

Airborne Laserscanning in küstennahen Vegetationsgebieten - Fehlerabschätzung und Klassifizierungsansätze

Jens Göpfert

Leibniz Universität Hannover, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation

Für die im Küstenschutz tätigen Behörden sind genaue, zuverlässige und flächendeckende Höheninformationen eine der wichtigsten Datengrundlagen in ihrer täglichen Arbeit. So werden digitale Geländemodelle (DGM) für verschiedene Anwendungen, wie beispielsweise Massenberechnungen für Deiche und Dünen oder Überflutungssimulationen zur Gefahrenabschätzung, benötigt. Mit Hilfe des Airborne Laserscannings können diese Höheninformationen mit relativ geringem Zeitaufwand für größere Bereiche generiert werden. Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der aufgenommenen 3D-Punkte hängt dabei stark von der jeweiligen Bodenbedeckung ab. So beeinflussen die unterschiedlichen Vegetationsarten, die im Gebiet der deutschen Nordseeküste auftreten, diese Kriterien. Eine korrekte Entfernungsbestimmung zwischen Scanner und Geländeoberfläche kann prinzipiell nur gewährleistet werden, wenn der Laserstrahl ohne Beeinflussung durch die Vegetation den Erdboden erreicht. Dies ist aber in Anbetracht des Messfleckdurchmessers herkömmlicher Systeme (0,25-1m bei einer Flughöhe von 500-1000m) und typischer Vegetationsdichten im Küstenbereich nicht zu realisieren. Zudem bedingt das Aufnahmeverfahren trotz festem Scannmuster eine im globalen Bezugssystem zufällige Verteilung der Laserpunkte. Deswegen ist die Interaktion des Laserstrahles mit den verschiedenen Schichten der Vegetation bei der Auswertung der Daten zu berücksichtigen. Bei niedriger Vegetation (Pflanzenhöhe unterhalb der Entfernungsauflösung des Laserscanners) oder geringerer Vegetationsdichte (Teildurchdringung des Laserstrahles) enthält das letzte Echo des Pulses häufig ein gemischtes Signal aus Reflektionen am Boden und in der Vegetation. Dagegen können sehr dichte und hohe Populationen Echos erzeugen, die komplett in der Vegetation reflektiert wurden. In beiden Fällen wird ein Großteil der Energie des Laserpulses oberhalb der Geländeoberfläche zurückgestreut und die Strecke zwischen Scanner und Boden wird zu kurz bestimmt. Die gemessenen 3D-Laserpunkte, welche sich in Vegetationsbereichen befinden, weisen dementsprechend bezüglich der wahren Geländeoberfläche häufig einen positiven Höhenversatz auf. Um diese so genannten Vegetationspunkte aus den Daten zu entfernen, wurden verschiedene Filteralgorithmen entwickelt, die zumeist geometrische Bedingungen, wie Neigung und Höhendifferenzen benachbarter Punkte, nutzen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die niedrigeren Laserpunkte in einem definierten Einflussbereich den Boden repräsentieren. Innerhalb der dichten Vegetation im Küstenbereich sind aber für die Filterung generell nur wenige Bodenpunkte in den Laserdaten vorhanden. Weiterhin befinden sich die Pflanzenpopulationen oft in Mulden, so dass die umliegenden Bodenpunkte höher als die Vegetationspunkte sind. Diese Aspekte führen häufig zu einem Versagen der Filteralgorithmen und somit zu fehlerhaften Geländemodellen.

Der auftretende Höhenversatz in den Daten sollte in der ersten Phase des Teilprojektes für verschiedene Vegetationsarten anhand von Kontrollmessungen untersucht werden. Ziel der zweiten Phase war es, die Vegetationsbereiche automatisch in den Daten zu erkennen, welche eine geringere Einzelpunktgenauigkeit aufweisen. Abbildung 1 (linke Seite) zeigt den durchschnittlichen Höhenversatz für verschiedene analysierte Vegetationsarten, der sich durch Differenzbildung der terrestrisch bestimmten Höhen mit den Laserdaten ergab. Zusätzlich wurden in Feldstudien Vegetationshöhen und -dichten bestimmt und deren Einfluss auf die Höhengenaugkeit der Laserscannermessungen untersucht. Wurde die Analyse dabei jeweils auf eine einzelne Vegetationsart beschränkt, ergaben sich starke Korrelationen zwischen Vegetationsattributen und dem Höhenversatz (Abbildung 1, rechte Seite). Um diese Abhängigkeiten für eine automatische Klassifizierung der Laserdaten nutzen zu können, müssen die Vegetationsattribute mit Merkmalen aus den Fernerkundungsdaten verknüpft werden. Für die Vegetationshöhe bieten sich die Variationen der z-Koordinaten der Laserpunkte sowie die Unterschiede zwischen erstem und letztem Echo eines Laserpulses an, während die gespeicherten Intensitätswerte der Laserpunkte und die Häufigkeit von Mehrfachechos einen Bezug zur Vegetationsdichte herstellen. Da die Attribute als auch die Merkmale nur für jeweils eine Vegetationsart signifikant sind, wird eine Biotoptypenkartierung genutzt, um den Untersuchungsbereich zu begrenzen.

