



Mosaikierung digitaler Geländemodelle

Gottfried Mandlbürger ¹

¹ *Christian Doppler Labor für "Spatial Data from Laser Scanning and Remote Sensing" am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien, Gusshausstrasse 27-29, A-1040 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **93** (3), S. 132–136

2005

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Mandlbürger_VGI_200512,  
Title = {Mosaikierung digitaler Geländemodelle},  
Author = {Mandlbürger, Gottfried},  
Journal = {VGI -- Österreichische Zeitschrift für Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {132--136},  
Number = {3},  
Year = {2005},  
Volume = {93}  
}
```





Mosaikierung digitaler Geländemodelle

Gottfried Mandlbauer, Wien

Zusammenfassung

In diesem Aufsatz wird ein Algorithmus zum Zusammenführen digitaler Geländemodelle (DGMe) unterschiedlicher Genauigkeit und Auflösung vorgestellt. Im Überlappungsbereich beider wird ein kontinuierlicher Übergang durch die Anwendung einer Gewichtsfunktion, welche die Berechnung der Höhen steuert, erreicht. Solche DGM-Mosaik kommen überall dort zum Einsatz, wo kleinräumige, aber genaue Geländemodelle – etwa zum Zweck der Visualisierung – in einen größeren Kontext mit geringerem Genauigkeitsanspruch einzubetten sind. Dies ist beispielsweise für hochpräzise Laserscanner DGMe zur Ableitung von Gefahrenzonenplänen der Fall.

Abstract

This paper presents an algorithm for blending digital terrain models (DTMs) of different accuracy and resolution. A smooth transition is achieved by applying a weight function within the overlap area of both DTMs. That weight function controls the averaging of the height values. Such DTM mosaics are used to embed small but high accurate terrain models into a larger context of lower accuracy demand, like it is done to combine precise laser scanner DTMs for the derivation of flood risk maps with DTMs stemming from photogrammetric data.

1. Einführung

Die Technik des Mosaikierens ist allgemein aus der Bildverarbeitung bekannt und wird sowohl in photographischen wie auch photogrammetrischen Anwendungen eingesetzt. Während in der Photographie die Erzeugung von 360°-Panoramen im Vordergrund steht, ist in der Photogrammetrie das Orthophoto-Mosaik die Hauptanwendung. In beiden Fällen geht es darum, Bilder mit vergleichbarer Auflösung miteinander geometrisch, vor allem aber auch radiometrisch zu verschmelzen, sodass die Grenze der Einzelbilder für den Betrachter nicht erkennbar ist. Analog dazu besteht auch beim DGM-Mosaik die Forderung, dass der Übergang von einem Modell zum nächsten glatt und möglichst unmerklich sein soll. Im Gegensatz zur Bildverarbeitung aber sind nicht Farb-, sondern Höhenwerte anzupassen, was eine etwas andere Herangehensweise erfordert.

In den nächsten Abschnitten sollen daher zunächst die Einsatzgebiete für DGM-Mosaik aufgezeigt, die grundlegende Verfahrensweise erläutert und die detaillierte technische Umsetzung präsentiert werden. Anhand praktischer Beispiele wird am Ende die Leistungsfähigkeit des Algorithmus gezeigt.

2. Einsatzgebiete

DGM Mosaikierung kommt überall dort zum Einsatz, wo zwei getrennt berechnete Gelände-

modelle miteinander zu einem homogenen Gesamtmodell verbunden werden sollen. Während für DGMe vergleichbarer Genauigkeit und Auflösung eine simultane Interpolation auf Basis der Originaldaten beider Modelle empfohlen wird, ist bei Datenbeständen unterschiedlicher Genauigkeit und Auflösung die Bildung eines homogenen Modells durch Mosaikierung angebracht.

Dies trifft vor allem auf die Zusammenführung von Geländemodellen aus Laserscanner (LS)- und photogrammetrischen Daten zu. LS-DGMe sind typischerweise hochgenau ($\sigma_z = \pm 5\text{--}15\text{ cm}$) und hochauflösend (Gitterweite = 0,5–2 m) aber andererseits oft nur kleinräumig verfügbar (z.B. LS-Befliegungen entlang von Flussläufen). DGMe, die aus photogrammetrischen Daten abgeleitet wurden, sind dagegen meist flächendeckender vorhanden, weisen aber andererseits eine geringere Genauigkeit ($\sigma_z = \pm 20\text{--}100\text{ cm}$) und Auflösung (Gitterweite = 5–50 m) auf. Eine entsprechende Anwendung ist in [2] beschrieben.

Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Zusammenführung landesweiter Höhenmodelle mit globalen Datensätzen. In Österreich kann beispielsweise das 3-Bogen-Sekunden DGM der Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) herangezogen werden, um das BEV-DGM außerhalb des Bundesgebietes zu ergänzen.

3. Grundgedanke der DGM Mosaikierung

Für alle folgenden Ausführungen wird von zwei digitalen Geländemodellen in hybrider Datenstruktur [1] auf Basis eines regelmäßigen Gitters mit zusätzlich hineinverketteten Geländekanten ausgegangen. Einer intuitiven Idee folgend soll der Übergang von einem zum anderen Geländemodell möglichst fließend und im Mosaik nicht erkennbar sein. Analog zu vergleichbaren Techniken in der Bildverarbeitung kann dieser Übergang innerhalb einer Zone rund um die Nahtlinie

zwischen beiden DGMen erfolgen. Diese Zone wird im Folgenden als Toleranzband bezeichnet.

Wie der Abbildung 1 zu entnehmen ist, hat das Geländemodell mit der geringeren Auflösung (DGM 2) außerhalb des Toleranzbandes vollen Einfluss auf das Mosaik. Der Einfluss dieses Modells verringert sich innerhalb des Toleranzbandes sukzessive zu Gunsten des genaueren DGM 1, bis dieses schließlich innerhalb der inneren Toleranzbandbegrenzung das Mosaik vollständig bestimmt.

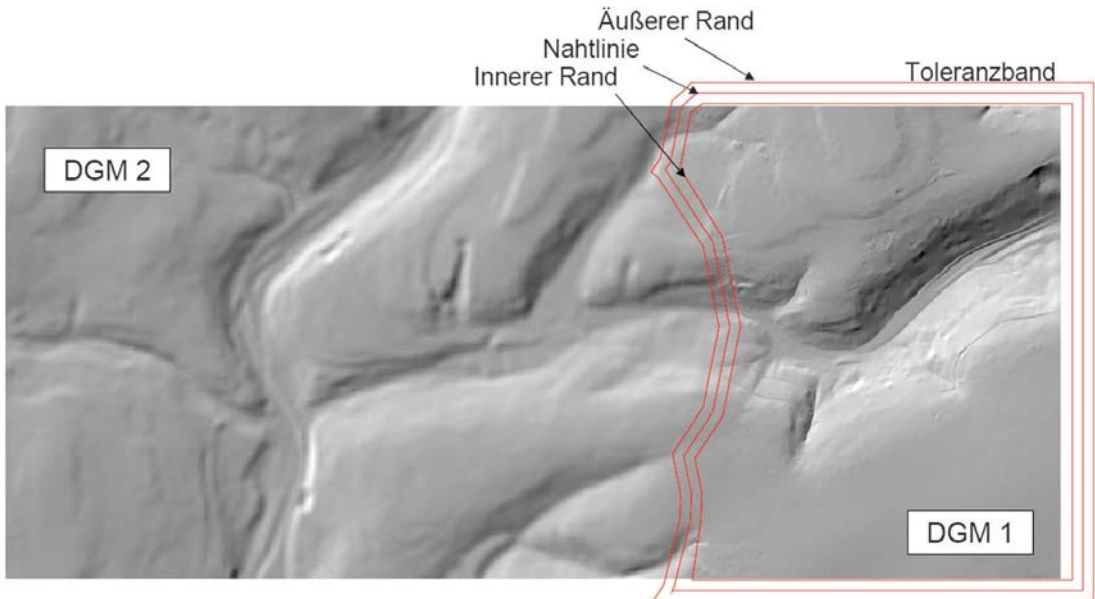


Abb. 1: DGM-Mosaik mit Toleranzband, Daten: Ordnance Survey, GB

Lineare und gekrümmte Gewichtsfunktion

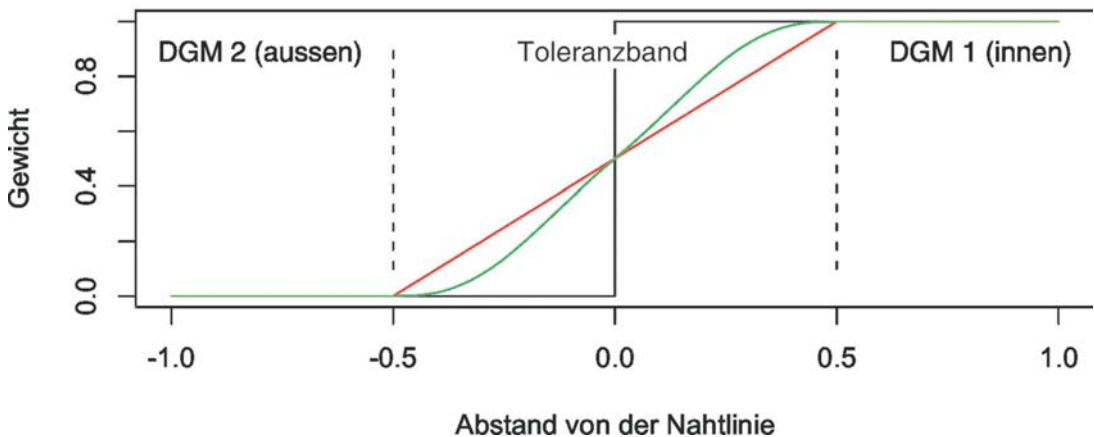


Abb. 2: Lineare und gekrümmte Gewichtsfunktion.

4. Höhenberechnung im Übergangsbereich

Der obigen Grundidee folgend werden die Höhen des DGM-Mosaiks im Übergangsbereich (Toleranzband) durch gewichtete Mittelbildung ermittelt, wobei die in Abb. 2 dargestellten Gewichtsfunktionen zur Anwendung kommen.

