

Das aktuelle Landsat-7 Satellitenbildmosaik von Österreich Erstellung und Anwendungsperspektiven

Jürgen WEICHSELBAUM, Klaus STEINNOCHER und
Frederic PETRINI-MONTEFERRI

Zusammenfassung

Das Landsat-7 Satellitenbildmosaik von Österreich in naturnahen Farben stellt eine homogene und blattschnittfreie Bilddatengrundlage in der geometrischen Auflösung von 15 m für das gesamte Staatsgebiet dar. Eine spezielle entwickelte Methode der Image Fusion ermöglicht die Kombination des geometrisch hochauflösenden panchromatischen Kanals mit den Multispektralkanälen niedriger geometrischer Auflösung. Die derart prozessierten Fernerkundungsdaten stellen eine wertvolle Datengrundlage für Untersuchungen in vielen Anwendungsbereichen dar. Die weitere Verarbeitung mit Methoden der Digitalen Bildverarbeitung, wie beispielsweise der Texturanalyse zur Ableitung einer Siedlungsmaske aus Fernerkundungsdaten, erlaubt die Generierung aussagekräftiger Datenbestände für die Raumordnung und Raumplanung.

1 Einleitung

Der Erdbeobachtungssatellit Landsat-7 mit dem neuen Sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) liefert seit 1999 kontinuierlich Daten der Erdoberfläche in 6 multispektralen Kanälen mit einer geometrischen Auflösung von 30 m und, als erster Sensor der Landsat-Serie, auch in einem panchromatischen Kanal mit einer geometrischen Auflösung von 15 m. Durch die jahrzehntelange Kontinuität der Aufnahmen sind Landsat-TM- und Landsat-ETM+-Daten besonders für die Erstellung von Zeitreihen der Landnutzung für forstwirtschaftliche und umweltbezogene Studien oder für Planung und Kontrolle im Bereich Ressourcenmanagement geeignet. Die höhere geometrische Auflösung des PAN-Kanals ermöglicht nun Anwendungen mit mehr Anspruch an die Detailerkennbarkeit. Mittels Image Fusion können die Kanäle mit hohem spektralem Informationsgehalt und niedrigerer geometrischer Auflösung mit dem geometrisch höher aufgelösten panchromatischen Kanal kombiniert werden, um auf diese Weise eine geschärfte Darstellung der Multispektralkanäle in der Auflösung des PAN-Kanals zu erreichen („multi-resolution-merge“). Der Kartierungsmaßstab der Multispektralkanäle erhöht sich durch die Bildfusion um den Faktor 4, was die Palette von potenziellen Anwendungsmöglichkeiten entsprechend erweitert.

2 Erstellung des Satellitenbildmosaiks

2.1 Datengrundlage

Die Erstellung eines Satellitenbildmosaiks aus Landsat-7-Daten von Österreich in naturnahen Farben mit einer geometrischen Auflösung von 15 m hatte zum Ziel, dem

Bedarf an einem kostengünstigen, aktuellen und homogenen, blattschnittfreien Bilddatensatz für verschiedenste Anwendungsbereiche zu entsprechen. Die Datengrundlage für das Satellitenbildmosaik von Österreich bilden 11 orthorektifizierte Szenen mit einer Flächenabdeckung von jeweils 183 x 183 km². Die einzelnen Szenen liegen in der für Österreich bei kleinräumigen Darstellungen gebräuchlichen Gauß-Krüger-Projektion mit den drei Mittelmeridianen M28, M31 und M34 vor.

Im Rahmen einer Mosaikerstellung muss auf die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte der Szenen geachtet werden, um eine homogene Darstellung des Satellitenbildmosaiks zu garantieren. Allerdings existieren für Österreich aufgrund der relativ kurzen Einsatzperiode des Landsat-7 bislang nur wenige Aufnahmen mit einwandfreien atmosphärischen Bedingungen. Trotzdem konnte für das Mosaik praktisch Wolkenfreiheit erzielt werden.

Für ein Satellitenbildmosaik kommen je nach Einsatzzweck prinzipiell alle verfügbaren Kanäle in Frage. Im Sinne einer naturfarbnahen und visuell ansprechenden Darstellung fiel im vorliegenden Fall die Wahl auf die den Bereich des sichtbaren Lichtes abdeckenden Kanäle 3 (Rot), 2 (Grün) und 1 (Blau).

