

Entwicklung eines Tools zur kombinierten Datenkompression und Datenaufbereitung von Fernerkundungsdaten in einem GIS

Bernd Triebfürst¹

1 Einleitung

Neue Datenerfassungssysteme und -technologien einerseits sowie steigender Rechnerkapazitäten andererseits führen zu einer starken Zunahme geowissenschaftlicher und photogrammetrischer raumbezogener Daten. Fernerkundungsdaten nehmen hierbei als Basisdaten für Kartierungen und Modellierungen im Rahmen von GIS-Anwendungen, aufgrund ihrer Flächendeckung, ihrer hohen räumlichen Auflösung und ihrer exakten zeitlichen Zuordnung eine besondere Rolle ein. Zukünftige Satellitensysteme mit größerer räumlicher, vor allem aber auch spektraler Auflösung führen zu einem ständig wachsenden Datenvolumen und lassen sich damit nur noch eingeschränkt in Geo-Informationssystemen bearbeiten. Somit wächst der Bedarf an Geo-Informationssystemen, die eine effektive Verwaltung und Bearbeitung dieser Daten erlauben (Fortunati 1996, Shahin 1995). Neben Fernerkundungsdaten werden in Zukunft in zunehmenden Maße auch Bilddaten aus Bibliotheken und Bildarchiven sowie Animationen und Videosequenzen in GIS eingesetzt werden (Bill 1996).

Als Konsequenz hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, GIS mit Tools auszustatten, die es erlauben, speicherintensive Geo-Daten so zu bearbeiten, daß die für die jeweiligen Untersuchungen relevanten Informationen extrahiert und die Datenvolumina verringert werden können. Zwangsläufig rückt hier die Frage nach einer für geowissenschaftliche Anwendungen geeigneten Datenkompression in den Vordergrund. Methoden, die eine Kompression der Daten ohne Informationsverlust erlauben (*lossless compression*), werden seit den 60er Jahren in Raumfahrtmissionen eingesetzt und sind mittlerweile standardisiert (Beser 1994). Allerdings lassen sich damit nur geringe Kompressionsraten erzielen. So liegt z.B. bei Landsat TM-Aufnahmen aufgrund des den Daten innewohnenden Rauschens eine theoretische obere Grenze bei einer Rate von 4:1 (Roger 1994). Um Kompressionsraten größer als 4:1 zu erzielen, müssen Verfahren eingesetzt werden, die einen gewissen Informationsverlust mit sich bringen (*lossy compression*).

Informationsverlust bedeutet in diesem Kontext, daß bei der Rekonstruktion der

¹ Universität Freiburg, Institut für Physische Geographie, Tel. ++49-(0)761-2039223, email: betri@ipg.uni-freiburg.de

zuvor komprimierten Datensätze Abweichungen bei den Grauwerten auftreten, die um so stärker sind, je höher die Kompressionsrate gewählt wurde. Die Kernfrage für den GIS-Nutzer besteht also darin, zu entscheiden, inwieweit solche Abweichungen akzeptiert werden können. Auf der anderen Seite bieten gängige Bildverarbeitungsprogramme in der Regel zahlreiche Tools zur Filterung oder allgemein zur "Manipulation" von Rasterdatensätzen an, die es erlauben, Störeffekte in den Daten zu beseitigen und damit eine Verbesserung zu erzielen. Im Hinblick auf die Datenkompression bedeutet dies, daß bis zu einem gewissen Grad der Verlust an Information sogar erwünscht sein kann. Es ist daher zu erwarten, daß Kompressionsverfahren von seiten der GIS-Anwender eher akzeptiert und genutzt werden, wenn die mit der Kompression einhergehende Manipulation der Daten mit anderen Bildverarbeitungsschritten gekoppelt werden kann.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung eines Kompressionsmoduls vorgeschlagen, das an spezielle Anforderungen im Rahmen von GIS-Anwendungen angepaßt und in ein Raster-GIS eingebunden wurde. Im zweiten Teil werden drei Anwendungsbeispiele vorgestellt, in denen die Bildkompression mit anderen Arbeitsschritten der Datenaufbereitung kombiniert wird.

2 Datenkompression und GIS

Kompressionstechnologien werden mittlerweile auf verschiedene Art und Weise in Raster-GIS operationell eingesetzt. Einerseits gibt es mittlerweile standardisierte Bildformate, die Kompressionstechnologien einsetzen:

- das Tiff-Format (LZW-Kompression, verlustfrei),
- das GIF-Format (LZW-Kompression, verlustfrei),
- das JPEG-Format (JPEG-Kompression, verlustbehaftet),

andererseits werden innerhalb von GIS-Systemen Kompressionsverfahren angeboten wie z.B. die Lauflängenkodierung in den Raster-GIS Erdas/Imagine und Idrisi.

Im Bereich der verlustbehafteten Datenkompression innerhalb eines GIS besteht jedoch noch erheblicher Entwicklungsbedarf. Folgende Funktionalitäten werden in GIS bisher nicht bereitgestellt:

1. Komprimierbarkeit von Rasterdaten jeder Größe und Komplexität (Grauwertumfang, Anzahl der Layer, etc.)
2. Möglichkeit der Dekomprimierung beliebiger Bildausschnitte in verschiedenen Auflösungen
3. Erhaltung geowissenschaftlicher Zusatzinformationen (Georeferenzierung, Lookup-Tabellen, etc.)
4. Bestimmung von Art und Umfang des Datenverlustes aus Nutzersicht und
5. die Kombination von Kompression mit anderen Bildverarbeitungsschritten.

