

## Aufbau eines Grünflächen-Informationssystems mittels HRSC-A Daten und mobiler GPS-gestützter Kartierung

ANITA WEBNER, Rostock

**Keywords:** remote sensing, HRSC-A, eCognition, mobiles GIS, GPS

**Summary:** *Establishing a green-area information system based on HRSC-A data and mobile GPS-based mapping. A combined approach of eCognition and visual interpretation of high resolution HRSC-A data, available GIS-Data and GPS-based mobile mapping has been successfully implemented for a public green area management GIS of the city of Rostock.*

With the automated image analysis the distribution of local green areas may be determined. However the acquisition of the maintenance units requires the combined procedure.

**Zusammenfassung:** In diesem Beitrag wird ein kombiniertes Verfahren, bestehend aus automatisierter Bildinterpretation mit eCognition, visueller Bildinterpretation sowie mobiler GPS-gestützter Kartierung beschrieben, bei dem hoch auflösende HRSC-A Daten und verfügbare GIS-Daten erfolgreich für den Aufbau eines Grünflächen-Informationssystems der Stadt Rostock verwendet wurden.

Hervorzuheben ist, dass die automatisierte Bildinterpretation durchaus die Grünverteilung ermittelt, allerdings die Erfassung der verwaltungsspezifischen Pflegeeinheiten die kombinierte Vorgehensweise erfordert.

---

### 1 Einleitung

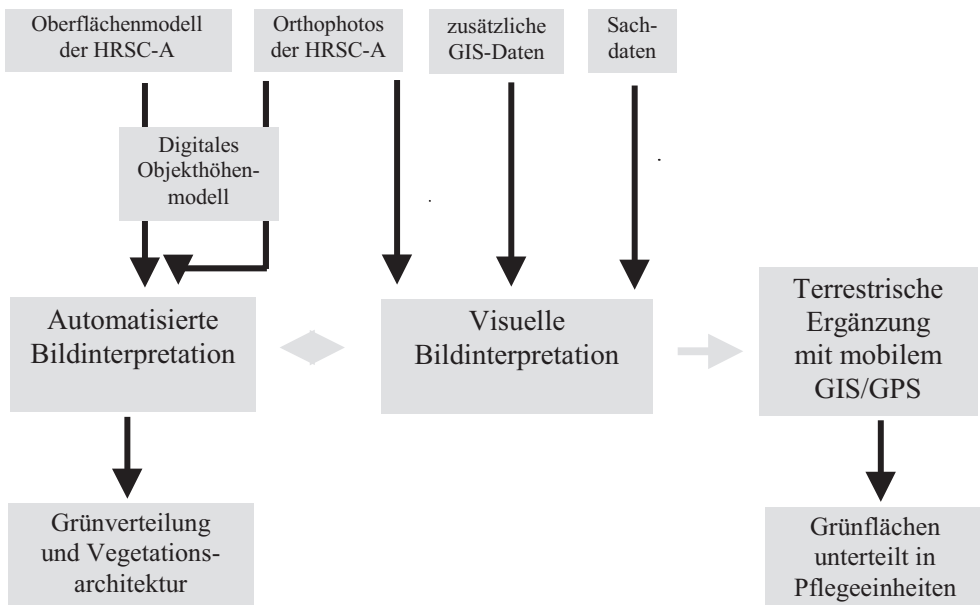
Für ein effizientes Grünflächenmanagement müssen grundlegende Planungsdaten bzw. raumbezogene Zustandsinformationen aktuell, digital und in möglichst guter Auflösung zur Verfügung stehen. Das Amt für Stadtgrün der Hansestadt Rostock baut derzeit ein Grünflächen-Informationssystem auf, welches die Inventur, die Dokumentation und die Analyse der öffentlichen Grünflächen unterstützen soll (GALK 2002). Große Flächen des öffentlichen Stadtgrüns, insbesondere die Parkanlagen mit ihrer Ausstattung, sind noch nicht vollständig erfasst, vermessen und bonitiert.

Oftmals wurde die Grünflächenerfassung mit Maßband, Messrad und Feldbuch durchgeführt. Anschließend erfolgte die manuelle Übertragung der analogen Daten in das digitale Grünflächen-Informationssystem. Diese Arbeitsweise liefert zwar eine vollständige Datengrundlage, erfordert al-

lerdings einen hohen Zeit- und Personalaufwand für die notwendigen Geländebegehungen und ist fehleranfällig. Die Kartierung liefert zudem keine aktuell verfügbare vergleichbare Datengrundlage für das gesamte Stadtgebiet. Die raschen Veränderungen der Grünflächen können durch konventionelle Aufzeichnung nicht mehr zeitgerecht abgebildet werden.

