



Vergleich digitaler Geländemodelle aus Photogrammetrie und Laserscanning

Maria Attwenger ¹, Christian Briese ²

¹ *Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien*

² *Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **91** (4), S. 271–280

2003

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Attwenger_VGI_200334,  
Title = {Vergleich digitaler Gel{\a}ndemodelle aus Photogrammetrie und  
Laserscanning},  
Author = {Attwenger, Maria and Briese, Christian},  
Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {271--280},  
Number = {4},  
Year = {2003},  
Volume = {91}  
}
```





Vergleich digitaler Geländemodelle aus Photogrammetrie und Laserscanning

Maria Attwenger und Christian Briese, Wien

Zusammenfassung

Digitale Geländemodelle wurden lange Zeit ausschließlich aus manuellen photogrammetrischen Auswertungen oder terrestrischen Messungen abgeleitet. Im letzten Jahrzehnt änderte sich die Situation durch das Aufkommen des Laserscannings und durch digitale Methoden in der Photogrammetrie. Der Vorteil dieser beiden neuen Methoden liegt in einem deutlich höheren Automatisierungsgrad im Rahmen der Datenaufnahme. Zudem liefern beide Methoden eine sehr große Anzahl von Oberflächenpunkten, wodurch eine detaillierte Beschreibung der Geländeoberfläche ermöglicht wird. Zur Geländemodellerstellung ist es allerdings im Gegensatz zu den manuellen Datenerfassungsmethoden notwendig, eine Klassifizierung der Punkte in Boden- und Nicht-Bodenpunkte durchzuführen.

Dieser Beitrag ist dem Vergleich digitaler Geländemodelle aus der manuellen sowie digitalen Photogrammetrie und dem flugzeuggetragenen Laserscanning gewidmet. Neben einer Analyse der unterschiedlichen Daten, zum Beispiel mit Punktdichtekarten, werden die aus diesen Daten abgeleiteten Geländemodelle untersucht. Die Datenbasis für diese Untersuchung bietet ein Projektgebiet im Pulkautal, in dem sowohl ein photogrammetrischer Bildflug als auch eine Laserscannerbefliegung zur Verfügung stehen. In einem abschließenden Kapitel werden die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Aufnahmemethoden zusammengefasst.

Abstract

Digital terrain models have been derived from manual photogrammetric or terrestrial measurements for a long time. In the last decade this situation has changed because of the appearance of other capable methods. On one hand airborne laserscanning was introduced as a suitable method for point determination, whereas on the other hand digital methods were developed in photogrammetry. The big advantage of these two methods is the high level of automation. Additionally, they provide a great number of points whereby a detailed description of the terrain is possible. A classification of the automated generated point cloud into terrain points and off terrain points is essential for the determination of terrain models. This is contrary to the manual methods of data capturing.

This paper focuses on the comparison of digital terrain models derived from manual and digital photogrammetry as well as from airborne laserscanning. Beneath the analysis of the different data sets, for example with the help of point density maps, the terrain models derived from these different data are investigated. The basis data of this examination is given by photogrammetric and airborne laser scanner missions within the project area Pulkautal. Finally the advantages and disadvantages of the different data capture methods are summarised.

1. Einleitung

Stereophotogrammetrie und Laserscanning sind grundsätzlich unterschiedliche Messmethoden. Während bei einer photogrammetrischen Aufnahme von einem passiven System, der Luftbildmesskamera, Luftbilder gewonnen werden (Abb. 1) und anschließend in den Überlappungsgebieten der Luftbilder mit Hilfe von Auswertegeräten gemessen wird, ist ein Laserscanner ein aktives System, das durch die Synchronisierung der Richtungs- und Distanzmessung meist zeilenweise Polarkoordinaten entlang eines Flugpfades liefert (Abb. 2) [1]. In der Photogrammetrie werden zur Transformation der Messungen ins Landeskoordinatensystem Passpunkte gemessen, die Orientierung der Luftbilder zueinander erfolgt anhand homologer Punkte, die Verwendung von GPS und IMU ist optional. Beim Laserscanning sind Messungen mit einem POS (*position and orientation*

system), zum Beispiel bestehend aus GPS und IMU, unerlässlich und müssen mit der Richtungs- und Distanzmessung synchronisiert werden.

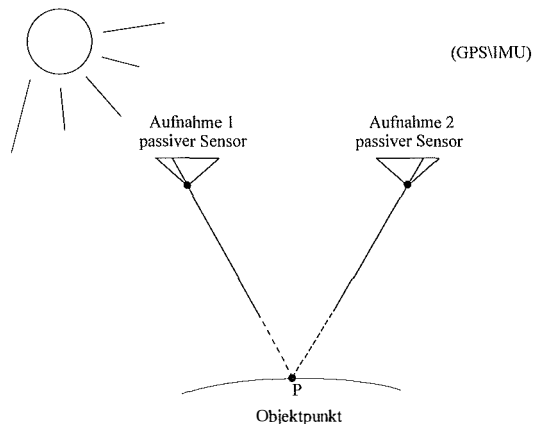


Abb. 1: Grundprinzip der Stereophotogrammetrie

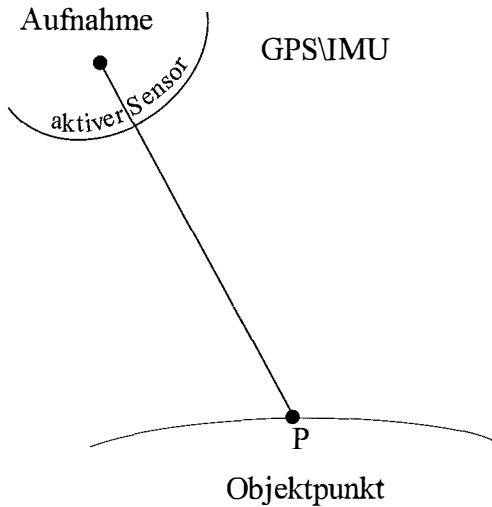


Abb. 2: Grundprinzip des Laserscannings

Im nächsten Abschnitt werden die für den Vergleich der digitalen Geländemodelle aus Photogrammetrie und Laserscanning verwendeten Datensätze aus dem Gebiet des im nördlichen Niederösterreich gelegenen Pulkautals vorgestellt. Die nachfolgenden Analysen wurden großteils der am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (I.P.F.) der Technischen Universität Wien verfassten Diplomarbeit „Vergleich digitaler Geländemodelle aus Laserscanning und Photogrammetrie“ entnommen [2].

