

Automatische Extraktion von Straßen  
aus SAR-Bilddaten

Vollständiger Abdruck  
der von der Fakultät für Bauingenieur-und Vermessungswesen  
der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigten Dissertation

von

Dipl.-Ing. Birgit Wessel

München 2006

---

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften  
in Kommission beim Verlag C. H. Beck

## Adresse der Deutschen Geodätischen Kommission:

### Deutsche Geodätische Kommission

Alfons-Goppel-Straße 11 • D – 80 539 München

Telefon +49 - (0)89 - 23 031 -0 / -1113 • Telefax +49 - (0)89 - 23 031 -1283 / -1100

E-mail [hornik@dgfi.badw.de](mailto:hornik@dgfi.badw.de) • <http://dgk.badw.de>

### Prüfungskommission

Vorsitzende: Univ.-Prof. Dr.-Ing. L. Meng

Prüfer der Dissertation: Univ.-Prof.i.R. Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h. H. Ebner

Univ.-Prof. Dr.-Ing. O. Hellwich, TU Berlin

Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Stilla

Die Dissertation wurde am 07.03.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht  
und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 12.05.06 angenommen.

---

© 2006 Deutsche Geodätische Kommission, München

Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es auch nicht gestattet,  
die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen

## Zusammenfassung

Diese Arbeit stellt einen Ansatz zur automatischen Extraktion von Straßen aus SAR-Bilddaten vor. Für die Extraktion werden explizit modellierte Eigenschaften von Straßen sowie deren Nachbarschaftsbeziehungen im lokalen und globalen Umfeld verwendet. Der vorgestellte Ansatz ist für offenes, ländliches Gebiet und für Bilddaten mit einer Bodenpixelgröße von ca. zwei Metern geeignet.

Generell basiert der Ansatz zur automatischen Straßenextraktion auf der Extraktion von Linien aus SAR-Bilddaten. Für die differential-geometrische Linienextraktion wird eine SAR-spezifische Vorverarbeitung vorgestellt, mit der das Specklerauschen reduziert und die Messwerte radiometrisch kalibriert werden. Eine Vorklassifikation von städtischen und ländlichen Gebieten ermöglicht die Durchführung der Linienextraktion gezielt auf ländlichen Gebieten. Durch die Gruppierung und Bewertung der Linien nach geometrischen und radiometrischen Kriterien entstehen Hypothesen für Straßen, die mit Hilfe einer kürzesten Pfadsuche zu einem Straßennetz miteinander verbunden werden.

Dieses Verfahren wird auf verschiedenen Szenen flugzeuggetragener SAR-Sensoren (E-SAR, AER II, AeS 1) angewendet. Eine Analyse der erzielten Ergebnisse zeigt die Stärken und Schwächen des Verfahrens auf. Für fehlerhafte Extraktionen, die auf spezielle Eigenschaften der SAR-Rückstreuung zurückzuführen sind, werden die Abbildungseigenschaften der verantwortlichen Objekte modelliert. Darauf aufbauend werden Verbesserungen hinsichtlich der Modellierung von Straßen und deren Nachbarschaften vorgenommen.

So werden benachbarte Objekte, die das Erscheinungsbild von Straßen beeinflussen, wie Bäume, Brücken, bewegte Fahrzeuge und Verkehrsschilder, als Kontextinformation in die Straßenextraktion integriert. Dadurch können kleinere Lücken im extrahierten Straßennetz geschlossen und die topologische Korrektheit der extrahierten Straßen erhöht werden. Eine weitere Verbesserung der Straßenextraktion wird durch die Einführung von Städten aus der Vorklassifikation erzielt. Mit dieser Information können neue, sichere Startstücke für Straßen gewonnen werden, die die Vollständigkeit des extrahierten Straßennetzes verbessern. Darüber hinaus wird eine automatische Extraktion von Autobahnen vorgestellt, die auf einer expliziten Modellierung der geometrischen, radiometrischen und multi-skalen Eigenschaften von Autobahnen beruht.

Die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens wird anhand von verschiedenen SAR-Szenen aus ländlichen und industriellen Gebieten demonstriert und durch einen Vergleich der Ergebnisse mit manuell erfassten Referenzdaten evaluiert. Eine Diskussion der Vorteile und Defizite des Verfahrens schließt die Arbeit ab.

## Summary

This thesis presents an approach for the automatic extraction of roads from SAR imagery. For the extraction explicitly modelled road characteristics and knowledge about their local and global context are used. The proposed approach aims at open rural areas and is suitable for imagery with a pixel size of approximately 2 m on ground.

Generally, this approach for automatic road extraction is based on the extraction of lines from SAR imagery with a differential-geometry approach. For this, a SAR-specific preprocessing is presented to reduce the speckle noise and to calibrate radiometrically the intensity values. A pre-classification of urban and rural areas allows to perform a selective extraction of lines in rural areas. The lines are grouped and evaluated according to different geometric and radiometric criteria. Finally, road hypotheses are generated, which are connected by a shortest path search algorithm to form a road network.

This approach is applied on several scenes from airborne SAR sensors (E-SAR, AER II, AeS 1) An analysis of the achieved results demonstrates the strengths and weaknesses of the approach. Some false alarms are caused by objects with SAR-specific backscatter characteristics, which are described in detail. In addition to this, improvements concerning the road model and the neighbourhood of roads are made.

Neighbourhood objects that influence the appearance of roads in the image like trees, bridges, moving vehicles, and traffic signs are introduced as context information into the road extraction. Thereby, small gaps in the road network can be closed and the topological correctness can be improved. Another improvement is achieved by the introduction of urban areas from the pre-classification. These areas deliver new and reliable seed information and improve the completeness of the extraction results. In addition, an automatic extraction of highways is proposed based on an explicit modeling of the geometric, radiometric and scale-dependent characteristics of highways.

The capability of this approach is demonstrated by several test sites from rural and industrial scenes. The achieved results are evaluated in comparison with manual plotted reference data. A discussion of the advantages and deficiencies concludes the thesis.