2.2 Image Fusion

Während sich die meisten panchromatischen Kanäle anderer Aufnahmesysteme (z.B. SPOT, IRS) auf einen Teil des sichtbaren Spektrums beschränken, deckt der panchromatische Kanal von Landsat-7 einen breiten Bereich des elektromagnetischen Spektrums ab, der vom sichtbaren Licht bis in das nahe Infrarot reicht. Das führt dazu, dass bei einer Fusion des panchromatischen Bildes mit multispektralen Kanälen des sichtbaren Spektrums eine radiometrische Verzerrung auftritt. Daher musste ein Weg gefunden werden, diese Störung der spektralen / radiometrischen Information so gering wie möglich zu halten.

Die entwickelte Fusionsmethode basiert auf einer Standardmethode der Digitalen Bildverarbeitung, der IHS-Transformation. Diese erlaubt die Überführung von drei Multispektralkanälen vom RGB- in den IHS-Farbraum und trennt die geometrische Information (Intensity-Komponente) von der spektralen Information (Hue- und Saturation-Komponente). Bei der IHS-Methode in der Image Fusion wird die Intensity-Komponente durch den hochauflösenden panchromatischen Kanal ersetzt. Um die radiometrischen Unterschiede der Grauwerte zu minimieren wird der panchromatische Kanal an die Intensity-Komponente angepasst. Im Anschluss an die Adaption des PAN-Kanals als Ersatz für die Intensity-Komponente erfolgt die Rücktransformation vom IHS- in den RGB-Farbraum (POHL & VAN GENDEREN 1998).

Trotz der radiometrischen Anpassung entsprach im konkreten Fall das Resultat der Rücktransformation in den RGB-Farbraum nicht den Erwartungen. Daher wurde für die adaptierte Methode ein Verfahren entwickelt, in welchem ein adaptierter PAN-Kanal die spektrale Information der Intensity-Komponente weitestgehend konserviert und die höhere geometrische Auflösung integriert. Zusätzlich erfolgte eine Nachbearbeitung der Fusionsergebnisse, um verbleibende radiometrische Störungen zu eliminieren.

Die Nachbearbeitung umfasste unter anderem eine atmosphärische Korrektur des vor allem im blauen Kanal auftretenden Dunstes in den Gebieten südlich des Alpenhauptkamms, und weitere Prozeduren zur visuellen Verbesserung der Fusionsergebnisse. Aufgrund unterschiedlicher Aufnahmezeitpunkte (August bis Oktober 1999, Juni und September 2000) erwies sich vor der Mosaikbildung die Generierung einer visuell ansprechenden, sogenannten „Masterszene“ als sinnvoll, um anschließend die jahreszeitlich oder

aufnahmebedingten Farbunterschiede der Szenen (unterschiedlicher Vegetationsbestand / Fruchtstand) mittels automatischer Histogrammanpassung auf die Masterszene zu kompensieren.

2.3 Mosaikierung

Nachdem alle Szenen in naturnahen Farben in der geometrischen Auflösung von 15 m vorlagen, wurden die 11 Szenen zu einem homogenen Österreich-Satellitenbild mosaikiert. Die Qualität eines Mosaiks aus Satellitenbilddaten hängt von folgenden Kriterien ab:

- Bildqualität,
- Bildaktualität, Aufnahmezeitpunkt,
- Flächendeckung und Kosten.

Sie stehen in einem Abhängigkeitsverhältnis zueinander und sind je nach Anwendungszweck zu optimieren (MEINEL & HENNERSDORF 2000). Das Ziel der Mosaikierung besteht in der Schaffung eines homogenen, blattschnittfreien Satellitenbildes aus den zuvor mit Hilfe der Image Fusion verarbeiteten Einzelszenen nach dem Prinzip „Bildqualität“ vor „Bildaktualität“. In den Überlappungsbereichen der Szenen wurde im Allgemeinen jener Szene der Vorzug gegeben, welche die bessere visuelle Qualität aufwies. Der Umstand der unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte schlägt sich naturgemäß in aufnahmebedingten Farbvariationen bei einem Übergang zwischen zwei Szenen nieder, weshalb im Rahmen des Mosaikierungsprozesses nochmals ein Farbanpassungsschritt in den Überlappungsgebieten notwendig war.