2. Projekt Pulkautal

Im Rahmen eines Hochwasserprojekts im Pulkautal, das im Auftrag der niederösterreichischen

Landesregierung durchgeführt wurde, erfolgte im Jahr 1998 eine photogrammetrische Aufnahme. Im Jahr 2001 wurde zur Erprobung der Leistungsfähigkeit von flugzeuggetragenen Laserscanning von der Firma Geoconsult ZT GmbH in einem Teilbereich der photogrammetrischen Aufnahme eine Laserscanner-Befliegung initiiert (Abb. 3). In Abb. 7a wird ein Ausschnitt aus dem Orthophoto des Pulkautals gezeigt, der in weiterer Folge zur Visualisierung der Untersuchungen der analytischen photogrammetrischen Auswertung und der Laserscanner-Daten verwendet wird.

a) Photogrammetrie

Bei der photogrammetrischen Aufnahme wurden 117 Luftbilder in einem Bildmaßstab von 1:7500 erfolgen. Am I.P.F. erfolgte eine Bündelblockausgleichung und anschließend eine analytische photogrammetrische Auswertung, bei der Massenpunkte in einem 25m-Raster, markante Höhenpunkte, Geländekanten und Formlinien gemessen wurden (Abb. 7b) [4]. Zu Testzwecken wurde in einem kleinen Gebiet (Abb. 8a) auch eine digitale Auswertung mit dem Programm MATCH-T der Firma INPHO durchgeführt. Diese Methode ist allerdings nur in sehr gut texturierten Bereichen erfolgreich. In der Abb. 8b ist die direkt aus der automatischen Bildzuordnung stammende Punktwolke dargestellt.

b) Laserscanning

Die Laserscanner-Befliegung fand in einem Teilbereich der photogrammetrischen Aufnahme statt, dabei wurde das Gebiet in 12 Streifen er-

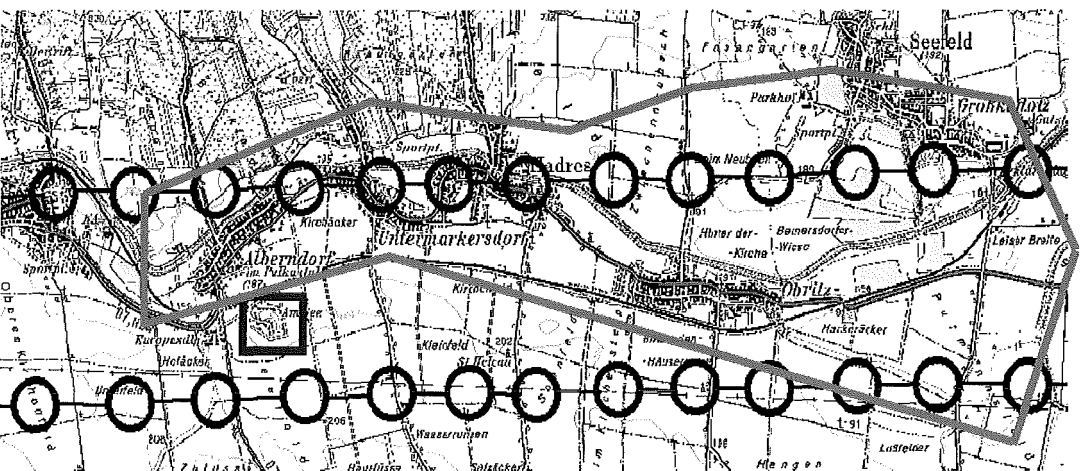


Abb. 3: Projektgebiet Pulkautal [3] - Aufnahmezentren der photogrammetrischen Aufnahme (schwarz), Gebiet des DGMs aus der digitalen Photogrammetrie (blau), Gebiet des Laserscanner-DGMs (rot)

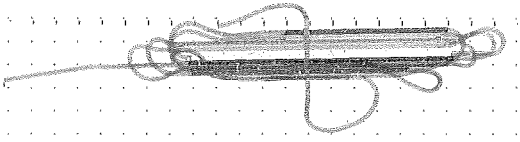


Abb. 4: Streifenübersicht der Laserscanner-Befliegung, in den nicht-roten Bereichen werden Daten aufgenommen, die roten Bereiche stellen Flugmanöver dar

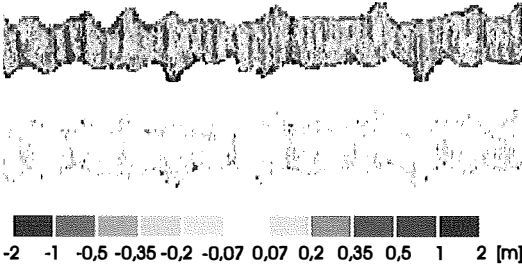


Abb. 5: Differenzenmodell der Laserscanner-Streifen Nr. 10 und Nr. 11 vor der simultanen Höheneinpassung (oben) und Differenzenmodell der gleichen Laserscannerstreifen nach der simultanen Höheneinpassung (unten)

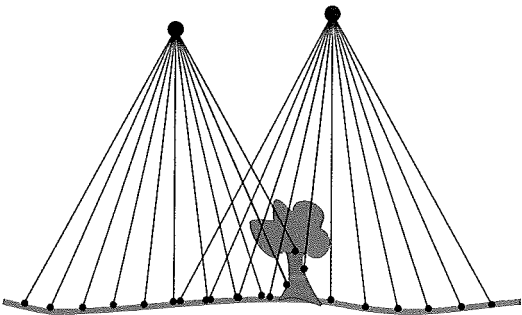


Abb. 6: Schattenbildungen am Rand von Laserscanner-Streifen