Das Gewicht des inneren, genauen DGM 1 (w_1) beginnt im Bereich außerhalb der äußeren Begrenzung des Toleranzbandes bei 0.0 und steigt dann an auf 0.5 in der Mitte des Toleranzbandes (=Nahtlinie). An dieser Stelle haben beide Geländemodelle gleichen Einfluss auf das DGM-Mosaik. Das zu DGM 1 gehörende Gewicht w_1 steigt schließlich weiter an, bis es an der inneren Grenze des Toleranzbandes den Wert 1.0 und damit vollen Einfluss auf das Ergebnis des Mosaiks erreicht. Die Höhen des DGM-Mosaiks werden nun einfach durch gewichtetes Mittel aus der Formel 1 berechnet, wobei das dem DGM 2 zugeordnete Gewicht w_2 das Komplement von w_1 darstellt (Formel 2).

$$z = w_1 \cdot z_1 + w_2 \cdot z_2 \quad (1)$$

$$w_2 = 1.0 - w_1 \quad (2)$$

Wie aus Abb. 2 ersichtlich können verschiedene Gewichtsfunktionen eingesetzt werden:

- Sprungfunktion
- Lineare Gewichtsfunktion
- Gekrümmte Gewichtsfunktion

5. Diskussion der verschiedenen Gewichtsfunktionen

Die *Sprungfunktion* bildet den trivialen Fall, bei dem keine Anpassung der Höhenwerte vorgenommen wird. Das Gewicht springt an der Nahtlinie von 0.0 auf 1.0, wodurch in der Regel an dieser Stelle ein Höhengsprung entsteht. Diese Eigenschaft steht im Widerspruch zum geforderten glatten Übergang, weswegen auf die Sprungfunktion nicht weiter eingegangen wird.

Bei der *linearen Gewichtsfunktion* steigen die Gewichte innerhalb des Toleranzbandes kontinuierlich an. Die Knickstellen dieser Funktion an beiden Rändern des Toleranzbandes sind vor allem in der DGM Schummerung als abrupte Änderungen der Geländeneigung sichtbar. Trotzdem hat sich diese Art der Gewichtsfunktion in der bisherigen Praxis als günstigste Variante herausgestellt.

Die *gekrümmte Gewichtsfunktion* weist keine Knicke an den Toleranzbandrändern auf, und folglich ist auch das Schummerungsbild in

diesem Bereich glatt. Allerdings wird dieser Vorteil gegenüber der linearen Funktion durch einen stärkeren Anstieg der Gewichte in der Mitte des Toleranzbandes erkauft, was einem schnelleren und damit abrupteren Übergang der Höhenwerte zwischen den beiden Geländemodellen entspricht. Diese Variante ist daher nur dann zu empfehlen, wenn das Toleranzband ausreichend breit gewählt wird.