Als Alternative zur ausschließlich terrestrischen Erfassung wurde die Methode der wissensbasierten Klassifikation (eCognition) in Verbindung mit der visuellen Bildinterpretation auf der Basis von Flugzeugscannerdaten der HRSC-A-Kamera untersucht. Der Einsatz dieser neuen Bilddaten hat bislang nur begrenzt Eingang in bestehende Inventur-, Monitoring- und Planungsverfahren der Grünflächenverwaltung gefunden (BLASCHKE et al. 2002).

Um eine vollständige Erfassung aller Pflegeeinheiten nach dem so genannten „Wolfsburger Modell“ zu gewährleisten, ist zusätz-



**Abb. 1:** Datenflussmodell für die Erfassung der öffentlichen Grünflächen.

lich eine terrestrische Erfassung mit einem mobilen GPS/GIS-System notwendig.

Die in Abb. 1 dargestellte Strategie zur Grünflächenerfassung wurde am ca. 30 ha umfassenden Rostocker Park „Am Fischerdorf“ getestet. Die grundlegenden Verfahrenskomponenten werden im Folgenden näher erläutert.

## 2 High Resolution Stereo Camera – Airborne (HRSC-A)

Das ursprünglich vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für einen Marsseinsatz konzipierte HRSC-A Kamerasystem arbeitet nach dem Drei-Zeilen-Prinzip. Dabei wird jedes Objekt beim Überflug kontinuierlich von den CCD-Zeilensensoren (Charged Coupled Device) in Form von drei verschiedenen Bildstreifen abgetastet und damit aus drei verschiedenen Winkeln (Vorwärts, Nadir, Rückwärts) aufgenommen. Fünf dieser CCD-Zeilen dienen der Stereoauswertung, die in die Berechnung des Digitalen Oberflächenmodells (DOM) einfließt und im Anschluss daran die auto-

matisierte Generierung von kartenprojizierten Orthophotos ermöglicht. Die übrigen vier Kanäle haben verschiedene Filter zur Erzeugung multispektraler Bilder (Blau, Grün, Rot, Nahes Infrarot) (HOFFMANN & LEHMANN 2000, HRSC-TEAM 2002).

Die Hansestadt Rostock verfügt über Flugzeugs Scannerdaten der HRSC-A Kamera vom 19.05.2000. Der Nadir- und die Rot-Grün-Blau-Kanäle (RGB) wurden vom DLR als Orthophotos mit einer Bodenauflösung von 16 cm und der nahe Infrarotkanal (NIR) mit einer Auflösung von 50 cm geliefert. Bei dem DOM handelt es sich um eine flächendeckende geometrische Beschreibung der in den Bilddaten abgebildeten Geländeoberfläche (z.B. der Oberkante der Vegetation, der Dachflächen u.a.) mit einer x,y-Auflösung von 50 cm und einer z-Auflösung von 10 cm. Für das DOM können in Bereichen mit stetigen, geschlossenen Geländeoberflächen und genügend ausgeprägter Textur Höhengenaugigkeiten von  $\pm 20$  cm erreicht werden (SCHOLTEN et al. 2001). Sichtschatten z.B. an Gebäudekanten sowie nicht geschlossene Oberflächen, wie beispielsweise unbelaubte Bäume, führen zu

Fehlern bei der Zuordnung homologer Bildpunkte und somit zu Interpolationsfehlern im DOM (SCHIEWE 2001).

### 3 Digitales Objekthöhenmodell (OHM)

Um flächendeckende Informationen über die Vegetationsarchitektur zu erhalten, wurde ein Digitales Objekthöhenmodell (OHM) erstellt, welches die Höhen der aufragenden Objekte (z.B. von Baumgruppen und Gebäuden) über der Bodenoberfläche angibt.

Auf der Grundlage des RGB-Orthophotos und des DOMs wurden z.B. auf Straßen und Ackerflächen manuell Bodenpunkte gesetzt und diesen die Koordinaten (x, y) sowie die Höhen (z) aus dem DOM zugewiesen. Die Bodenpunkte sollten in einiger Entfernung von aufragenden Objekten (z.B. Gebäuden) liegen und relativ gleichmäßig verteilt sein. Ungünstig für die Auswahl der Bodenpunkte erweisen sich zusammenhängende Waldgebiete und Schattenbereiche.