fasst (Abb. 4). Zur Datenerfassung wurde der Laserscanner ALTM 2025E der Firma Optech verwendet, der die Aufzeichnung des ersten und letzten Impulses des reflektierten Laserstrahls ermöglicht. Zur Erstellung eines digitalen Geländemodells ist die Messung des letzten Impulses sehr wichtig, da dieser in Gebieten mit hoher Vegetation meist an der Erdoberfläche reflektiert wird. Laserscanner-Daten weisen eine hohe Nachbarschaftsgenauigkeit auf, zwischen den einzelnen Laserscanner-Streifen treten allerdings nicht zu vernachlässigende Höhenunterschiede auf, was anhand von Differenzenmodellen in den Überlappungsgebieten der Flugstreifen nachgewiesen werden kann (Abb. 5 oben). Wünschenswert wäre als Ergebnis des Differenzen-

modells ein normal verteiltes Rauschen um die Farbe Weiß. Erreichbar ist dieses Ziel durch Schatteneffekte, die durch Vegetation und Gebäude verursacht werden, am Laserscanner-Streifenrand vor allem bei Verwendung eines großen Scan-Winkels nicht ganz, da die Klassifikation der Punktwolke eines einzelnen Laserscanner-Streifens in Bodenpunkt und Nicht-Bodenpunkte bei Hindernissen direkt am Streifenrand fehlschlägt (Abb. 6). Die Differenzen in Nord-Süd-Richtung sind auf den so genannten Scan-Lag, das ist ein Synchronisierungsfehler zwischen Richtungs- und Distanzmessung, zurückzuführen, der bei dieser Laserscanner-Befliegung unerwarteterweise aufgetreten ist. Zur Steigerung der Genauigkeit wurde deshalb eine simultane Höheneinpassung (siehe Artikel von Herrn Dr. Kager in diesem VGI-Heft) durchgeführt, wodurch sich die Höhengengenauigkeit wesentlich verbesserte (Abb. 5 unten). Es ist allerdings anzumerken, dass die in Abb. 5 oben sichtbaren und mit sehr großen Fehlern (aufgrund des Umkehrprozesses des Ablenkspiegels) behafteten Randpunkte der Laserscanner-Streifen eliminiert wurden.

3. Berechnung der Geländemodelle

Die Erstellung des digitalen Geländemodells (DGMs) aus der analytischen photogrammetrischen Auswertung erfolgte mit der im Programm SCOP++ implementierten Interpolation nach den kleinsten Quadraten [5]. Wichtig dabei ist, dass



Abb. 7a: Orthophoto eines Teilgebiets des DGMs aus analytischer photogrammetrischer Auswertung und des Laserscanner-DGMs

die analytische photogrammetrische Auswertung ohne weitere Zwischenschritte direkt verwendet werden kann. Eine Schummerung des DGMs ist in Abb. 7c dargestellt. Bei Laserscanner-Daten und Daten aus der digitalen photogrammetrischen Auswertung muss vor der Interpolation eine Klassifikation der Punktwolke in Bodenpunkte und Nicht-Bodenpunkte erfolgen. Dafür wurde die ebenfalls im Programm SCOP++ implementierte hierarchische robuste Interpolation verwendet (siehe Kraus, VGI 1/1997, und Briese, Belada und Pfeifer, VGI 2/2001) [5]. Die Schummerung des DGMs aus La-

