
Abschlussbericht TransMiT

Teil B

Strategiekomponente B.I Qualitätsbasierte Trennentwässerung

B 5.1 DGM-Erstellung und Oberflächentypen-Klassifizierung

Autoren:

Yu Feng, Udo Feuerhake, Monika Sester

Institut für Kartographie und Geoinformatik, Leibniz Universität Hannover

Kurzbeschreibung des Einzelkapitels

Eine detaillierte Datengrundlage ist eine wesentliche Voraussetzung für die Identifizierung und Entwicklung von oberflächigen Ableitungswegen. Die Erstellung einer solchen kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen. In diesem Kapitel wird die Erstellung eines digitalen Geländemodells unter Verwendung eines Mobile Mapping-Systems beschrieben. Zudem werden darin enthaltenen Oberflächen mit Hilfe von Verfahren des Maschinellen Lernens in verschiedene Oberflächentypen klassifiziert, die ebenfalls einen Einfluss auf das Fließverhalten des Wassers besitzen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 DGM-Erstellung und Oberflächentypen-Klassifizierung.....	7
1.1 Erfassung mittels Mobile Mapping Systems	7
1.2 Digitale Geländemodellierung.....	9
1.3 Karte der Oberflächenrauigkeit.....	10
Literaturverzeichnis	12

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 4-1-1: Das verwendete Mobile Mapping System
- Abbildung 4-1-2: Die zwei Pilotgebiete - Hildesheimer Hafen (links oben) und Neustädter Markt (rechts unten).
- Abbildung 4-1-3: Die erfassten Punktwolken um den Neustädter Markt in Hildesheim
- Abbildung 4-1-4: Der Prozess der Erstellung hochauflösender DGM (Feng et al. 2018)
- Abbildung 4-1-5: Mit dem mobilen Mapping erfasste Bodenpunkte (links) und die Bodenoberfläche nach der Fusion (rechts)
- Abbildung 4-1-6: Schächte in Neustädter Markt in Hildesheim
- Abbildung 4-1-7: Ergebnis der Klassifizierung der Geländeoberfläche (Asphalt, Pflastersteine, Gras, Bordsteinkante) für die Neustadt in Hildesheim

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1-1: Höhenunterschiede zwischen den Schächten und den Geländemodellen

Abkürzungsverzeichnis

ALS	Airborne Laser Scanning
GNSS	Global navigation satellite system
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen
MMS	Mobile Mapping System
SAPOS	Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung

1 DGM-Erstellung und Oberflächentypen-Klassifizierung

Digitale Geländemodelle (DGM) sind wesentliche Eingangsdaten für die Modellierung des Oberflächenabflusses.

Derzeit werden viele DGM-Produkte durch Airborne Laser Scanning (ALS) erzeugt. Allerdings ist die Auflösung der endgültigen DGM-Produkte wird jedoch nicht nur durch die Genauigkeit des Scanners, sondern auch durch die Flughöhe begrenzt. In Städten mit dichten Wohngebieten und vielen Überführungen kommt es zu Verdeckungen, und es ist schwierig, mit ALS sehr dichte Messungen am Boden zu erzielen. Die vom Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) bereitgestellten DGMs haben eine Auflösung von 1 m. Diese Auflösung ist daher für eine detaillierte Oberflächenabflussmodellierung nicht ausreichend.

Mobile Mapping als effizientes Vermessungsinstrument kann als zusätzliche Informationsquelle genutzt werden, um die Auflösung von DTMs in städtischen Gebieten zu verbessern.

1.1 Erfassung mittels Mobile Mapping Systems

Das Mobile Mapping System (MMS) Riegl VMX-250 (Riegl 2022) wurde in diesem Forschungsprojekt eingesetzt (s. Abbildung 4-1-1). Es enthält zwei Riegl VQ-250 Laserscanner, die 600.000 Punkte pro Sekunde messen können. Positionen und Orientierungen werden durch GNSS und IMU bereitgestellt, die durch die von SAPOS (SAPOS Service 2022) in Niedersachsen bereitgestellten Referenzdaten korrigiert werden.



Abbildung 4-1-1: Das verwendete Mobile Mapping System

Für dieses Forschungsprojekt wurden zwei Pilotgebiete - „Neustädter Markt“ und „Hildeheimer Hafen“ (Abbildung 4-1-2) - mit diesem System vermessen.



Abbildung 4-1-2: Die zwei Pilotgebiete - Hildesheimer Hafen (links oben) und Neustädter Markt (rechts unten).