6. Praktische Ergebnisse

Die folgende Abb. 3 zeigt ein synthetisches Beispiel, bei dem eine Schrägebene und eine Pyramide mit dem beschriebenen Verfahren zu einem Mosaik vereinigt wurden.

Die Abbildung zeigt deutlich, dass im unteren Bereich die Schrägebene und im oberen Bereich die Pyramide vollständig erhalten bleibt. Der Übergang zwischen den beiden Flächen erfolgte in diesem Fall durch Anwendung der linearen Gewichtsfunktion, wobei der Knick an der Pyramide durch Einsatz der gekrümmten Gewichtsfunktion vermieden werden könnte.

In Abb. 5 sind DGM-Mosaik dargestellt, welche aus einem Laserscanner-DGM (Gitterweite: 2 m) einerseits und einem aus digitalisierten Höhenlinien berechneten Profil-DGM (Gitterweite: 10 m) andererseits entstanden sind (Abb. 4).

Das Mosaik der linken Abbildung ist durch Anwendung der Sprungfunktion entstanden, während dem rechten Mosaik eine lineare Gewichtsfunktion zugrunde liegt. In der linken Abbildung ist der Höhenversatz entlang der Nahtlinie zwischen dem Profil-DGM im Vordergrund und dem LS-DGM im Hintergrund deutlich zu erkennen, welcher durch einen systematischen Höhenfehler und mangelnden Detailreichtum im Profil-DGM verursacht wird. In der rechten Abbildung hingegen wird durch den Einsatz der linearen Gewichtsfunktion ein verlaufender Übergang zwischen beiden DGMen erreicht. Die detaillierten Geländeformen des Laserscanner-DGMs verlieren dabei innerhalb des Toleranzbandes sukzessive an Schärfe (verblässen), und es wird sogar ein glatter Übergang zu der im Profil-DGM nicht enthaltenen Brücke in Form einer Rampe hergestellt.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die ständig wachsende Anzahl an DGM Datenbeständen unterschiedlicher Herkunft, Auflösung und Genauigkeit macht Techniken zur Erzeugung von homogenen DGM-Mosaiken erforderlich. In

