

Zusammenfassung Masterarbeit

„Seismic Vulnerability Assessment of large Urban Areas using the TanDEM-X Mission and RapidEye Data“

- Marianne Jilge -

Weltweit ist seit Jahrzehnten ein Anstieg der Bevölkerung in urbanen Gebieten zu verzeichnen (UN, 2014). Dieser Prozess der Urbanisierung führt seither zu der Entstehung von sogenannten Megacities, Städte mit einer Bevölkerungszahl größer 10 Millionen (UN, 2003). Eine Vielzahl von Megacities und Großstädten mit zunehmender Bevölkerungszahl ist entlang der tektonischen Platten angesiedelt (UN, 2014). Infolge des vermehrten Aufkommens von Naturkatastrophen wie beispielsweise Erdbeben ergibt sich ein erhöhtes seismisches Risiko für diese urbanen Gebiete. Dabei geht die größte seismische Gefahr für den Menschen von einstürzenden Gebäuden aus. Aus diesem Grund ist für die Beurteilung der seismischen Vulnerabilität in urbanen Gebieten ein detailliertes Wissen über den vorhandenen Gebäudebestand erforderlich. Fernerkundungsdaten ermöglichen eine schnelle Bestandsaufnahme und Analyse großflächiger Areale und kamen infolgedessen in dieser Arbeit zum Einsatz. Eine Bewertung auf der Basis von Einzelgebäuden ist für derartig große Flächen aus Zeit- und Kostengründen sowie der Verfügbarkeit von Referenzdaten kaum möglich. Daher und aus Gründen der bestmöglichen Übertragbarkeit auf andere seismisch gefährdete Siedlungsareale, basiert die Bewertung seismischer Vulnerabilität auf sogenannten „urban structure types“. Diese stellen eine Agglomeration von Einzelgebäuden mit übereinstimmenden Homogenitätskriterien dar.

Als Untersuchungsgebiet wurde die türkische Megacity Istanbul gewählt. Die Nähe Istanbuls zur Nordanatolischen Verwerfungszone und einer durch Wissenschaftler geschätzten 35-70%-igen Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines stärkeren Erdbebens mit einer Magnitude ≥ 7 in der Nähe der Megacity hätte katastrophale Folgen (PARSONS, 2004; LÜHR ET AL., 2011). Istanbul erlebt seit den 1950er Jahren einen rapiden Anstieg in der Bevölkerung (JINN.TV, 2012). Der Forderung der Bevölkerung nach Wohnraum und Arbeit kann die Stadt nicht nachkommen. Illegal erbaute Gebäude und Anbauten verändern die Statik der Gebäude und entsprechen nicht dem 1999 erlassenen Gesetz zur Verpflichtung von erdbebensicherem Bauen (CAKTI, 2013) und implizieren eine komplexe sich stetig verändernde Stadtstruktur. Schätzungen zu Folge ist mehr als die Hälfte der Gebäude Istanbuls illegal erbaut oder nachträglich verändert worden (JINN.TV, 2012).

Die Bewertung seismischer Vulnerabilität und der vorangegangenen Abgrenzung homogener Siedlungsareale erforderte einige Vorprozessierungsschritte. Die optischen Daten (d.h. RapidEye Daten) wurden neben der geometrischen Korrektur atmosphärisch korrigiert und mosaikiert. Für die Abgrenzung homogener Siedlungsareale sowie die anschließende Charakterisierung seismischer Vulnerabilitätsmerkmale ist die Gebäudehöhe von großer Bedeutung. Diese Information ist durch die Berechnung eines normalisierten digitalen Oberflächenmodells (nDSM) bestimmbar. Zu diesem Zweck wurde ein nDSM aus dem DSM der TanDEM-X Mission mittels morphologischer Filter und Verfahren der objektbasierter Bildanalyse abgeleitet. Die anschließende Abgrenzung homogener Siedlungsareale