Im Anschluss daran erfolgte nach der Inverse-Distance-Methode die Interpolation eines geglätteten Digitalen Geländemodells (gDGM) zwischen den 12 nächsten Nachbarbodenpunkten auf Gitterbasis (GRID). Als Zwischenergebnis lag ein gDGM vor, welches die Bodenoberfläche hinreichend repräsentiert.

Aus der Subtraktion des gDGMs vom DOM wurde dann das Digitale Objekthöhenmodell (OHM) ermittelt.

Die Genauigkeit des ermittelten OHMs hängt direkt von der Qualität des gelieferten DOMs und der Bodenhöheninterpolation ab. Im Vergleich zur durchgeführten Laserdistanzmessung mit dem LaserAce 300 ergab sich zu den Gebäudehöhen aus dem OHM eine systematische Abweichung von 4,5%. Der durchschnittliche Höhenfehler für Gebäude (n = 16) lag bei 0,87 m. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass im Untersuchungsgebiet ausschließlich Gebäude mit Flachdächern vorhanden sind.

Es ist davon auszugehen, dass sich die technischen Möglichkeiten der automatisierten Generierung des DOMs weiter ver-

bessern werden und dieses als Grundlage für die Erstellung eines genaueren OHMs verwendet werden kann.

### 4 Automatisierte Bildinterpretation mit eCognition

Ziel der Bildinterpretation mit eCognition ist die automatisierte Erkennung der Vegetation als Grundlage für die Erfassung der Grünverteilung und Grünstruktur im Stadtgebiet. Bei dem Untersuchungsgebiet handelt es sich um einen 1350 m × 1000 m großen Ausschnitt der HRSC-A-Daten, in nahezu ebenem Gelände, mit heterogener Grünstruktur und unterschiedlichen spektralen Eigenschaften (siehe Abb. 3).

Der hohe Informationsgehalt, den ein einzelnes Pixel der HRSC-A-Daten besitzt, ist nicht mehr mit dem Charakter von Objekten oder Gebieten als Ganzes verknüpft, sondern mit einzelnen Komponenten der Objekte. Herkömmliche, auf statistischen Analysen beruhende und auf Pixelebene arbeitende Bildanalyseverfahren haben sich deshalb als ungeeignet erwiesen, Daten geometrisch hochauflösender Systeme zu bearbeiten, vgl. BLASCHKE (2000).

Mit der Software eCognition wurde für die Interpretation der multispektralen Orthophotodaten ein Programm verwendet, welches nicht mehr jedes Pixel einzeln ausgewertet, sondern auf multiskalärer Segmentierung in homogene Regionen und anschließender wissensbasierter Klassifizierung basiert (DEFINIENS AG 2001).

Als Bilddaten kamen die 4 multispektralen Kanäle des HRSC-A Systems, ein Vegetationsindex (NDVI) und das Digitale Objekthöhenmodell zum Einsatz. Die Rasterdaten wurden auf eine einheitliche Auflösung von 50 cm × 50 cm reduziert, womit eine erhebliche Verringerung des Rechenaufwandes erreicht werden konnte.

Als zusätzliche Information wurde das gerasterte Straßen- und Wegenetz aus den ALK-Ergänzungen des städtischen Katasteramtes in den Segmentierungsprozess integriert. Dieser thematische Layer führte zu einer eindeutigen Wegegenerierung und ver-