Zunächst wurden die Einzelmosaike in Gauß-Krüger-Projektion für die Mittelmeridiane M28, M31 und M34 erstellt. Die Digitalisierung sogenannter „Cutlines“ entlang von Lineamenten oder Nutzungsgrenzen gewährleistete eine nahtlose Darstellung der Einzelmosaike (siehe Abbildung 1), wobei die geringen geometrischen Ungenauigkeiten im Übergangsbereich von Szenen durch eine gleitende Grauwertmittelung in einem 3 Pixel breiten Streifen (entspricht 45 m) um die Cutlines minimiert wurden.

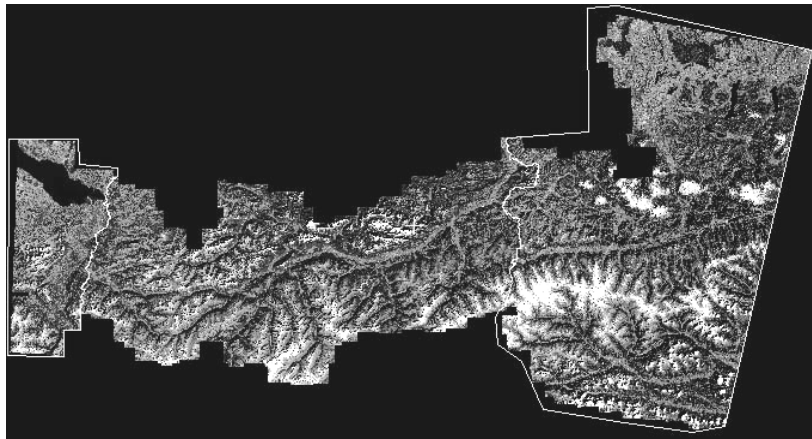


Abb. 1: Einzelmosaik des Meridianstreifens M28 mit Cutlines

Die Reprojektion der in der Gauß-Krüger-Projektion für die Meridianstreifen M28, M31 und M34 vorliegenden Einzelmosaiken in die für Gesamtdarstellungen prädestinierte Konforme Lambert-Projektion und deren Mosaikierung erlaubten die flächendeckende und nahtlose Darstellung von ganz Österreich (siehe Abbildung 2). Das österreichische Staatsgebiet wurde mittels eines Vektordatensatzes der österreichischen Staatsgrenze „ausgeschnitten“.

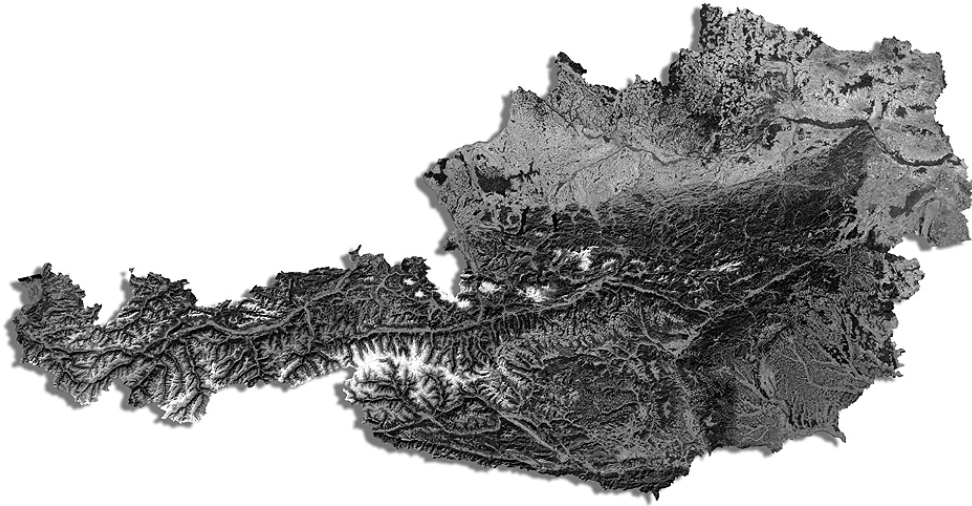


Abb. 2: Digitales wolkenfreies Landsat-7 Mosaik in 15 m Auflösung - vorliegend in Gauß-Krüger und in Lambert.¹