Bei der Auswahl nach einem geeigneten Kompressionsverfahren sollten diese Punkte berücksichtigt werden. Im Bereich der digitalen Bildkompression etablieren sich seit einigen Jahren Verfahren die auf dem Prinzip der Transformationskodierung basieren. Neben dem derzeitigen Industriestandard JPEG sind dies in erster Linie waveletbasierte Verfahren. In vielen vergleichenden Untersuchungen zur Kompression von Fernerkundungsdaten zeigen waveletbasierte Verfahren das beste Kompressionsverhalten auf (Datcu 1995, See/Kuperman 1997). Die vorläufige Version des neuen Industriestandards JPEG2000 basiert ebenfalls auf dem Waveletverfahren (JPEG2000).

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen der Waveletkompression vorgestellt, in Kapitel 4 die Entwicklung eines waveletbasierten Kompressionsmoduls und dessen Integration in das Raster-GIS Erdas/Imagine.

3 Grundlagen der Waveletkompression

Waveletbasierte Kompressionsverfahren arbeiten ähnlich wie der JPEG-Standard nach dem Prinzip der Transformationskodierung (Kap. 3.2). Anstelle der diskreten Cosinustransformation (DCT) wird die diskrete Wavelettransformation (DWT) zur Datendekorellation verwendet (Kap. 3.1).

3.1 Die diskrete Wavelettransformation

Ähnlich wie bei der DCT oder der diskreten Fouriertransformation (DFT) wird mit der DWT eine Transformation der Daten in den Frequenzraum durchgeführt, so daß eine Trennung zwischen nieder- und hochfrequenten Bildinhalten möglich wird. Während die DFT auf Sinus- und Cosinus-Funktionen mit unendlicher Ausdehnung basiert, werden für die DWT Waveletfunktionen herangezogen, die auf einem kompakten Träger definiert sind. Im Gegensatz zur DFT hat dies den Vorteil, daß auch in der Wavelet- oder Frequenzdomain noch eine räumliche Zuordnung der Koeffizienten durchgeführt werden kann.

Die diskrete Wavelettransformation erreichte große Popularität, da sie sich auf eine iterierte Filterung (Convolution Filterung) mit einem Lowpass/Highpass-Filterpaar realisieren läßt. Im Gegensatz zur DCT, für die ein Rechenaufwand in der Größenordnung von $N \log(N)$ für ein Signal der Länge N benötigt wird, liegt der Rechenaufwand bei der DWT bei N . Bei einer eindimensionalen Transformation wird ein Signal mit den Lowpass- und einem Highpassfilter in zwei Frequenzteile zerlegt und anschließend beide Signale auf die halbe Länge reduziert (*Downsampling*). Das niederfrequente Signal kann anschließend mit demselben Filterpaar erneut gefiltert werden. Zu jedem solchen Analysefilterpaar existiert ein Synthesefilterpaar mit dem sich nach dem selben Schema das Ausgangssignal rekonstruieren läßt. Abbildung 1 zeigt, wie sich dieses Schema auf die Wavelettransformation von Bildern übertragen

läßt. Die zweidimensionale Wavelettransformation ist wie die zweidimensionale DCT eine lineare separable Transformation, die sich auf eindimensionale Transformationen zurückführen läßt. Ein Bild wird dabei zuerst Zeile für Zeile und anschließend Spalte für Spalte mittels eindimensionaler Transformationen in den Frequenzraum überführt.

Eine besondere Eigenschaft der DWT besteht darin, daß sich die Waveletkoeffizienten räumlich zuordnen lassen. Räumliche Strukturen lassen sich in der Wavelet-Domain wiedererkennen. Dadurch wird eine lokal unterschiedliche Bildkompression und Bildverarbeitung ermöglicht. Eine gute Einführung in die Grundlagen der DWT geben Strang/Nguyen (1996).

3.2 Die Transformationskodierung

Die Wavelettransformation arbeitet nach dem Prinzip der Transformationskodierung. Die Transformationskodierung ist eine sehr effektive Kompressionsmethode da verschiedene Ebenen der Datenredundanz erkannt und bei der Kompression berücksichtigt werden. Eine Transformationskodierung erfolgt in der Regel in drei Schritten:

1. **Dekorrelation der Daten:** Durch eine geeignete lineare Transformation (DCT, DWT) werden die Daten dekorreliert. Dabei kommt es zu einer Reduktion der Interpixel-Redundanz. Die transformierten Daten haben die Eigenschaft, daß ein Großteil der Bildinformation auf wenige Koeffizienten mit hohem Betrag konzentriert wird. Alle anderen Koeffizienten weisen einen geringen Betrag auf und repräsentieren hochfrequente Informationen. Beim JPEG-Verfahren wird die DCT und bei Waveletverfahren die DWT als lineare Transformation verwendet.
2. **Quantisierung der dekorrelierten Daten:** Nach der Transformation liegen die Pixel als reellwertige Koeffizienten vor. Mit dem Schritt der Quantisierung wird der Wertebereich der Pixel (Grauwertumfang) in Intervalle unterteilt und alle Grauwerte innerhalb eines Intervalles durch einen das Intervall repräsentierenden Wert ersetzt. Dieser repräsentative Grauwert wird durch ein Symbol kodiert. Durch den Schritt der Quantisierung entsteht ein gewisser Informationsverlust, der umso größer ist, je größer die Intervalle sind. Solange der Informationsverlust nach der Rücktransformation nicht sichtbar ist, spricht man von einer Reduktion der psychovisuellen Redundanz.
3. **Entropiekodierung der quantisierten Daten:** Die aus der Quantisierung hervorgehenden Symbolfolgen können direkt gespeichert werden. Da die einzelnen Symbole jedoch eine unterschiedliche Auftrittswahrscheinlichkeit haben, kann eine weitere Kompression erreicht werden, wenn häufig auftretende Symbole durch kurze Codes (Bitfolgen) und selten auftretende Symbole durch längere