aserscanner-Daten ist in Abb. 7d ersichtlich, die der digitalen photogrammetrischen Auswertung in Abb. 8c.

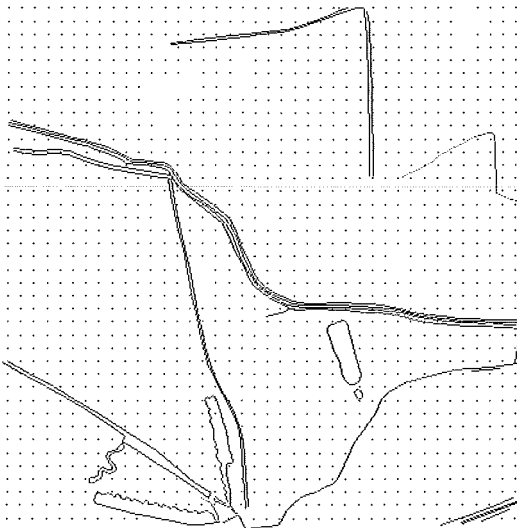


Abb. 7b: Analytische photogrammetrische Auswertung

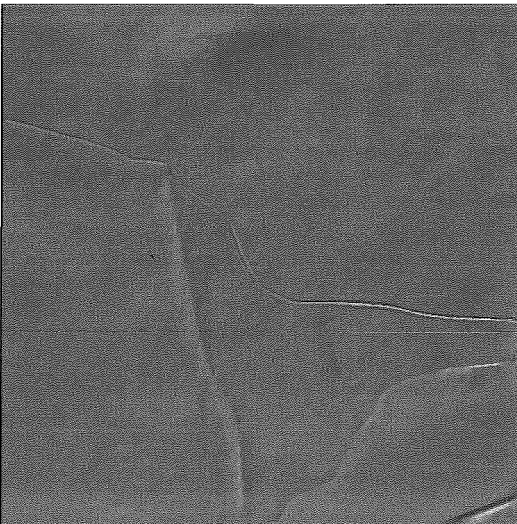


Abb. 7c: Schummerung des DGMs aus analytischer photogrammetrischer Auswertung



Abb. 7d: Schummerung des Laserscanner-DGMs

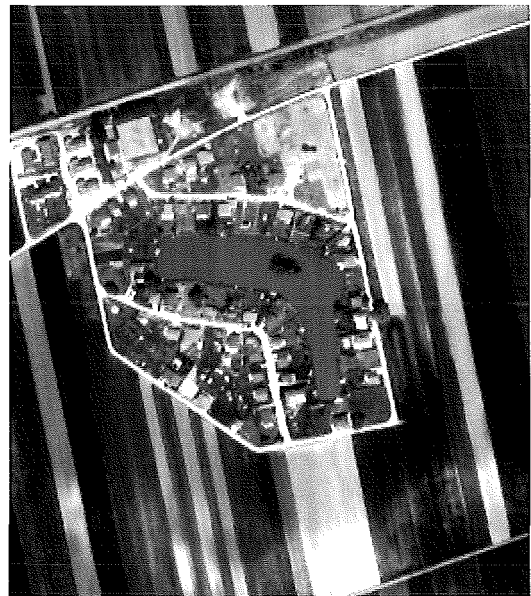


Abb. 8a: Orthophoto des Gebiets des DGMs aus digitaler photogrammetrischer Auswertung

4. Analyse der Daten

Die Güte eines DGMs hängt zum Großteil von den dafür erfassten Daten ab. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wird in diesem Abschnitt die Datendichte behandelt und eine Abstandskarte gezeigt. Für die Analyse der analyti-

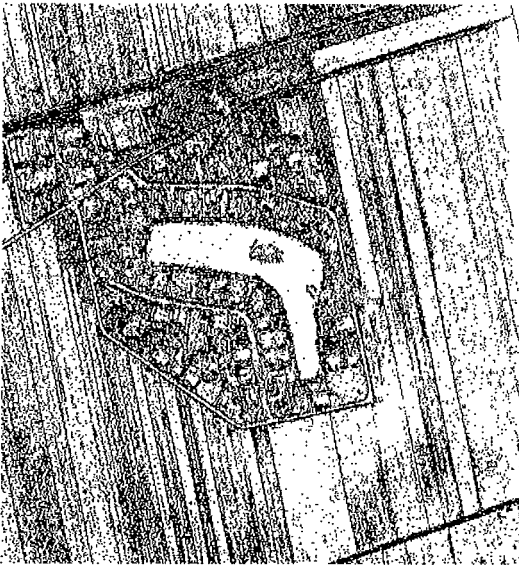


Abb. 8b: Punkte der digitalen photogrammetrischen Auswertung

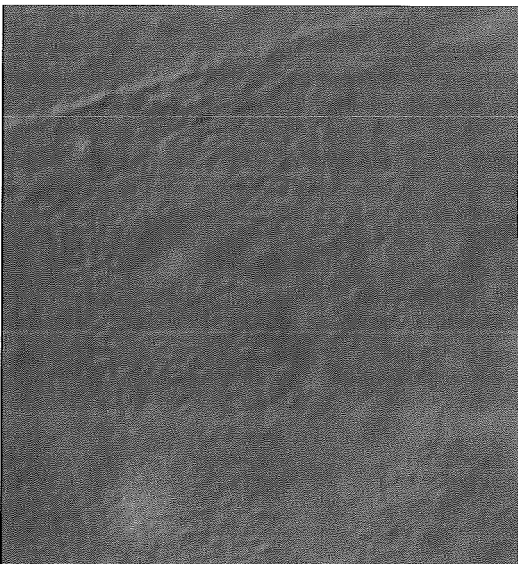


Abb. 8c: Schummerung des DGMs aus digitaler photogrammetrischer Auswertung

schen photogrammetrischen Auswertung und der Laserscanner-Daten wurde das Gebiet von Abb. 7a, bei der digitalen photogrammetrischen Auswertung das Gebiet von Abb. 8a verwendet.

a) Datendichte

Die Berechnung und Visualisierung der Dichteverhältnisse der Daten aus der analytischen pho-

togrammetrischen Auswertung erfolgte in sogenannten Analyseeinheiten von 625 m^2 , weil dadurch sichergestellt sein sollte, dass in jeder Analyseeinheit zumindest ein Massenpunkt gemessen wurde (Die Rasterweite des Digitizers betrug – wie bereits erwähnt – 25 m). Die im Gebiet von Abb. 9 maximal vorkommende Anzahl von Punkten in einer Analyseeinheit beträgt 13 (dunkelbraun), was einer Dichte von $0,021 \text{ Punkten/m}^2$ entspricht. In manchen Analyseeinheiten konnte aufgrund von Gebäuden kein Punkt gemessen werden (weiß). Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass im Großteil der Analyseeinheiten eine verhältnismäßig geringe Punktdichte vorhanden ist (hellgrün), und zwar eine Dichte von maximal $0,0035 \text{ Punkten/m}^2$, was bis zu zwei Punkten pro Analyseeinheit entspricht. Eine größere als die minimale Dichte in einzelnen Analyseeinheiten wird durch Geländekanten, Formlinien und zusätzlich gemessene markante Höhenpunkte erreicht.