3 Anwendungsperspektiven

Die Erhöhung der geometrischen Auflösung des Satellitenbildmosaiks mittels Image Fusion erlaubt die Nutzung bis in den regionalen Maßstabsbereich. Es eignet sich dem gemäß für Anwendungen in der Raumordnung/-planung, Landschaftsplanung/-ökologie, Hydrologie, Glaziologie, Geologie, und für Untersuchungen der Landbedeckung/Landnutzung (Telekommunikation), etc. Im Allgemeinen bietet sich hinsichtlich einer weiteren Auswertung von hoch- und höchstauflösenden Satellitendaten einerseits die Möglichkeit einer Weiterverarbeitung mittels Methoden der Digitalen Bildverarbeitung (Landnutzungsclassifikationen etc.) andererseits die direkte Einbindung und Interpretation (z.B. urbaner Räume) in Geographischen Informationssystemen an (HOFFMANN ET AL. 2001, PETRINI-MONTEFERRI ET AL. 2001).

Im Rahmen einer raumplanerischen Anwendung wurde die Siedlungsstruktur in Vorarlberg untersucht und somit die Eignung solcher Datengrundlagen für derartige Anwendungen aufgezeigt. Mit Hilfe von Satellitenbilddaten sollte die Konzentrations- und Verdichtungstendenz urbaner Siedlungsräume zu Lasten der sie umgebenden ländlichen Räume dargestellt und analysiert werden. Die Untersuchung basiert auf einem Verfahren zur Extraktion von Siedlungsgebieten aus hochauflösenden panchromatischen

¹ weitere Informationen unter <http://www.geoville.com/austria.html>

Satellitenbilddaten über die Quantifizierung texturaler Charakteristika (STEINNOCHER 1997). Die mittels der Texturanalyse erstellte „Siedlungsmaske“ liefert als neue räumliche Bezugsebene detaillierte Informationen über die Siedlungsstruktur in diesem „Problemgebiet“ der österreichischen Siedlungsentwicklung. Somit wird das bisher verfügbare Instrumentarium zur Untersuchung der Siedlungsentwicklung (Digitalisierung des Katasters des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen und Verknüpfung mit Informationen über die Bodennutzung, statistische Analysen aus Zensusdaten, Auswertung von Luftbild-Orthophotos, aufwändige Geländebegehungen) (SCHREMMER & WINKLER 1993) um eine zeit- und kosteneffektive und zudem objektive Methode erweitert.

Die Ergebnisse aus der Siedlungsstrukturanalyse bestätigen den Trend zu einer anhaltend flächenintensiven Siedlungsentwicklung und betonen regionalspezifische Charakteristika im Untersuchungsgebiet. Die Aussagekraft herkömmlicher Indikatoren, wie z.B. der Einwohnerdichte als zentraler Parameter von Siedlungsstruktur, wird durch die Integration von realräumlichen Daten aus dem Satellitenbildmosaik wesentlich erhöht (siehe Abbildung 3), da die Siedlung als neue Bezugsfläche herangezogen werden kann und somit der Querschnittscharakter von auf die administrative Fläche bezogenen Indikatoren verloren geht (STEINNOCHER & KÖSTL 2002). Aus Fernerkundungsdaten gewonnene Siedlungsinformationen ermöglichen eine räumlich differenziertere Lokalisierung und Quantifizierung der für die Siedlungsentwicklung relevanten Parameter und demzufolge detailliertere Aussagen über das Siedlungswesen.