Codes kodiert werden. Hierbei kommt es zu einer Reduktion der Coding-Redundanz. Das JPEG-Verfahren verwendet eine Variante des Huffman-Kodierers zur Entropie-Kodierung.

Im Unterschied zum JPEG-Verfahren erlaubt die Waveletkompression den Nutzern auf die Art der bei verlustbehafteter Bildkompression entstehenden Datenveränderung Einfluß zu nehmen und diese Veränderung als Bildverarbeitungsschritt einzusetzen. Dies geschieht einerseits durch die Auswahl der Waveletfilter, andererseits durch das verwendete Quantisierungsschema.

Ein weiterer Vorteil waveletbasierter Verfahren besteht darin, daß die DWT eine lokale Rücktransformation der Daten und damit eine Dekomprimierung beliebiger Datenausschnitte in verschiedenen Auflösungen ermöglicht. Aufgrund dieser Eigenschaften sind waveletbasierte Kompressionsverfahren bei höheren Kompressionsraten dem auf der DCT basierenden derzeitigen Industriestandard JPEG überlegen, wie zahlreiche Untersuchungen mit geowissenschaftlichen Daten verschiedenster Art gezeigt haben (Datu 1995, Acheroy 1995, Aronoff 1996).

4 Entwicklung eines waveletbasierten Kompressionsmoduls für GIS-Anwendungen.

Kommerzielle waveletbasierte Kompressionsverfahren werden derzeit von der Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt & Multimedia mbh (LuraWave²) sowie von der Firma LizardTech (Multiresolution Seamless Image Database (MrSID)³) angeboten. Beide Programmpakete sind u.a. für die Kompression geowissenschaftlicher Daten ausgelegt, erlauben jedoch keine Wahl der Waveletfilter, keine Möglichkeit der Bildverarbeitung in der Wavelet-Domain und keine Einflußnahme auf die Art der Quantisierung. Um hier eine größere Flexibilität zu ermöglichen, wurde am Institut für Physische Geographie der Universität Freiburg (IPG) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Informatik Freiburg (IIF) im Rahmen des Forschungsprojekts FREIKOM⁴ das Softwarepaket WABIP (Wavelet Based Image Processing) entwickelt. WABIP ermöglicht zum einen die waveletbasierte Kompression geowissenschaftlicher Rasterdaten wie z.B. Satellitenaufnahmen, Luftbilder, Digitale Geländemodelle etc., zum andern aber auch die Analyse dieser Daten in der Waveletdomain.

²<http://www.luratech.com>

³<http://www.lizardtech.com/products/mrsid>

⁴FREIKOM (Freiburger Kompressionsmodul) wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Forschungsprogramms Interoperable Geo Informationssysteme (IOGIS) gefördert.

Zur Gewährleistung der GIS-Funktionalität wurde WABIP in das Raster-GIS ERDAS IMAGINE 8.3 eingebunden. Im einzelnen bietet WABIP folgende Möglichkeiten:

- Kompression sehr großer Datenmengen (z.B. hochaufgelöste Satellitenbilder oder Mosaike aus Satellitenbildern)
- Zugriff auf die komprimierten Daten in verschiedenen Maßstäben und für beliebige Bildausschnitte
- Kombination von Kompression und Speckleunterdrückung zur Bearbeitung von SAR-Bildern
- Kompression multispektraler und multitemporaler Daten durch ein DPCM (Differential Pulse Code Modulation) Verfahren
- Extraktion von Merkmalsparametern zur Texturanalyse und Segmentierung innerhalb des ERDAS IMAGINE Klassifikationsmoduls
- Möglichkeit, einzelne Bildregionen in unterschiedlichen Kompressionsraten zu komprimieren. (Sind nur kleine Bildregionen, z.B. kleine Inseln, von Interesse und enthält ein großer Teil des Bildes keine relevante Information, lassen sich sehr hohe Kompressionsraten erzielen)
- Möglichkeit, einzelne Frequenzbereiche unterschiedlich stark zu komprimieren. Durch grobe Quantisierung hochfrequenter Frequenzbereiche ergibt sich eine starke Glättung des Datensatzes

5 Anwendungen

Das folgende Kapitel stellt drei verschiedene Anwendungen vor, in denen eine verlustbehaftete Kompression mit einer Datenaufbereitung in Form einer gezielten Unterdrückung bestimmter Bildinhalte kombiniert werden. Alle Berechnungen wurden mit dem Tools innerhalb von WABIP durchgeführt.