Aufgrund von GNSS-Fehlern und Problemen mit dem Schleifenschluss wurden die Anpassungen nach der Methode der *strip adjustment* (Brenner 2016) durchgeführt. Ein Beispiel für die gesammelten und angepassten Punktwolkendaten um den Neustädter Markt in Hildesheim ist in Abbildung 4-1-3 dargestellt. Nach der Ausgleichung stehen die Punktwolken mit einer Genauigkeit im cm-Bereich zur Verfügung.

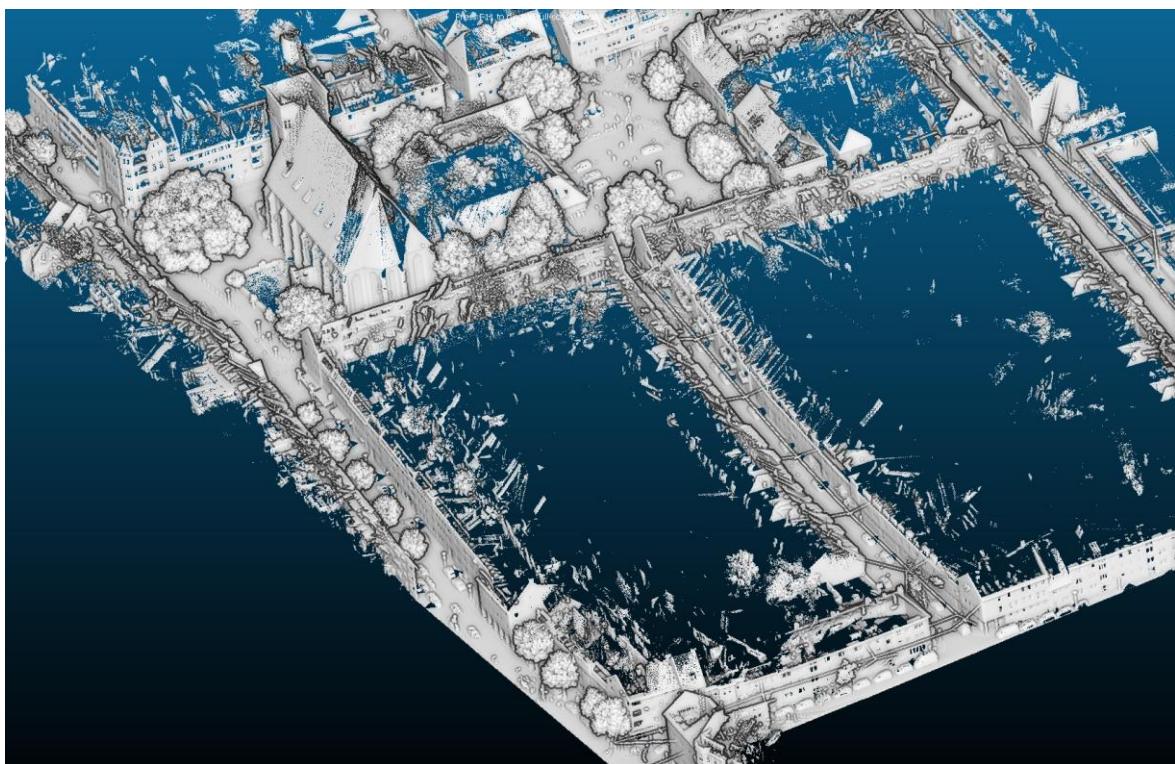


Abbildung 4-1-3: Die erfassten Punktwolken um den Neustädter Markt in Hildesheim

1.2 Digitale Geländemodellierung

Die für die Erstellung des DGM verwendete Prozess ist in Abbildung 4-1-4 zusammengefasst. Nach dem Anpassen der Scan-Streifen (i) wurden diese in 25m x 25m großen Kacheln gespeichert. Anschließend wurde eine Bodenfilterung (ii) für jede einzelne Kachel durchgeführt, um die reine Bodenfläche zu extrahieren.

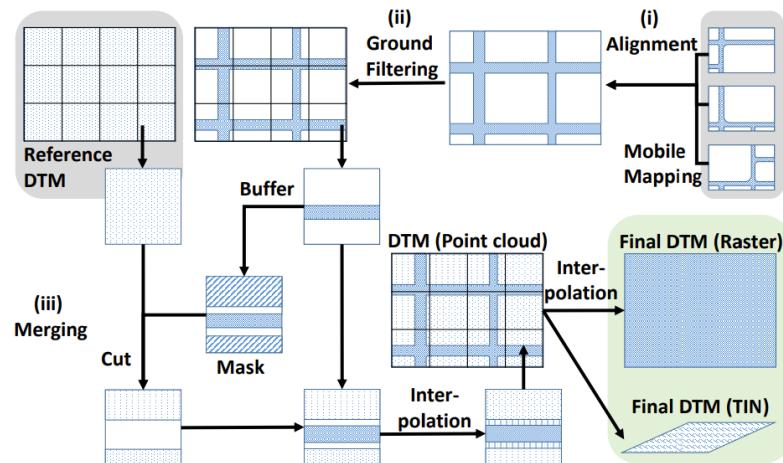


Abbildung 4-1-4: Der Prozess der Erstellung hochauflösender DGM (Feng et al. 2018)