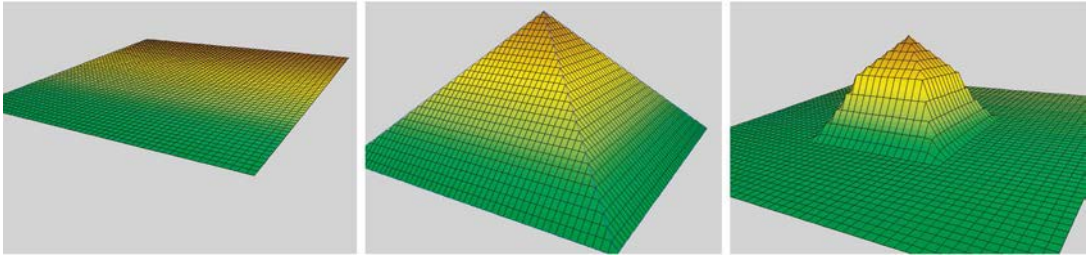


Abb. 3: Schrägebene, Pyramide und Mosaik

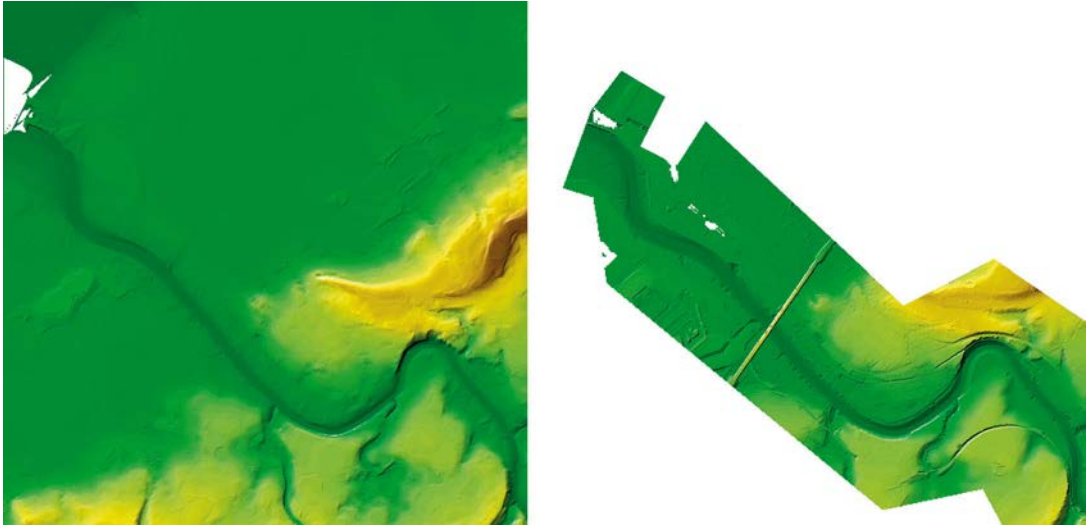


Abb. 4: Profil-DGM (links, Gitterweite: 10m), LS-DGM (rechts, Gitterweite: 2m). Daten: Ordnance Survey, GB

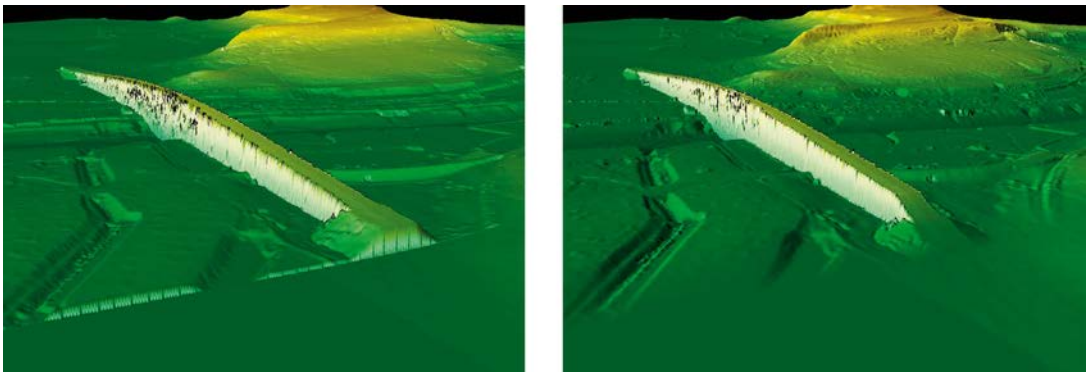


Abb. 5: DGM-Mosaik berechnet mit Sprungfunktion (links) und linearer Gewichtsfunktion (rechts)

diesem Aufsatz wurde eine Methode vorgestellt, wie sie am Institut für Photogrammetrie der TU Wien entwickelt und im Programmsystem SCOP++ implementiert wurde. Ein glatter Übergang zwischen den einzelnen Modellen wird dabei durch die Anwendung einer Gewichtsfunktion im Überlappungsbereich der Modelle er-

reicht, welche die Höhenberechnung steuert. Die Methode ist auf alle Raster- und hybriden DGMe anwendbar, d.h. auch die Einbeziehung von Geländekanteninformation ist mit diesem Ansatz möglich. Die Erweiterung des Ansatzes auf simultane Zusammenführung mehrere DGMe sowie die automatische Ableitung von Nahtlinien

ist Gegenstand weiterer Forschung auf diesem Gebiet.

Literatur

- [1] Kraus, K., 2000. Photogrammetrie, Band 3, Topographische Informationssysteme. Dümmler Verlag.
- [2] Warriner, T., Mandlbürger, G., 2005. Generating a new high resolution DTM product from various data sources, Photogrammetric Week 2005, Stuttgart

Web-Referenzen

- [1] Inpho: <http://www.inpho.de>

[2] Institute of Photogrammetry and Remote Sensing:
<http://www.ipf.tuwien.ac.at>

[3] Ordnance Survey: <http://www.ordnancesurvey.co.uk>

[4] Shuttle Radar Topographic Mission:
<http://srtm.usgs.gov/>

Anschrift des Autors:

Dipl. Ing. Gottfried Mandlbürger: Christian Doppler Labor „Spatial Data from Laser Scanning and Remote Sensing“ am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien, Gusshausstrasse 27-29, A-1040 Wien.
email: gm@ipf.tuwien.ac.at