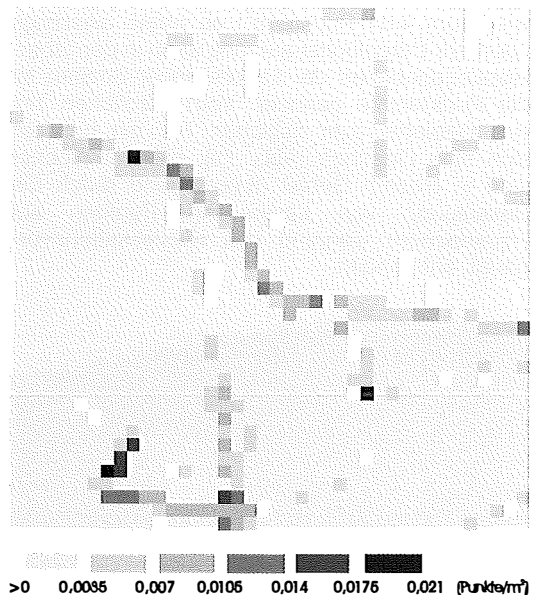


Abb. 9: Dichtemodell der analytischen photogrammetrischen Auswertung im Gebiet von Abb. 7a

Zur Veranschaulichung der Datendichte der Laserscanner-Daten wurde als Größe der Analyseeinheiten 25 m^2 gewählt. Es wurde sowohl die unklassifizierte Punktwolke untersucht, als auch die aus der Klassifikation stammenden Bodenpunkte. Abb. 10 zeigt die Dichte der nicht klassifizierten Laserscanner-Daten. Die in diesem Fall maximal vorkommende Dichte in einer Analyseeinheit beträgt $4,64 \text{ Punkte/m}^2$ (dunkelbraun), was einer maximalen Punktzahl von 116 in

einer Analyseeinheit entspricht. Diese hohe Punktzahl wurde allerdings nur an den Rändern der Überlappungsgebiete der Laserscanner-Flugstreifen erreicht, die in der Abbildung deutlich erkennbar sind. Am Rand eines Laserscanner-Streifens ist allerdings die Anzahl der Bodenpunkte in den Laserscanner-Daten geringer, da – wie bereits erwähnt – Vegetation und Bauwerke, einen größeren Schatten werfen, in dem keine Bodenpunkte gemessen werden können (Abb. 6). Je größer der Scan-Winkel ist, desto stärker tritt dieses Problem in Erscheinung. Im Großteil des Gebiets erreicht die Dichte einen Wert von bis zu 0,77 Punkten/m² (hellgrün). Deutlich sichtbar sind Datenlöcher (weiß), die vor allem im südlichen Teil des dargestellten Gebietes aufgrund von gerichteter Reflexion beziehungsweise Absorption des Laserstrahls über stehenden Gewässern entstanden sind. In Abb. 11 werden die Dichteverhältnisse der klassifizierten Bodenpunkte dargestellt. Die maximale Punktdichte in einer Analyseeinheit beträgt wiederum 4,64 Punkte/m²; es treten allerdings viel mehr Datenlöcher auf, und auch in den Überlappungsgebieten der Laserscanner-Streifen ist die Punktdichte geringer. Vom nördlichen Teil des Gebietes zum östlichen Teil hin befindet sich eine Ortschaft (Abb. 7a), die Datenlöcher sind in diesem Gebiet überwiegend durch die Beseitigung von Laserscanner-Punkten auf Hausdächern während des Klassifikationsvorgangs entstanden.

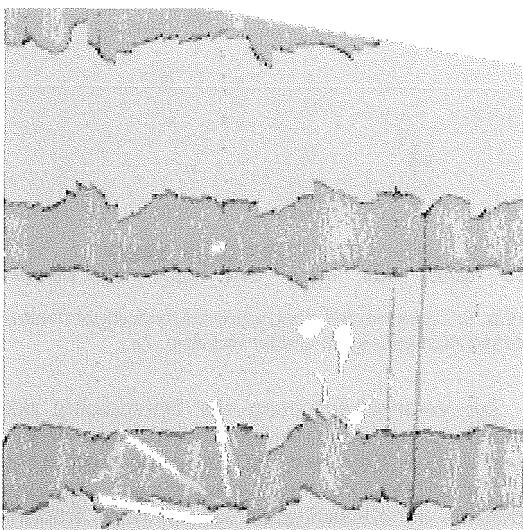


Abb. 10: Dichtemodell der Laserscanner-Punktswolke im Gebiet von Abb. 7a

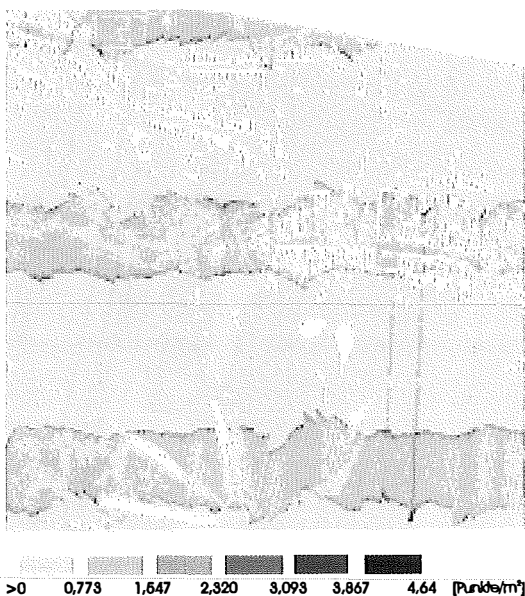


Abb. 11: Dichtemodell der klassifizierten Laserscanner-Bodenpunkte im Gebiet von Abb. 7a

Wie beim Laserscanning wurden bei der Analyse der digitalen photogrammetrischen Auswertung Analyseeinheiten mit einer Größe von 25m² verwendet. Daten aus der digitalen photogrammetrischen Auswertung zeichnen sich durch eine große Punktdichte aus, wenn genügend vergleichbare Merkmale vorhanden sind, das Gebiet also eine reichhaltige Textur aufweist. Allerdings müssen die Punkte aus der digitalen Photogrammetrie einem Klassifikationsvorgang unterzogen werden, aufgrund dessen die Dichte der Bodenpunkte (Abb. 12) deutlich geringer ist als bei den Laserscanner-Daten. Die maximale Punktdichte im Gebiet von Abb. 12 beträgt 0,72 Punkte/m², was 18 Punkten in einer Analyseeinheit entspricht. Es treten allerdings auch große Flächen, in denen keine Punkte durch die automatische Bildzuordnung erzeugt worden sind, auf. Als Beispiele dafür können der Teich in der Bildmitte und Felder ohne Textur genannt werden.

