingesetzt: Neben dem amerikanischen SIR-C

System (Shuttle Imaging Radar C-Band) war die deutsch-italienische Entwicklung X-SAR mit an Bord – ein X-Band System mit einer Wellenlänge von etwa 3 cm.

**Qualitätsuntersuchung der SRTM-Daten**

Das Ziel eines Projektes am Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) der Universität Hannover war, die

Das am IPI entwickelte Verfahren, welches die SRTM-Daten mit den Referenzdaten vergleicht, basiert auf einer räumlichen Ähnlichkeitstransformation.

Abbildung 3 stellt das Prinzip dieser Transformation grafisch dar.

Dabei wird das durch SRTM erstellte DGM in Richtung der drei Koordinatenachsen verschoben (Parameter  $X_0, Y_0, Z_0$ ), um die Achsen gedreht ( $\omega, \varphi, \kappa$ ) sowie maßstäblich verändert

Die Werte repräsentieren potenziell vorhandene systematische Fehler der SRTM-Daten. Restabweichungen zwischen den Datensätzen deuten auf zufällige Fehler hin, aus denen Genauigkeitsmaße abgeleitet werden können.

**Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen eine Höhengengenauigkeit der SRTM-Daten von 3 bis 4 Meter im offenen Gelände, das heißt in Bereichen, die keine Vegetation oder Gebäude enthalten.

Die Höhengengenauigkeit beträgt somit nur einen Bruchteil der Flughöhe von 233 Kilometern.



Abbildung 1  
Space Shuttle Endeavour mit ausgefahrenem Mast, Antenne innerhalb der Ladebucht sendet Radarsignale aus, die an der Erdoberfläche reflektieren, reflektiertes Signal wird an beiden Antennen wieder empfangen.

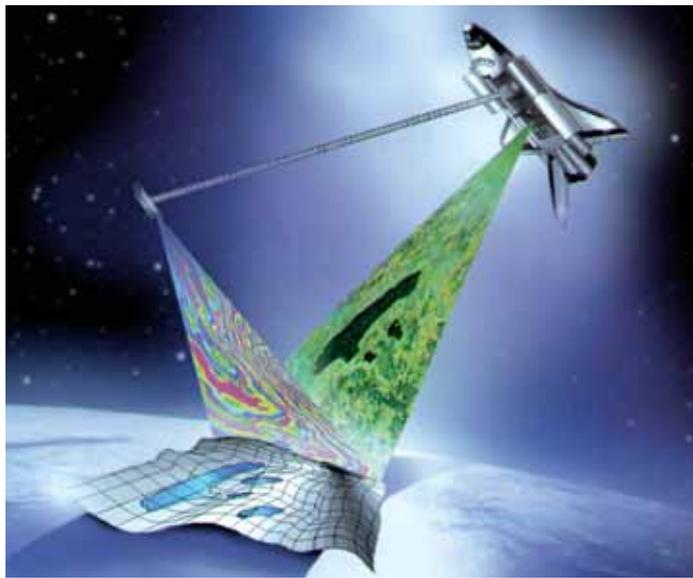


Abbildung 2  
Das Untersuchungsgebiet, Ausschnitt aus der Topografischen Karte TK200 der Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (LGN), nicht maßstäblich.

Qualität dieser Daten zu bewerten, um spätere Anwendungsfelder zu erschließen.

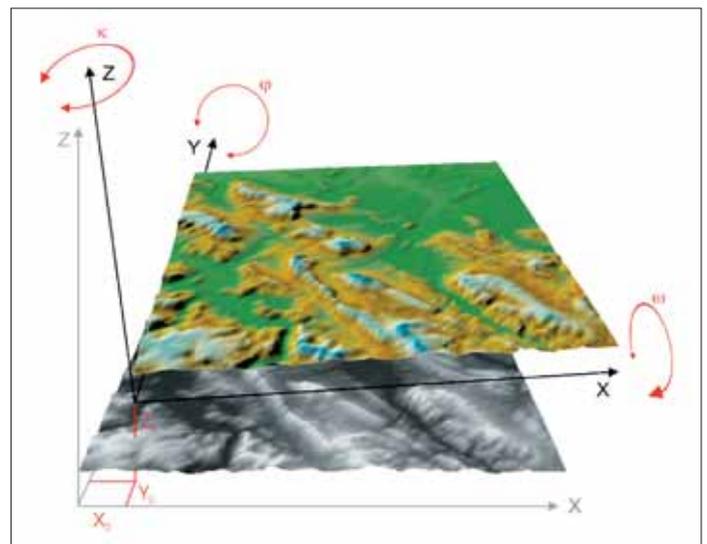
Die SRTM-Daten des X-SAR-Systems wurden dafür mit Referenzdaten besserer Qualität innerhalb eines sehr gut bekannten Testgebietes südlich von Hannover verglichen (Trigonometrische Punkte, die das Grundlagennetz der Landesvermessung bilden, sowie das Digitale Geländemodell ATKIS DGM5 der Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen, LGN). In diesem Gebiet liegen die Städte Hameln und Hildesheim, im Norden schließt es sich an das Gelände der EXPO 2000 an (siehe Abbildung 2).