5.1 Lokale Bildkompression

In vielen Fällen werden Rasterdaten in einem GIS für ein bestimmtes Gebiet flächendeckend gehalten, obwohl nur bestimmte Regionen in den Daten von Interesse sind. Bei Satellitenaufnahmen von Inselgruppen können zum Beispiel nur die Informationen von den Inseln selber von Interesse sein. Abbildung 2c zeigt eine Radaraufnahme (ERS-1-SAR) von einem Küstenabschnitt von King-George-Insel, Antarktische Halbinsel. Für Untersuchungen zur Geomorphologie und Schneehydrologie der Landflächen werden die Meeresregionen nicht in ihrer vollen radiometrischen Genauigkeit benötigt und können stark komprimiert werden. Hierzu ist in WABIP eine binäre Maske notwendig, um Landregionen von Meeresregionen zu trennen

(Abb. 2b). Diese Maske wurde durch Klassifikation einer Landsat-TM-Aufnahme des gleichen Untersuchungsraumes erstellt (Abb. 2a). Mithilfe der Maske wurden die Meeresgebiete mit einer Kompressionsrate von 100:1 komprimiert und die Landgebiete bei einer Kompression von 2:1 verlustfrei erhalten (Abb. 2d).

5.2 Ableitung städtischer Bebauungsstrukturen auf der Basis einer waveletkomprimierten Landsat TM-Szene

Als Anwendungsbeispiel für die Datenaufbereitung von multispektralen Scannerdaten durch waveletbasierte Kompression wurde in der vorliegenden Studie ein Fernerkundungsdatensatz für das Stadtgebiet von Freiburg/Breisgau hinsichtlich der Auswirkungen der Kompression und der damit verbundenen Glättung auf die Klassifikation dieser Aufnahme analysiert. Bei dem Datensatz handelt es sich um eine Landsat TM-Aufnahme vom 07.07.84, 10:30 MEZ, mit den Kanälen 1, 2, 3, 4, 5 und 7. Um die Auswirkungen von Kompression und Glättung auf die Klassifikation der Landsat TM-Aufnahme zu analysieren, wurde zunächst eine überwachte Maximum-Likelihood-Klassifikation durchgeführt, bei der das Freiburger Stadtgebiet in einzelne Siedlungsstrukturen unterteilt wurde. Hierzu wurden aus einem Stadtplan einzelne Trainingsgebiete ausgewiesen und folgende zehn Klassen gebildet: hohe, mittlere und geringe Bebauungsdichte, Gewerbe- und Industriegebiete, Kleingärten, Wald, Grünflächen, Wasserflächen, Ackerflächen und Gleisanlagen. Die Güte der Klassifikation wurde durch eine Kreuztabellierung zwischen ebenfalls aus dem Stadtplan abgeleiteten Testgebieten, die nicht für das Training des Klassifikationsalgorithmus herangezogen wurden, und den entsprechenden Arealen in dem klassifizierten Bild bewertet. Bezogen auf die gesamten Testgebiete wurde die Aufnahme zu 65.7 % richtig klassifiziert (Overall Accuracy), bezogen auf die einzelnen Testgebiete liegt der Anteil richtig klassifizierter Flächen zwischen 39,5% (KG) und 93,2% (AF); im Mittel der Klassen (Mean of Producer's Accuracy) ergibt sich hieraus ein Wert von⁵ 70.9 % (vgl. Tab. 1, Kompressionsrate 1:1).

Kompressionsrate	1:1	1:4	1:7.5	1:13	1:25	1:48	1:72
Overall Accuracy	65.7	72.6	76.3	78.2	81.4	81.2	77.0
Mean of Prod. Accuracy	70.9	76.8	78.1	80.2	79.3	75.7	63.8

Tabelle 1
Klassifikationsgüte in Abhängigkeit von der Kompressionsrate

⁵ Angegeben wird jeweils der Prozentanteil richtig klassifizierter Pixel für die Gesamtheit der zuvor aus einem Stadtplan abgeleiteten Testgebiete. Im Fall der Overall Accuracy beziehen sich die Werte auf die gesamten Testgebiete, im Fall der Mean of Producer's Accuracy werden die Werte für die einzelnen Bebauungsklassen gemittelt.

Anschließend wurde die Landsat TM-Aufnahme mittels einer Waveletkompression mit Kompressionsraten zwischen 4:1 und 72:1 komprimiert und anhand derselben Trainingsgebiete überwacht klassifiziert. Eine detaillierte Darstellung dieser Arbeiten wird in Triebfürst et al. (1998) gegeben.

Tabelle 1 zeigt für die einzelnen Kompressionsraten die prozentualen Anteile der richtig klassifizierten Pixel. Auffällig hierbei ist, daß die Klassifikation bis zu einer Kompression von ca. 30:1 zu besseren Ergebnissen führt als bei dem Originaldatensatz. Die besten Ergebnisse können bezogen auf die Mean of Producers Accuracy bei einer Kompression von 13:1 erreicht werden. In Abbildung 3 sind die Klassifikationsergebnisse der unkomprimierten und mit einer Kompressionsrate von 13:1 komprimierten Szene dargestellt. Wegen der besseren Übersichtlichkeit werden lediglich vier der zehn unterschiedenen Klassen dargestellt. Bedingt durch die stärkere Generalisierung der Ausgangsdaten ergeben sich wesentlich homogenere Bebauungsklassen.