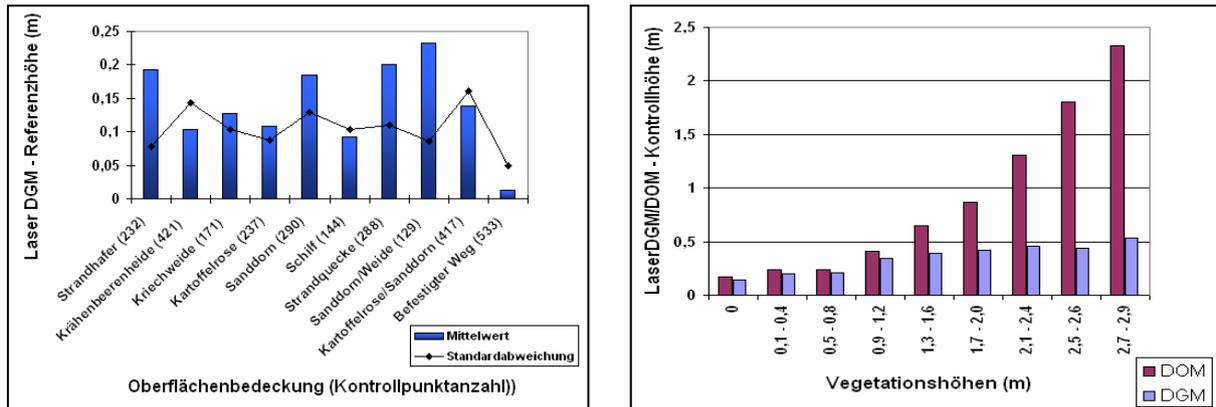


Abbildung 1: Links: Genauigkeit der Laserdaten für unterschiedliche Vegetationsarten; Rechts: Genauigkeit in Abhängigkeit von der Vegetationshöhe für eine Gebüschfläche

Zwei unterschiedliche Methoden wurden am Institut entwickelt, um anhand der Merkmale die Laserdaten in Genauigkeitsbereiche einzuteilen. Der erste Algorithmus basiert auf der überwachten Klassifizierung von homogenen Bereichen, den so genannten Segmenten, die mit Hilfe einer Wasserscheidentransformation des Laserintensitätsbildes erstellt werden. Zur Generierung der Trainingsgebiete werden Differenzmodelle zwischen terrestrischen und Laserdaten berechnet und diese dann mit Hilfe von Schwellwerten in unterschiedliche Genauigkeitsbereiche eingeteilt. Nach der Bestimmung der Merkmale für Trainingsgebiete und die zu klassifizierenden Segmente können die Letztgenannten beispielsweise anhand des geringsten Abstandes der Merkmalsvektoren den jeweiligen Genauigkeitsklassen zugeordnet werden (Abbildung 2, linke Seite). Weisen die Merkmale zum Höhenversatz eine sehr starke Korrelation auf, kann die Genauigkeit mit einer zweiten entwickelten Methode nicht nur für größere Regionen sondern für jeden einzelnen Laserpunkt abgeschätzt werden. Dazu werden die Merkmale des jeweiligen Laserpunktes unter Verwendung seiner Nachbarn berechnet. Danach wird der Höhenversatz für diejenigen Laserpunkte ermittelt, die sich in einem Gebiet mit terrestrischen Kontrollmessungen befinden. In einem nächsten Schritt wird der Höhenversatz über Funktionen mit den Merkmalen verknüpft (Abbildung 2, rechte Seite). Anhand der Parameter der Funktionen und der Merkmale eines jeden Laserpunktes können anschließend die Genauigkeiten geschätzt werden. Die Signifikanz der Merkmale variiert aber für unterschiedliche Scannertypen und Vegetationsarten sehr stark. Somit muss vor jeder Klassifizierung die Aussagekraft der Merkmale überprüft werden, um falsche Schätzungen zu vermeiden.

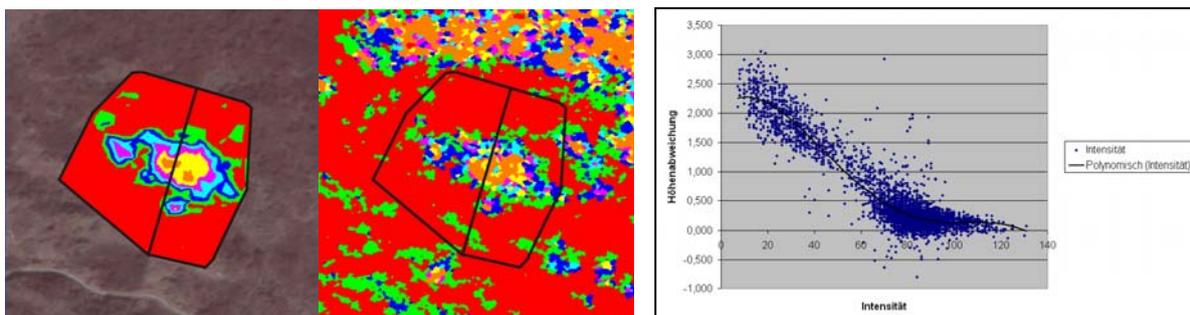


Abbildung 2: Links: Trainingsgebiete und Klassifizierung in Genauigkeitsbereiche; Rechts: Verknüpfung des Merkmals Intensität mit dem Höhenversatz über eine Funktion

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Partnerbehörden dieses Projektes, namentlich das Amt für Ländliche Räume Husum, der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz sowie der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest für die fachliche und infrastrukturelle Unterstützung des Projektes. Dieses KFKI-Forschungsvorhaben wurde finanziell vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Kennzeichen 03KIS050 gefördert.