Da das MMS nur einen Bereich von etwa 200 m um die Straßen herum messen kann, ist ein Fusionsschritt (iii) erforderlich, um die Vollständigkeit der Daten zu erreichen. Daher kann ein DGM der LGLN mit geringerer Auflösung verwendet werden, um die für das MMS unzugänglichen Gebiete zu füllen. Um einen fließenden Übergang an den Verbindungsgrenzen von DGMs unterschiedlicher Auflösung zu erreichen, wurde in einem Pufferbereich um das Mobile Mapping DGM interpoliert, um diese Höhenunterschiede anzupassen. Alle Kacheln werden zusammengesetzt, um das endgültige DTM-Produkt zu erstellen. Nähere Informationen zur Methodik befinden sich in (Feng et al. 2018). Beispiele für die originalen Bodenpunkte und die fusionierten Ergebnisse sind in Abbildung 4-1-5 zu sehen.

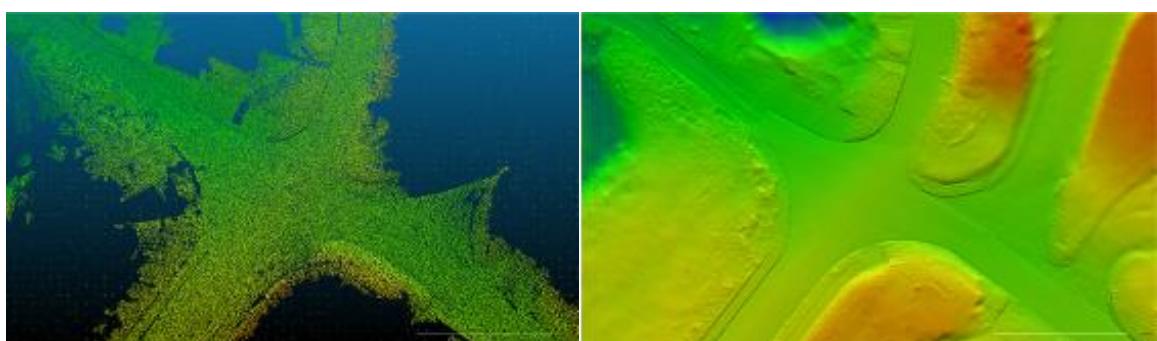


Abbildung 4-1-5: Mit dem mobilen Mapping erfasste Bodenpunkte (links) und die Bodenoberfläche nach der Fusion (rechts)

Um die Qualität der Geländemodelle zu kontrollieren, werden die Höhen der Schächte als Referenz herangezogen. Die räumliche Verteilung der Schächte ist in Abbildung 4-1-6 dargestellt, und die Höhenunterschiede zum ALS-Geländemodell und dem fusionierten

Geländemodell sind in Tabelle 4-1-1 zusammengefasst. Es wird festgestellt, dass eine ähnliche Höhengenauigkeit wie beim ALS erzeugte DGM erreicht wurde, das fusionierte DGM jedoch eine viel höhere Auflösung aufweist.