5.3 Speckle-Unterdrückung in ERS-1-SAR-Szenen

Radaraufnahmeverfahren zeichnen sich gegenüber multispektralen Scannerverfahren dadurch aus, daß sie unabhängig von Beleuchtungsverhältnissen und atmosphärischen Bedingungen arbeiten können. Die Auswertung von Radardaten wird jedoch erschwert durch die besondere Abbildungsgeometrie des Radars und den allen Radaraufnahmen innewohnenden Speckle-Effekt, der mit einem starken Rauschen vergleichbar ist. Abbildung 4a zeigt eine ERS-1-SAR-Aufnahme der Marguerite Bay/Antarktische Halbinsel vom 18. Jan. 1995 und Abbildung 4b einige ausgewählte Details dieser Aufnahme.

Um Radaraufnahmen quantitativ auswerten zu können, ist eine Vorverarbeitung notwendig, bei der in der Regel auch der Speckle-Effekt reduziert wird. Hierzu stehen mittlerweile eine Vielzahl von Filterverfahren zur Verfügung. Grundlage aller Verfahren ist ein einfaches Specklemodell:

$$z_{ij} = n_{ij} \cdot x_{ij}$$

Hierbei ist x_{ij} ein ausgesendetes Signal, z_{ij} das empfangene Signal und n_{ij} ein multiplikatives gaußsches Rauschen.

Als neue Verfahren zur Rauschunterdrückung werden seit einigen Jahren Verfahren, die auf der Wavelettransformation basieren, verwendet und mittlerweile auch auf Radarbilder angewendet (Guo et al. 1994). Hierbei wird durch Logarithmierung des Radarbildes das multiplikative Rauschen in ein additives Rauschen überführt. Nach der Transformation des logarithmierten Bildes in die Wavelet-Domain bleibt aufgrund der Linearität der DWT das additive Rauschen erhalten.

$$\text{DWT}(\log(z_{ij})) = \text{DWT}(\log(n_{ij})) + \text{DWT}(\log(x_{ij}))$$

Das Prinzip dieser Verfahren besteht darin, anhand eines Schwellenwertes die Bildinformation vom Rauschen in der Wavelet--Domain zu trennen. Die Bildinformation $\log(x_{ij})$ wird durch die DWT ähnlich wie bei der DFT auf einige Koeffizienten mit hohem Betrag in den niederen Frequenzbändern konzentriert. Das Rauschen $\log(n_{ij})$ verteilt sich auf alle Frequenzbereiche und läßt sich durch Auslöschung und betragsmäßige Verkleinerung der hochfrequenten Waveletkoeffizienten verringern. Durch die Auslöschung von Koeffizienten ergibt sich gleichzeitig eine Kompression der Bilder.

Eine optimale Specklereduzierung läßt sich durch eine unterschiedliche Schwellenwertwahl für verschiedene Frequenzbereiche sowie für verschiedene Bildbereiche erreichen. Da die Wahl der Schwellenwerte aus Anwendersicht sehr mühsam ist, wurde im Rahmen des FREIKOM-Projektes ein adaptives Verfahren zur Wahl der Schwellenwerte entwickelt. Abbildung 4d zeigt das Ergebnis dieses Verfahrens, angewendet auf die ERS-1-Szene aus Abbildung 4a im Vergleich mit dem Resultat des Frost-Filterverfahrens (Abb. 4c). Der Frost-Filter zeigt unter den zur Zeit gängigen und im Raster-GIS ERDAS IMAGINE V.8.3 implementierten Speckle-Filterverfahren in vergleichenden Untersuchungen zu Speckle-Filtern die besten Ergebnisse (Frost 1982, Lee 1994). Wie die Abbildung zeigt, führt das adaptive waveletbasierte Denoising zu vergleichbar guten Ergebnissen wie der Frostfilter, in den Randbereichen der Punktstreuer sogar zu Verbesserungen. Gleichzeitig konnte das SAR-Bild mit einer Rate von 10:1 komprimiert werden.

6 **Schlußfolgerungen**

Trotz des hohen Bedarfs an Kompressionsverfahren in GIS finden verlustbehaftete Kompressionsverfahren aufgrund des entstehenden Informationsverlustes nur bedingt Einsatz. In der vorliegenden Studie wurde die waveletbasierte Bildkompression als ein Verfahren vorgestellt, mit dem sich gezielt unerwünschte Bildinhalte durch Bildkompression unterdrücken lassen. Anhand von drei Anwendungsbeispielen wurde gezeigt, daß die Bildkompression durch Extraktion bestimmter Bildinhalte auch zu einem Gewinn an Information führen kann.

Literaturverzeichnis

- Acheroy, M., Mangan, J.-M., Buhler, Y. (1995): Progressive wavelet algorithm versus JPEG for the compression of METEOSAT data, in: Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2564, S. 64-75
- Aronoff, A.D. (1996): Techniques for real-time compression of RS-170 high resolution radar images, in: Proc. of the 1996 Tactical Communications Conference Ensuring Joint Force Superiority in the Information Age, New York, S. 511-516