b) Abstandsmaß

Ausgehend von einem regelmäßigen Raster werden die Abstände zu den nächsten gemessenen Punkten berechnet (Abb. 13).

In Abb. 14 wird eine Abstandskarte für die klassifizierten Bodenpunkte der Laserscanner-Daten gezeigt. Dafür wurden eine Gitterweite von 1m und die darunter dargestellte Farbpalette

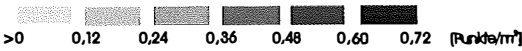
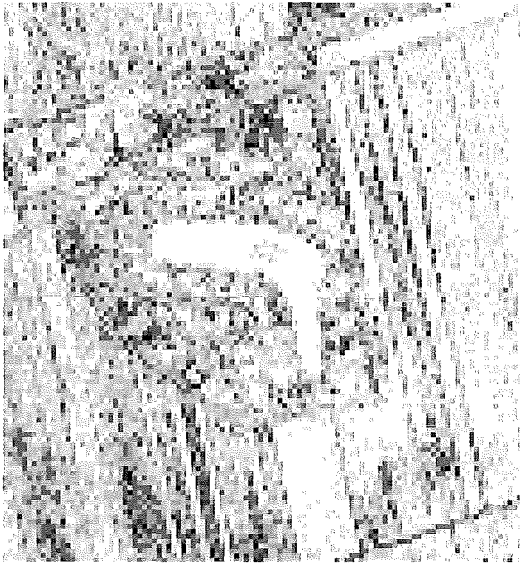


Abb. 12: Dichtemodell der klassifizierten Bodenpunkte aus der digitalen photogrammetrischen Auswertung im Gebiet von Abb. 8a

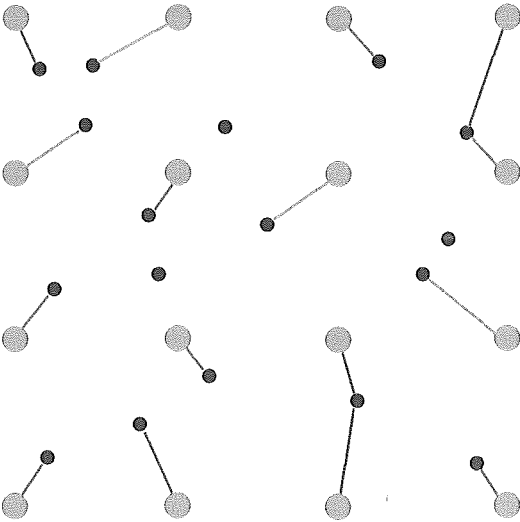


Abb. 13: Berechnung des kürzesten Abstandes der Gitterpunkte (grau) zum nächstgelegenen gemessenen Punkt (schwarz)

verwendet. Es werden Gitterpunkte, deren Abstand zum nächsten gemessenen Punkt maximal 0,5m beträgt, dunkelgrün und Gitterpunkte, deren Abstand zum nächsten gemessenen Punkt mehr als 5m beträgt, dunkelrot dargestellt. Im Bereich der Ortschaft im Norden und Nord-

Osten der Abbildung entstanden, wie bereits oben erwähnt, größere Datenlöcher durch das Beseitigen der Laserscanner-Punkte auf Hausdächern. Hier beträgt der Abstand der Gitterpunkte zum nächstgelegenen gemessenen Punkt teilweise mehr als 5m. Im Bereich dichter Vegetation im Süden und Westen der Abb. 14 (vergleiche Abb. 7a) wurden durch die Aufzeichnung des letzten Impulses während der Laserscanner-Befliegung viele Bodenpunkte gemessen und so ist der Abstand der Gitterpunkte zum nächstgelegenen gemessenen Punkt nach der Beseitigung der Vegetationspunkte maximal 2m (gelb).

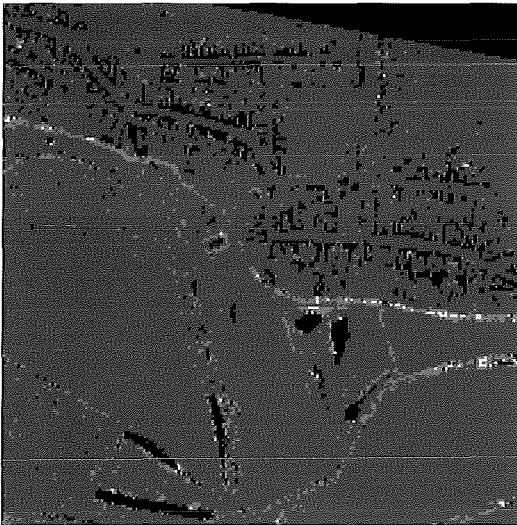


Abb. 14: Abstandskarte der klassifizierten Laserscanner-Bodenpunkte im Gebiet von Abb. 7a

5. Analyse der Geländemodelle

Eine Möglichkeit, ein Geländemodell mit der ursprünglichen Punktwolke zu vergleichen, ist die Berechnung des *root mean square errors* (RMS) in den jeweiligen Analyseeinheiten. In Abb. 15 wird der RMS der klassifizierten Laserscanner-Bodenpunkte im Gebiet von Abb. 7a und des daraus berechneten DGMS in Analyseeinheiten von 25m² visualisiert. Das Ergebnis ist großteils sehr gut, nur im Bereich von im Gelände auftretenden Kanten tritt ein RMS von mehr als ± 10 cm auf. Diesem Umstand kann man durch die Ableitung von Geländekanten in den Laserscanner-Daten begegnen, woran am I.P.F. intensiv gearbeitet

wird. Aus dem Histogramm in Abb. 16, das die Residuen der klassifizierten Bodenpunkte im Bereich der Abb. 7a zeigt, ist ersichtlich, dass über 90% der klassifizierten Bodenpunkte im Bereich von $\pm 10\text{cm}$ um das aus ihnen berechnete Geländemodell liegen.