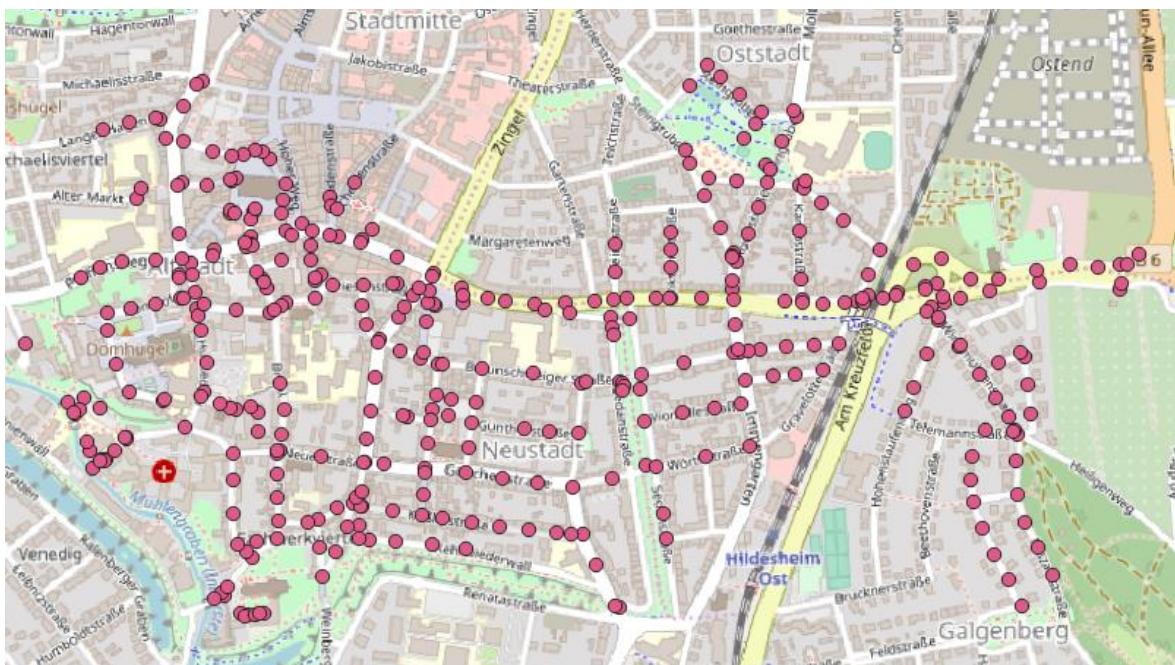


Abbildung 4-1-6: Schächte in Neustädter Markt in Hildesheim

Tabelle 4-1-1: Höhenunterschiede zwischen den Schäften und den Geländemodellen

Vergleich mit Schäften	Mittelwert [m]	Standardabweichung [m]
ALS-Geländemodell (0.5m)	0.0137	0.0873
Fusioniertes Geländemodell	0.0098	0.0894

1.3 Karte der Oberflächenrauigkeit

Die gegebenen Oberflächenrauigkeiten besitzen einen Einfluss auf das Fließverhalten des Wassers. Basierend auf dem entstandenen DGM wird eine Methode zur Klassifizierung der Geländeoberfläche in vier Rauigkeitstypen entwickelt, darunter Asphalt, Pflastersteine, Gras und Bordsteinkanten (vgl. Abbildung 4-1-7).

Der Rauheitsdeskriptor besteht aus mehreren lokalen geometrischen Merkmalen, einschließlich der Standardabweichung des Punktabstands, der Omnivarianz, der Oberflächenvarianz, der normalen Krümmungsänderungsrate, der Standardabweichung der Omnivarianz und der Standardabweichung des Normalvektors in der Z-Achse. Zusätzlich wurde auch das Abstandshistogramm berechnet, wobei der Abstand die Distanz der Punkte innerhalb eines bestimmten Radius zur angepassten Ebene ist, um die Punktverteilung innerhalb eines bestimmten Radius zu beschreiben.

Die Merkmale werden berechnet und dann mit Techniken des maschinellen Lernens – hier: Random Forest klassifiziert. Der micro-F1-Score des Klassifikators für die Trainingsdaten liegt bei 88,6 % und für die Testdaten bei 78,3 %. Um das Ergebnis glatter und konsistenter zu machen, verwenden wir Conditional Random Field (CRF), um das vorhergesagte Ergebnis nachzubearbeiten, und nehmen die benachbarten Kacheldaten, um den

Randeffekt zu eliminieren. Die Micro-F1-Score für das Testsample nach der Nachbearbeitung erreicht 84,7 %. Angewandt auf ein größeres Gebiet beträgt der Micro-F1-Score 82,9 %.

Die Rauigkeitstypenkarten können so für beide Pilotgebiete wie Abbildung 4-1-7 erstellt werden. Abbildung 4-1-7 zeigt exemplarisch die Untergrundrauigkeiten für das Gebiete Neustädter Markt.



Abbildung 4-1-7: Ergebnis der Klassifizierung der Geländeoberfläche (Asphalt, Pflastersteine, Gras, Bordsteinkante) für die Neustadt in Hildesheim

Literaturverzeichnis

Brenner, C., 2016. Scalable estimation of precision maps in a mapreduce framework. In: Proceedings of the 24th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, GIS '16, ACM, New York, NY, USA, pp. 27:1–27:10.

Feng, Y., Brenner, C., & Sester, M. (2018). Enhancing the resolution of urban digital terrain models using mobile mapping systems. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences IV-4/W6 (2018), 4, 11-18.

Riegl VMX-250 Data Sheet.

http://www.riegl.com/uploads/ttx_pxpriegldownloads/10_DataSheet_VMX-250_20-09-2012.pdf (aufgerufen am 15.03.2022)

SAPOS Service.

https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/geodaten_karten/geodatische_grundlagennetz/sapos/sapos-services-und-bereitstellung-143814.html (aufgerufen am 15.03.2022)