- Beser, N.D. (1994): Space data compression standards, in: John Hopkins APL Technical Digest, 15, No. 3, S. 206-223
- Bill, R. (1996): Grundlagen der Geo—Informationssysteme, Heidelberg
- Datcu, M., Schwarz, G., Schmidt, K., Reck, C. (1995): Quality Evaluation of compressed optical and SAR images: JPEG versus Wavelets, in: International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARRSS 1995, Florenz, 10-14. Juli 1995, S. 1687-1689
- Fortunati, L. (1996): Geo-Datenserver on WWW, in: Geographical Information from Research to Application through Cooperation, Second Joint European Conference Exhibition, Amsterdam, S. 96-99
- Frost, V.S., Stiles, J.A., Shanmugan, K.S., Holtzman, J.C. (1982): A Model for Radar Images and its Application to Adaptive Filtering of Multiplicative Noise, in: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 4, No. 2, S. 157-166
- Guo, H., Odegard, J.E., Lang, M., Gophiath, R.A., Selesnick, I.W., Burrus, C.S. (1994a): Wavelet based speckle reduction with application to SAR based ATD/R, in: Proceedings of 1st International Conference on Image Processing: ICIP-94 Austin/TX, USA, 13-16 November 1994, S. 75-79
- JPEG2000 (1998): JPEG2000 requirements and profiles version 4.0, IPS/IEC 1/SC 29/ WG 1 N1105R
- Lee, J.S. et al. (1994): Speckle Filtering of Synthetic Aperture Radar Images: A Review, in: Remote Sensing Reviews, 8, S. 313-340
- Roger, R.E., Arnold, J.F. (1994): Reversible image compression bounded by noise, in: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 32, No. 1, S. 19-24
- See, J.E., Kuperman, G.G. (1997): Effects of SAR Image Compression on Image Interpretability and Detection Performance, in: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting 1997, Santa Monica/CA, USA, S. 1308-1312
- Shahin, F.S. (1997): Efficient Handling of Large Digital Images in Geographic Information Systems, in: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 63, No. 10, S. 1181-1184
- Strang, G., Nguyen, T. (1996): Wavelets and Filterbanks, Wellesley/MA
- Triebfürst, B., Braun, K., Werb, I. (1998): Waveletbasierte Bildverarbeitung und Kompression als Tool bei der Ableitung von Karten städtischer Bebauungsstrukturen aus Landsat-TM-Aufnahmen, in: Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, 3, S. 79-88

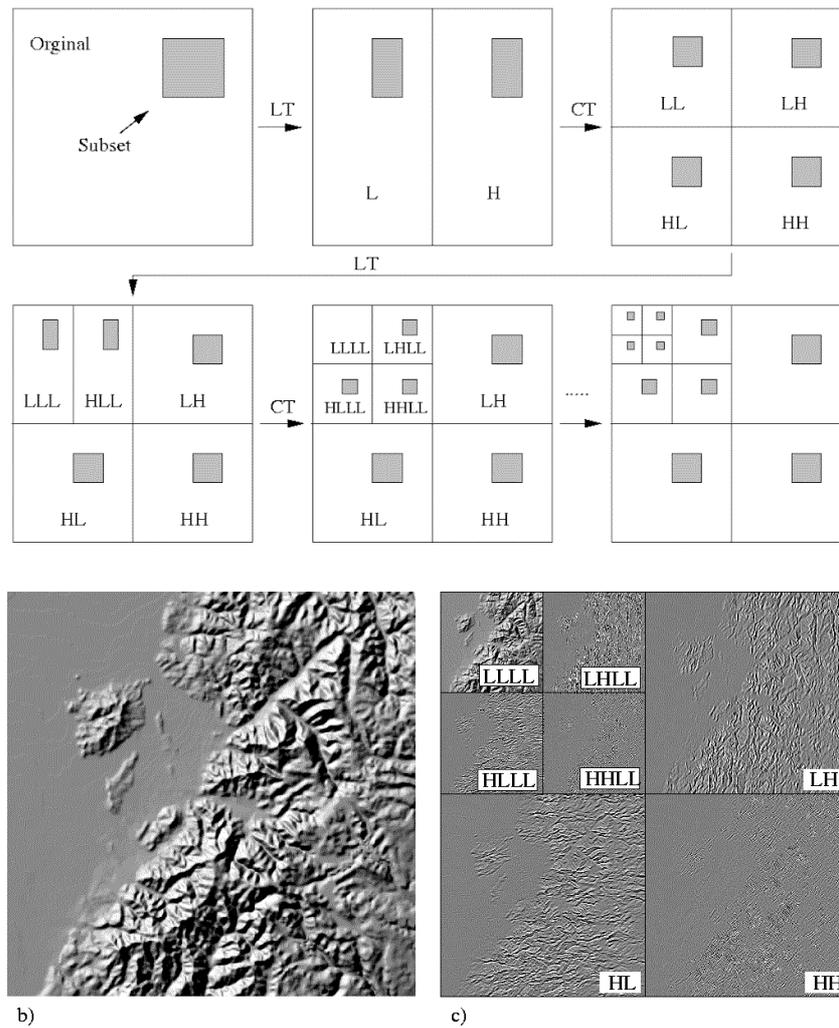


Abbildung 1

a) Schema der DWT. LT = Zeilentransformation, CT = Spaltentransformation. Jede Transformation besteht aus einer Lowpass- und Highpass-Filterung mit anschließender Reduktion der Bildzeile um den Faktor 2 (subsampling). H = High-Pass-Bildanteil, L = Low-Pass-Bildanteil. HH, HL, LH stellen den hochfrequenten Bildanteil dar, HLLL, LHLL, HHLL den Bildanteil mittlerer Frequenzen und LLLL den niederfrequenten Bildanteil. Die grau unterlegten Flächen zeigen, wie ein Bildausschnitt in den verschiedenen Frequenzbereichen repräsentiert ist. b) Digitales Geländemodell der Region Kaiserstuhl, Zartener Becken, Feldberg, Pixelauflösung 30m x 30m, Bildgröße 512 x 512 Pixel. c) Zweiskalige Wavelettransformation des Geländemodells mit den Daubechies-4 Wavelets