0 0,1 0,2 0,3 >0,5 [m]

Abb. 15: Modell des RMS der klassifizierten Laserscanner-Bodenpunkte bezogen auf das aus ihnen berechnete DGM im Gebiet von Abb. 7a

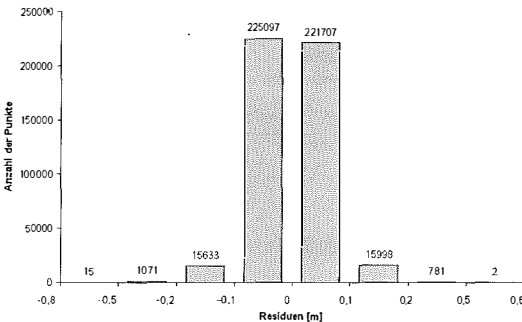
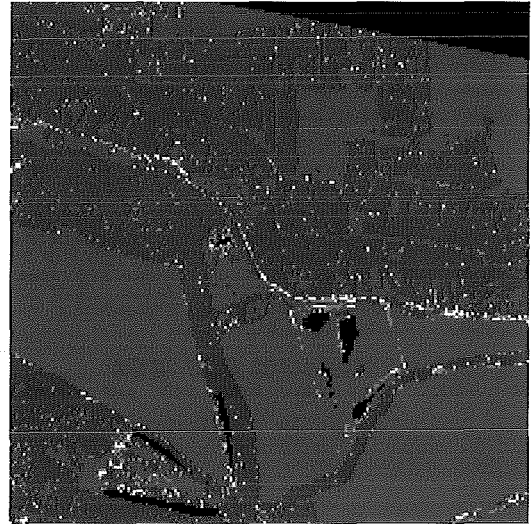


Abb. 16: Histogramm der Residuen der klassifizierten Laserscanner-Bodenpunkte bezogen auf das aus ihnen berechnete DGM im Gebiet von Abb. 7a

Die Gebiete mit starkem Bewuchs oder Bebauung sind hingegen in Abb. 17 deutlich erkennbar (rot). Hierbei wird der RMS der ursprünglichen Laserscanner-Punktwolke und des aus den klassifizierten Bodenpunkten berechneten Geländemodells in Analyseseinheiten von 25m^2 gezeigt. Die in Abb. 17 dunkelrot darge-

stellten Gebiete weisen einen RMS von mehr als $\pm 0,5\text{m}$ auf. Das Histogramm in Abb. 18 weist durch die Anzahl der ursprünglichen Laserscanner-Punkte, die oberhalb des DGMS in einem Bereich von 1m bis 25m liegen, ebenfalls auf die im Bereich von Abb. 7a vorhandene Vegetation und Bebauung hin.



0 0,1 0,2 0,3 >0,5 [m]

Abb. 17: Modell des RMS der Laserscanner-Punktwolke bezogen auf das mit den klassifizierten Laserscanner-Bodenpunkten berechnete DGM im Gebiet von Abb. 7a

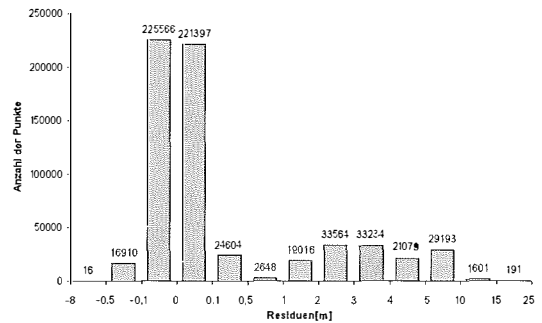


Abb. 18: Histogramm der Residuen der Laserscanner-Punktwolke bezogen auf das mit den klassifizierten Laserscanner-Bodenpunkten berechnete DGM im Gebiet von Abb. 7a

6. Differenzenmodell

Abschließend wird in Abb. 19 ein Ausschnitt aus dem Differenzenmodell des DGMS aus La-

serscanner-Daten und des DGMs aus der analytischen photogrammetrischen Auswertung dargestellt. Auffallend sind die Höhenunterschiede der einzelnen photogrammetrischen Modellbereiche, die aufgrund von kleinen Restfehlern in der absoluten Orientierung der Stereomodelle entstanden sind. Die im Differenzenmodell ersichtlichen Kleinformen in den Feldern stammen aus den Laserscanner-Daten (man vergleiche die Abbildungen 7c und 7d). Die oft fehlende Textur in den Feldern beeinträchtigt die photogrammetrische Messung. Die ebenfalls sichtbaren Geländekanten sind auf die analytische photogrammetrische Auswertung zurückzuführen. Im photogrammetrischen DGM ist auch die Flusssohle, die terrestrisch erfasst wurde, eingearbeitet. Zu beachten sind auch hier die in Nord-Süd Richtung verlaufenden kleinen Differenzen, die auf den bereits oben erwähnten Scan-Lag zurückzuführen sind.

ein Operateur für die Messungen geeignete Stellen auswählt, relativiert sich die große Dichte der automatischen Methoden wieder. Die Interpolation nach kleinsten Quadraten, ob direkt auf die analytische photogrammetrische Auswertung oder iterativ in der hierarchischen robusten Variante auf die Lasermessung und Messungen der digitalen Photogrammetrie angewandt, ist bestens zur Wiedergabe der Geländeoberfläche geeignet.