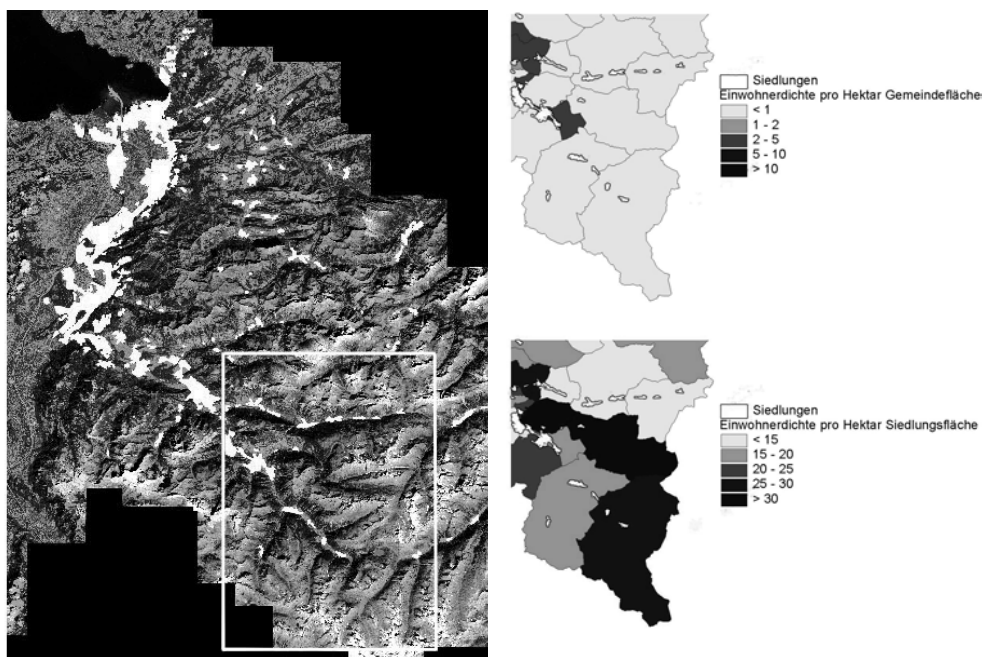


Abb. 3: Einwohnerdichte: Gemeinde- vs. Siedlungsfläche aus Fernerkundungsdaten

Als treffendstes Beispiel seien hier die unterschiedlichen Ausprägungen der gemeinde- und siedlungsflächenbezogenen Einwohnerdichte genannt. Die gemeindeflächenbezogene Einwohnerdichte weist für das Rheintal und den Walgau als Hauptsiedlungsraum

Vorarlbergs überdurchschnittliche Dichtewerte mit hohen Wachstumsraten bei der Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung sowie der Entwicklung des Gebäude- und Wohnungsbestandes aus. In den inneralpinen Gemeinden treten durchwegs geringe gemeindeflächenbezogene Einwohnerdichten auf. Die auf der Analyse von Fernerkundungsdaten basierende siedlungsflächenbezogene Einwohnerdichte zeigt jedoch sowohl im Hauptsiedlungsraum als auch in den peripheren alpinen Gebieten ausgesprochen niedrige Werte, was wiederum auf eine anhaltende Dominanz flächenintensiver Bebauungsformen im gesamten Landesgebiet hinweist.

4 Literatur

- HOFFMANN, C., STEINNOCHER, K.; KASANKO, M.; TOUTIN, T.; CHENG, P. (2001): *Urban Mapping with High Resolution Satellite Imagery*. In: GeoInformatics Magazine, Vol. 4, S. 34-37.
- MEINEL, G. & HENNERSDORF, J. (2000): *Hochauflösende Satellitenbildmosaik in der Planungspraxis – Potentiale und Grenzen am Beispiel eines sachsenweiten IRS-1C-Bildmosaiks*. In: (Schrenk, M. Hrsg.): Computergestützte Raumplanung: Beiträge zum 5. Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Raumplanung. Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung. Technische Universität. Wien. S. 145-152.
- PETRINI-MONTEFERRI, F.; STEINNOCHER, K.; GANGKOFNER, U.; WASSERRAB, F. (2001): *Mapping the development of urban areas from space – case studies of Vienna, Belgrade and Shanghai*. In (Jürgens, C. Hrsg.): Remote Sensing of Urban Areas, Heft 35, Regensburg, S. 241-245.
- POHL, C. & VAN GENDEREN, J.L. (1998): *Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications*. In: International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, No. 5, S. 823-854.
- SCHREMMER, C. & WINKLER, P. (1993): *Trends der Siedlungsentwicklung in vier Testgebieten Österreichs*. Gutachten des Österreichischen Instituts für Raumplanung (ÖIR), Schriftenreihe der ÖROK (Österreichische Raumordnungskonferenz), Nr. 106, Wien.
- STEINNOCHER, K. (1997): *Texturanalyse zur Detektion von Siedlungsgebieten in hochauflösenden panchromatischen Satellitenbilddaten*. In: (Dollinger, F, Strobl, J.. Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung IX, Salzburger Geographische Materialien, Heft 26. Selbstverlag des Instituts für Geographie der Universität Salzburg. S. 143-152.
- STEINNOCHER K. & KÖSTL M. (2002): *Verdichtung oder Zersiedelung? Eine Analyse des Flächenverbrauchs im Umland von Wien*. In (Manfred Schrenk Hrsg.): CORP2002: Beiträge zum 7. Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Raumplanung, pp. 193-200.