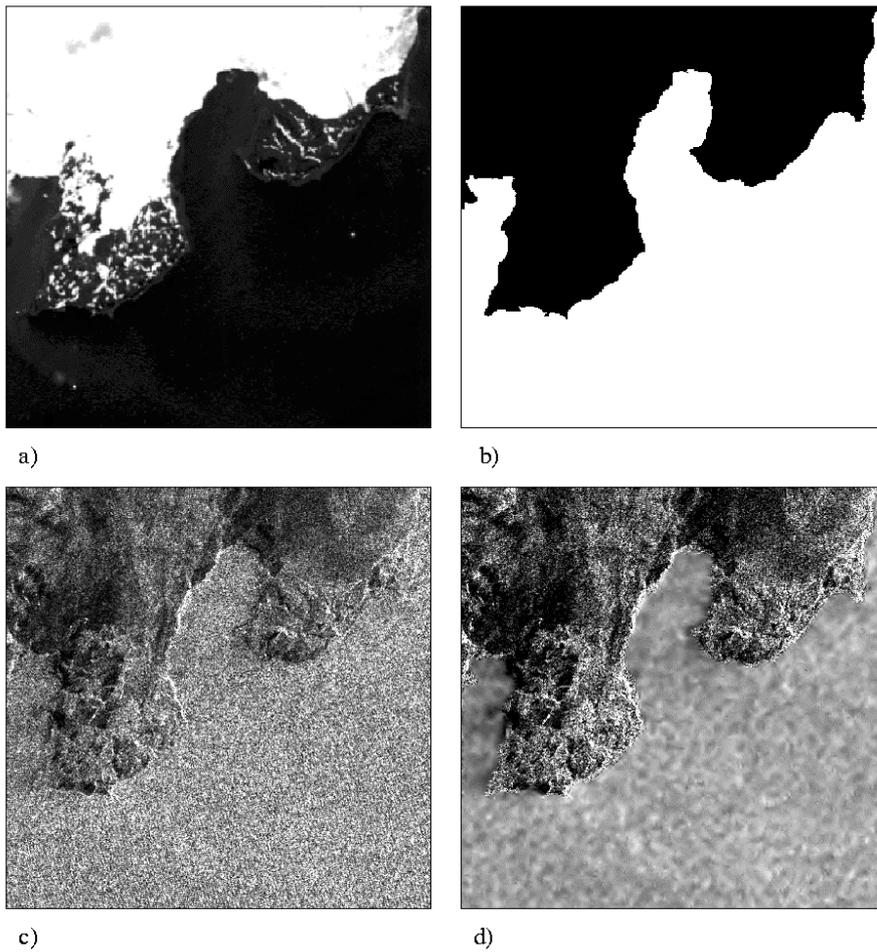


Abbildung 2

a) Landsat--TM--Aufnahme vom 26. Nov. 1989, King--George--Island, Antarktische Halbinsel, Kanal 3. Die schneebedeckten Gebiete erscheinen in Kanal 3 weiß. b) Binärmaske der Land-- und Meerregionen, erstellt aus einer unüberwachten Klassifikation der 7-kanaligen Landsat--TM--Szene. c) ERS--1--PRI--SAR--Aufnahme, 15. Jan. 1992, King--George--Island, Antarktische Halbinsel. d) Kompression der ERS--1--PRI--SAR--Aufnahme (Meeresregion 100:1 und der Landregion 2:1)

