
7

7. *Ergebnisse und Ausblick*

In diesem Kapitel werden die neuesten Entwicklungstendenzen bei Dreizeilenkameras erläutert und mit Bildbeispielen belegt. Perspektiven für die Verwendbarkeit der Daten für Klassifizierungen werden gezeigt.

7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Vergleicht man die Unterschiede zwischen den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Klassifizierungen, wird deutlich, dass diese weniger gravierend ausfallen als zunächst angenommen. Zwar beeinflusst die Verwendung eines Oberflächenmodells in der Segmentierung das Klassifizierungsergebnis nachweisbar positiv. In der quantitativen Analyse sind die Unterschiede zur Segmentierung ohne Oberflächenmodell jedoch klein. Es konnte gezeigt werden, dass eine Segmentierung, die nur auf multispektralen Bilddaten basiert, ähnlich gute Ergebnisse liefert wie eine unter zusätzlicher Verwendung eines Oberflächenmodells zustande gekommene Segmentierung.

Entscheidender für optimale Klassifizierungsergebnisse ist die genaue Übereinstimmung von Bilddaten und Oberflächenmodell. So konnte die Segmentierung mit dem qualitativ besseren LIDAR-Modell keinen signifikanten Vorteil gegenüber der Verwendung des HRSC-Oberflächenmodells erzielen. Die Ursache hierfür

ist im unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkt und in der unterschiedlichen Geometrie der beiden Datensätze zu suchen.

Für die Klassifizierung hat sich die Verwendung eines Oberflächenmodells als unverzichtbar herausgestellt. Nur so konnten bestimmte Klassen von einander getrennt werden. Ein Beispiel ist die Trennung von niedriger und hoher Vegetation.

Eine Übertragung der entwickelten Klassifizierungsalgorithmen konnte im Testgebiet erfolgreich durchgeführt werden. Jedoch zeigte sich, dass bei der Entwicklung der Klassifizierungsalgorithmen das größte Augenmerk auf Robustheit und Einfachheit der Algorithmen gelegt werden muss. Eine Herausforderung für die Zukunft stellen hier die steigenden Auflösungen der Bilddaten dar, die eine hohe Heterogenität der zu klassifizierenden Objekte verursachen und demzufolge die Übertragbarkeit der Klassifizierungsalgorithmen erschweren.

7.2. Ausblick

Klassifizierungsalgorithmen waren in der Vergangenheit überwiegend dadurch geprägt, dass ihre Entwicklung einen hohen Zeitaufwand erforderte und ihr Einsatzbereich in der Regel auf sehr kleine Untersuchungsgebiete beschränkt war. Eine Übertragbarkeit auf ganze Stadtgebiete oder Landstriche war bis heute undenkbar, sieht man von robusten, einfachen Algorithmen wie dem NDVI einmal ab. Hier könnte *Definiens*

Developer auch in Zukunft eine gute Software sein, da sie es erlaubt, die Algorithmen komfortabel und flexibel an Sensoren und klimatische Bedingungen anzupassen. Es ist möglich, Metainformationen der Sensoren und der Umwelt in der Software zu verwenden. Weitere Experimente werden vor allem in Bezug auf Robustheit und Übertragbarkeit auf unterschiedliche Stadtgebiete stattfinden.

Allgemein lässt sich feststellen, dass der Bedarf an automatisierten Bildanalyseverfahren weiter steigt. Ein Grund hierfür ist die zunehmende Verfügbarkeit sehr hochauflösender Daten. Eine radiometrische Auflösung von 10 bis 12 bit ist mittlerweile Standard. Die in der Vergangenheit erreichten geometrischen Auflösungen von 20 cm werden heute als nicht mehr ausreichend empfunden. Die Anforderungen an die geometrische Auflösung liegen heute bei zehn Zentimetern.

Ein Beispiel hierfür sind neue Entwicklungen in der Kamertechnologie wie die Multi Functional Camera (MFC) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Es handelt sich hierbei um eine Zeilenkamera. Die wesentlichen Unter-

schiede zur HRSC-AX sind vor allem bei den verwendeten CCD und der Sensorelektronik zu finden. Dadurch ergibt sich bessere Radiometrie mit höheren SNR. Es können alle Farben voller Auflösung aufgezeichnet werden und ein *pan-sharpening* ist daher nicht mehr nötig. Ebenso ist eine Stereofarbauswertung durch die Verwendung von RGB-CCDs möglich.

Die Verbesserungen in Geometrie und Radiometrie der Bilddaten und die nicht mehr notwendige Schärfung durch einen panchromatischen Kanal ermöglichen stabilere Ergebnisse bei zukünftigen Klassifizierungen. Die in sich homogeneren Bilddaten erlauben eine einfachere Übertragung von Klassifizierungsalgorithmen von kleinen Testgebieten auf größere Flächen.



Abb. 76 MFC Testflug Berlin Adlershof, DLR e.V., 3D Ansicht Oberflächenmodell

Ein am DLR, Institut für Robotik und Mechatronik, entwickelter innovativer Ansatz zur photogrammetrischen Berechnung von digitalen Oberflächenmodellen¹²⁹ erlaubt es heute Oberflächenmodelle mit einer höheren Zuverlässigkeit. Dadurch kann die Stabilität von Klassifizierungsalgorithmen weiter gesteigert werden.

Mit dem Fortschreiten der technologischen Entwicklung steigert sich die Qualität der Bilddaten und die Möglichkeiten von Software zur automatisierten Bildanalyse. Beides zusammen kann in Zukunft dazu führen, dass immer mehr Anwendungen aus den Bereichen Stadtplanung, Kartographie und GIS mit Fernerkundungsmethoden bearbeitet werden können.

¹²⁹ Hirschmüller, H. (2005)