(urban structure types) basierte auf den optischen Daten sowie den Gebäudehöhen (nDSM) mit einem Ansatz der optimierten Multi-Skalen Segmentierung. Infolgedessen wurde anhand der homogenen Siedlungsareale eine Vielzahl von möglichen multiskaligen Vulnerabilitätsmerkmalen (u.a. Texturmerkmale, statistische Parameter etc.) unter Berücksichtigung von in situ Daten berechnet. Daraufhin wurden unterschiedliche quantitative (d.h. Ranking-Methoden) und qualitative Feature-Sets, unter anderem zur Beurteilung der Bedeutung von multimodalen Fernerkundungsdaten in dieser Studie, gebildet. Diese Auswahl unterschiedlicher Feature Sets beruhte zum einen auf der Datengrundlage sowie auf Feature Selektionsmethoden des statistischen Lernens (SVM; Support Vector Machines).

Zuletzt wurde anhand unterschiedlicher Regressions- und Klassifikationsmethoden von SVMs (SVR, C-SVM und OC-SVM) die seismische Verwundbarkeit für Istanbul für ein bestimmtes Vorwissen berechnet. Um eine robuste Aussage über die Güte der verwendeten Feature Sets zu treffen, wurde die Berechnung der jeweiligen Methode für jedes Feature Set mit einer unterschiedlichen Verteilungen der Trainingsdaten über das Untersuchungsgebiet verwendet. In der anschließenden Genauigkeitsanalyse konnte für das beste Modell der Regressionsmethode ein durchschnittlicher Fehlerwert von 11% mit zugehörigem Korrelationskoeffizient von 0,75 ermittelt werden. Die Klassifikationsmethoden wurden zur Bestimmung unterschiedlicher Gebäudetypen verwendet, welche mit einem bestimmten Grad an seismischer Vulnerabilität verbunden sind. Mit der kombinierten Klassifikationsmethode OC-SVM konnte trotz des Wissens von jeweils nur einer Klasse ein moderates Ergebnis von $\kappa < 0,47$ ermittelt werden. Eine jedoch hervorragende Klassifikationsqualität von $\kappa > 0,8$ für das beste Modell erzielte die Methode C-SVM. Die in dieser Arbeit erzielte Genauigkeit von Regression und Klassifikation, vor allem für SVR und C-SVM, zeigt das Potential von multi-sensoralen Fernerkundungsdaten für die Beurteilung seismischer Vulnerabilität von homogenen Siedlungsarealen unterschiedlichen Vorwissens.

Literaturverzeichnis:

CAKTI, E., (2013). Issues with the earthquake vulnerability of Istanbul. In *Natural Hazards*, Vol. 68, pp. 227-228.

JINN.TV (2012). Sulukule Bizim Mahalle – Eine Einführung in den städteplanerischen Wahnsinn von Istanbul. In *Academia.edu*. Zugriff: 11.4 2014, URL: https://www.academia.edu/2431330/Eine_Einfuehrung_in_den_stadteplanerischen_Wahnsinn_von_Istanbul.

LÜHR, G., MILKEREIT, C., PAROLAI, S., PICOZZI, M., WOITH, H., STROLLO, A., ERDIK, M., ANSAL, A., ZSCHAU, J. (2011). Sekunden für Istanbul – Vorhersage der Erdbeben-Bodenbewegung. *System Erde*, 1, 1, pp. 18-23, Zugriff: 20.4. 2014, URL: <http://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/faces/viewItemFullPage.jsp?itemId=escidoc:23080>.

PARSONS, T. (2004). Recalculated probability of $M \geq 7$ earthquake beneath the Sea of Marmara, Turkey. In *Journal of Geophysical Research*, 109 (B05304), pp. 21.

UNITED NATIONS, (2003). *World Urbanization Prospects – The 2003 revision*. Department of Economic and Social Affairs, New York, ST/ESA/SER.A/237, ISBN 92-1-141396-0.

UNITED NATIONS (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, ST/ESA/SER.A/352, ISBN 978-92-1-151517-6.