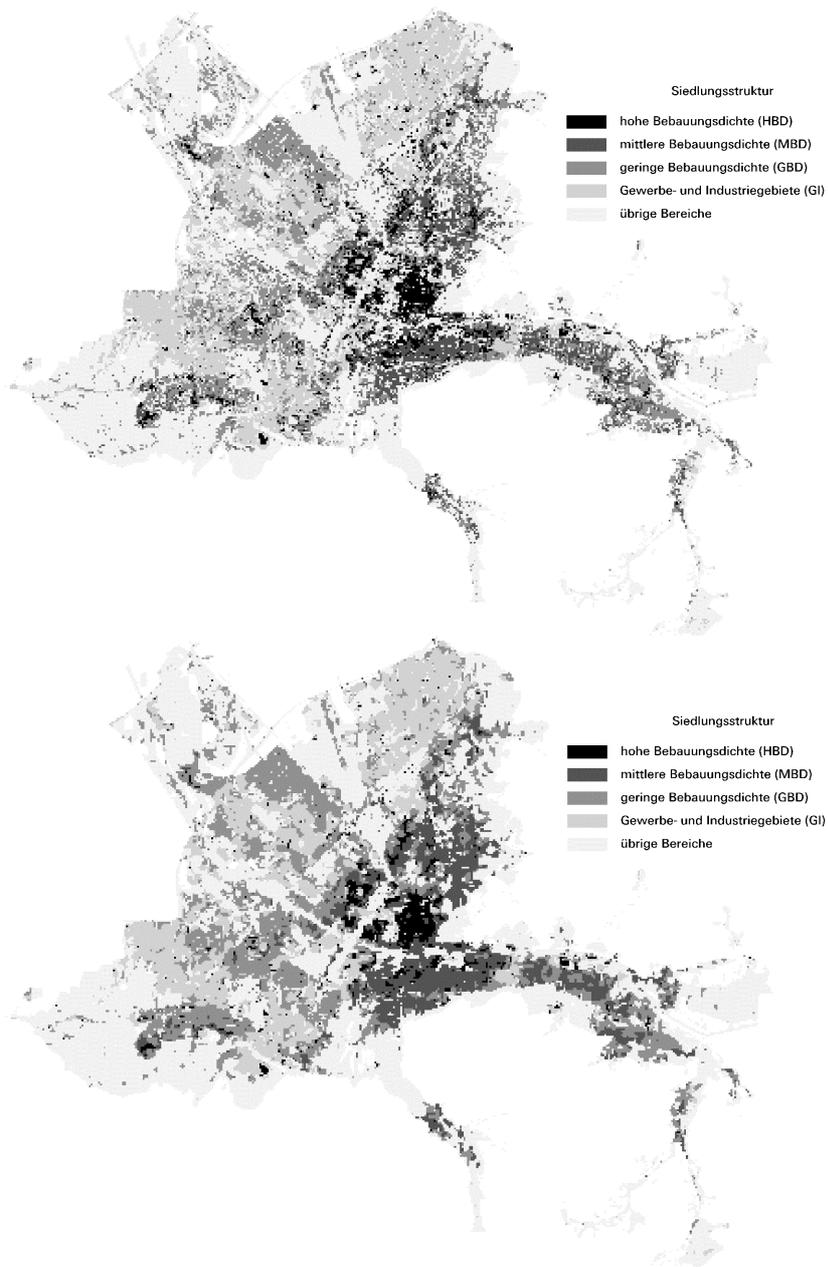


Abbildung 3

Ergebnis der Maximum-Likelihood-Klassifikation einer Landsat TM-Aufnahme vom 07.07.84, 10:30 MEZ für das Stadtgebiet von Freiburg/Breisgau (oben) und der Klassifikation der komprimierten Szene (Kompressionsrate 13:1) (unten)

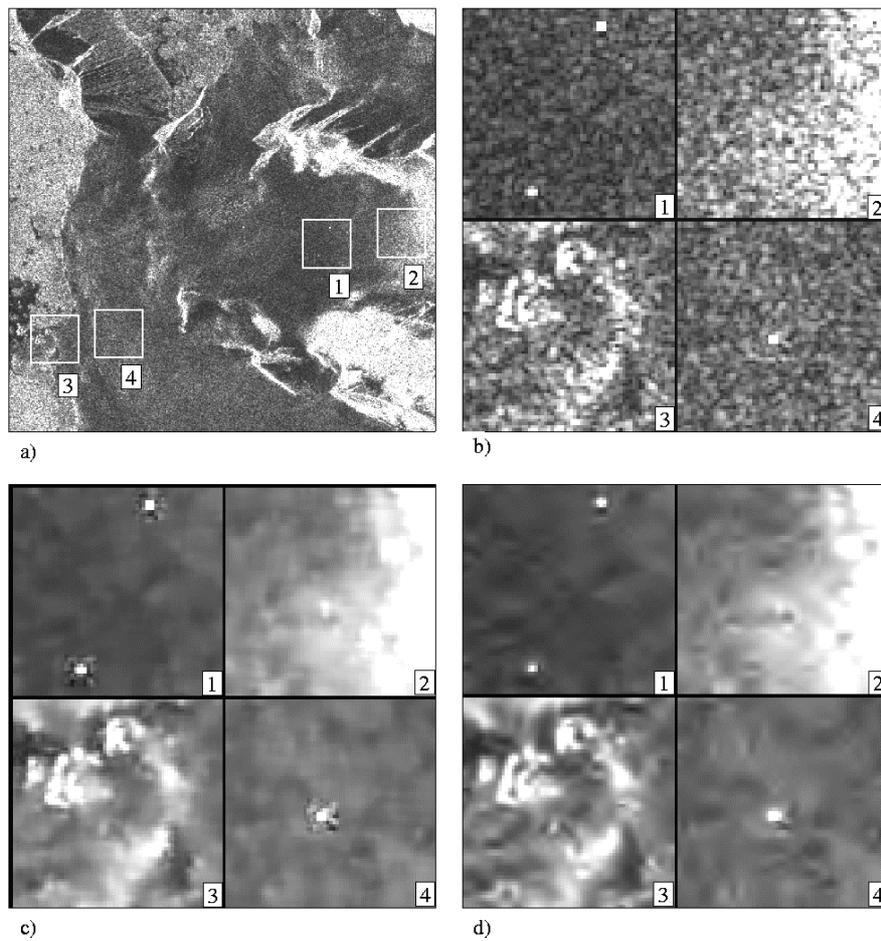


Abbildung 4

a) ERS-1-SAR Aufnahme, Margarite Bay/Antarktische Halbinsel, vom 18.Jan. 1995, b) vier Ausschnitt aus a) 1 Cornerreflektoren, 2 Übergangsbereich feuchte Schneedecke – Perkolationszone, 3 Debanham Islands, 4 Cornerreflektor, c) Ergebnis des Frostfilters, d) Ergebnis des adaptiven Wavelet-Thresholding, Kompression 10:1