Bei der Entscheidung, auf welche der erwähnten Methoden der Datenerfassung zur Erstellung eines DGMs man zurückgreifen soll, stellt sich die Frage, mit welcher Qualität die Oberfläche dargestellt werden soll. Ist man an einem Überblick interessiert, so genügt eine analytische photogrammetrische Auswertung mit einem groben Raster und das manuelle Digitalisieren der wichtigsten Geländekanten. Wünscht man aber eine sehr detaillierte Beschreibung der Ge-

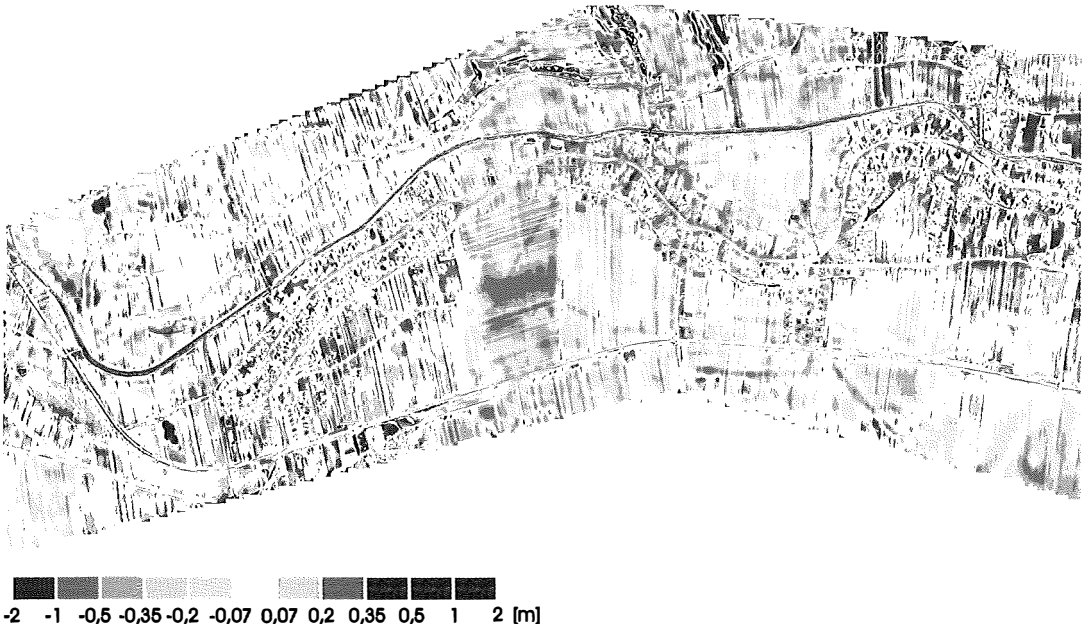


Abb. 19: Ausschnitt aus dem Differenzenmodell des Laserscanner-DGMs und des DGMs aus der analytischen photogrammetrischen Auswertung

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Dichte der Laserscanner-Daten und der Daten aus digitaler photogrammetrischer Auswertung ist bedeutend höher als die der analytischen photogrammetrischen Auswertung. Bedenkt man allerdings die Tatsache, dass bei der analytischen photogrammetrischen Auswertung

ländeoberfläche, ist der Einsatz von Laserscanning sicherlich wirtschaftlicher. Inwieweit es gelingen wird, die Geländekanten aus den Laserscanner-Daten effizient abzuleiten, wird die Entscheidung zugunsten des Laserscannings entscheiden. Auch die starke Wetterabhängigkeit der Photogrammetrie ist bei der Entscheidung ein Thema, manchmal fehlt die Zeit, um auf

schönes Wetter zu warten. Ist man allerdings zusätzlich auch an Bildinformation interessiert, zum Beispiel zur Orthophoto-Erzeugung, ist die analytische Photogrammetrie im Vorteil, gegebenenfalls kommt auch eine Unterstützung durch die digitale photogrammetrische Auswertung in Frage. Mittelfristig wird die Zusammenführung von Laserscanning und Photogrammetrie die Vorteile beider Methoden vereinen.

Es besteht die Möglichkeit, aus der Dichtedichte, dem Abstand zum nächstgelegenen Punkt, den Krümmungsverhältnissen und dem Abstand des Geländemodells von den Messungsdaten die Höhengenaugkeit der Interpolationspunkte unabhängig von der verwendeten Interpolationsmethode abzuleiten. Eine diesbezügliche Veröffentlichung ist am I.P.F. in Vorbereitung. Die Qualitätsmaße zum DGM werden das Vertrauen in die DGM-Technologie weiter verbessern.

Danksagung

Das Projekt wird vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziell unterstützt (Projekt Nr. 15789).

Die Autoren bedanken sich bei Dr. Martin Kerscher, Dipl.-Ing. Gottfried Mandlbauer und Dr. Norbert Pfeifer, die die methodischen und programmtechnischen Voraussetzungen für die Analyse der DGM geschaffen haben.

Literatur

- [1] *Kraus, K.*: Laser-Scanning – Ein Paradigma-Wechsel in der Photogrammetrie, in: Eckhardt Seyfert (Hrsg.), Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Band 10, Konstanz, 2001, S. 13–22, und in: Geomatik Schweiz, VPK 10/2002, S. 620ff
- [2] *Attwenger, M.*: Vergleich digitaler Geländemodelle aus Laserscanning und Photogrammetrie, Diplomarbeit am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität Wien, 2003
- [3] *ÖK200 des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen (BEV)*: Ausschnitt aus der Austrian Map, Version 1.0, 1999
- [4] *Wurmsdobler, K.*: Einsatz eines digitalen Geländemodells für Hochwassersimulationen, Diplomarbeit am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität Wien, 1999
- [5] *Produktbeschreibung SCOP++*: <http://www.ipf.tuwien.ac.at/products/produktinfo/scop> und Firma INPHO: <http://www.inpho.de>, [Zugriff: 18.12.2003]

Adresse der Autoren

Maria Attwenger und Christian Brieser:
Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung –
I.P.F., TU Wien, Gusshausstraße 27–29, A-1040 Wien.
email: ma@ipf.tuwien.ac.at bzw. cb@ipf.tuwien.ac.at