(in Abbildung 3 nicht dargestellt), sodass es bestmöglich auf das Referenzmodell passt.

Generell werden die Parameter dieser Transformation, das heißt die Werte, um die die Daten verschoben, gedreht und maßstäblich verändert werden, mit Hilfe von Punkten ermittelt, die in beiden Datensätzen identifiziert werden können.

Bei dem neu entwickelten Verfahren werden diese Parameter aus den gesamten Datensätzen gewonnen, indem die SRTM-Daten mit Hilfe der auf Arbeiten von C. F. Gauß zurückgehenden so genannten Kleinst-Quadrate-Ausgleichung iterativ an die Referenzdaten angepasst werden.

Das Ergebnis sind in diesem Fall die Parameter dieser Transformation.



Die vor dem Start der Mission prognostizierten Werte wurden damit bestätigt.

Abbildung 3  
Prinzip der räumlichen Ähnlichkeitstransformation, das farbig dargestellte SRTM-DGM wird auf das Referenz-DGM transformiert.



**Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke**  
 Jahrgang 1961, ist Institutsleiter des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation (IGI).



**Dipl.-Ing. Andreas Koch**  
 Jahrgang 1970, ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IGI).

Die SRTM-Daten enthalten bei einer Maschenweite von 25 Metern lediglich systematische Lagefehler von maximal 4 Metern in Ost-West- und 6 Metern in Nord-Süd-Richtung, der systematische Höhenfehler beträgt +2,3 Meter. Zusätzlich wurde ein sich in Flugrichtung ändernder systematischer Höhenfehler ermittelt, der sich wellenförmig wiederholt. Die Amplitude dieses Fehlers beträgt  $\pm 2$  Meter bei einer Wellenlänge von 50 Kilometer.

Siedlungs- und Waldbereiche weisen eine etwas schlechtere Genauigkeit auf.

Insgesamt haben die Untersuchungen gezeigt, dass die Qualität der SRTM-Daten zufriedenstellend ist.

Da der Stand der weltweit verfügbaren DGM eher schlecht ist, bilden die SRTM-Daten eine sinnvolle und notwendige Grundlage in vielen Bereichen der Erde. Insbesondere die hohe Homogenität der Daten

**Dank**

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die verwendeten Referenzdaten wurden freundlicherweise von der Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (LGN) zur Verfügung gestellt.

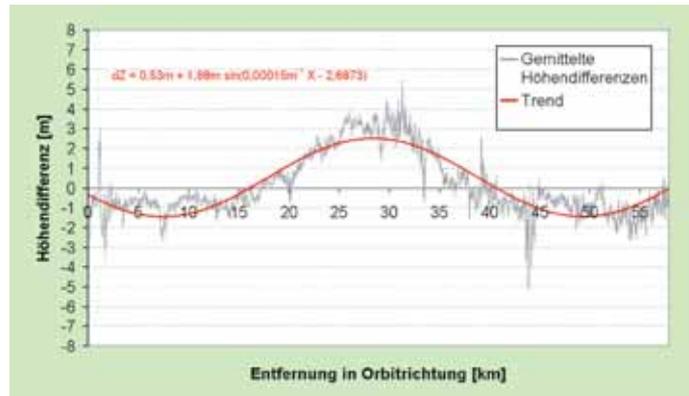


Abbildung 4  
 In Orbitrichtung gemittelte Höhendifferenzen zwischen SRTM-DGM und Referenzdaten, sinusförmige Trendfunktion rot dargestellt.

Abbildung 4 stellt diesen in Orbitrichtung wiederkehrenden Fehler grafisch dar.

Die waagerechte Achse repräsentiert dabei die Entfernung in Orbitrichtung, die vertikale Achse zeigt die quer zur Orbitrichtung gemittelten Höhendifferenzen zwischen SRTM- und Referenzdaten. Die rote Linie beschreibt den sinusförmigen Trend.

ist von entscheidender Bedeutung bei vielen Fragen verschiedener Anwendungsfelder, zum Beispiel im Bereich der hydrologischen Modellierung und der Klimaforschung.