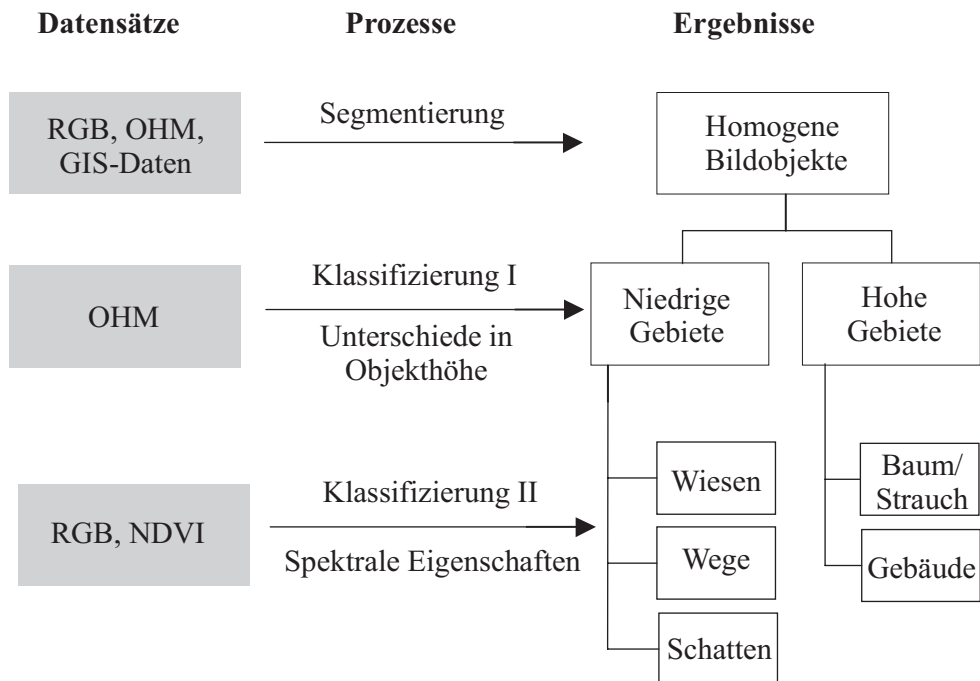


Abb. 2: Klassifikationsschema mit eCogniton.

besserte die Segmentierung von beschatteten bzw. durch Belaubung verdeckten Wegabschnitten.

Für die anschließende Klassifikation wurde eine Segmentierungsebene verwendet, die sowohl die Homogenisierung von großflächigen Objekten (Rasenflächen) als auch die Erfassung kleinräumiger Objekte (z.B. Baumgruppen) ermöglichte. Dabei ist die relativ zeitaufwändige manuelle Interaktion durch den Nutzer zur Festlegung der geforderten Segmentierungsparameter nicht zu unterschätzen.

Die Regelsätze für die Klassifikation wurden so einfach wie möglich gehalten, um einerseits den Arbeitsaufwand zu minimieren und andererseits ihre Übertragbarkeit auf andere Gebiete zu gewährleisten. Als erster Bearbeitungsschritt erfolgte eine Separierung in niedrige und hohe Gebiete mittels der Formulierung einer Zugehörigkeitsfunktion. Die Definition der Subklassen wurde anhand von repräsentativen Trainingsgebieten nach der Standard-Nearest-

Neighbour-Methode durchgeführt. Als Kriterien dienen die Multispektralwerte des NDVI und der RGB-Kanäle sowie des NIR-Kanals. Anschließend wurde mit Hilfe der Höhen aus dem OHM eine Differenzierung der Klasse „Baum/Strauch“ in verschiedene Höhenstufen (niedrige 1–7 m, mittlere 7–15 m, hohe Objekte 15–25 m) vorgenommen. Die Abb. 2 veranschaulicht das verwendete hierarchische Klassifikationsschema.

Die Klassifikationsgenauigkeit wurde anhand von unabhängigen Testgebieten untersucht. Problematisch zeigte sich die Klassifikation von Wegen in der Nähe hoher Gebäude, die aufgrund von systematischen Fehlern im DOM als Gebäude klassifiziert wurden. Die Gesamtgenauigkeit (overall accuracy) beträgt 92%, der Kappa Index of Agreement liegt bei 90%.

Die Abb. 4 verdeutlicht, dass die automatisierte Bildinterpretation der HRSC-A-Daten eine hohe Genauigkeit bei Unterscheidung von Vegetation und baulichen Anla-

gen erreicht. Größere, homogene Flächen (z.B. Rasenflächen) sind einfacher und präziser zu klassifizieren als heterogene Kleinobjekte (z.B. Einzelbäume). Eine eindeutige Zuweisung der Objekte in die verwaltungsspezifischen Pflegeeinheiten entsprechend des „Wolfsburger Modells“ ist mit der automatisierten Bildinterpretation nicht möglich. Dieser objektorientierte Ansatz eignet sich beispielsweise für die Analyse der Verteilung des Stadtgrüns. Das OHM unterstützt zudem die dreidimensionale Visualisierung der Vegetationsarchitektur. Weiterhin kann die automatisierte Bildinterpretation als Vorauswertung für die visuelle Bildinterpretation herangezogen werden.

Die Übertragbarkeit der entwickelten Klassifikationsregeln auf das gesamte Stadtgebiet ist dadurch begrenzt, dass sich die Diversität der spektralen Signaturen und Texturen pro betrachteter Flächeneinheit erhöht. Demzufolge wird das Klassifikationschema durch relativ zeitaufwändiges iteratives Vorgehen individuell anzupassen sein. Für eine flächendeckende und großräumige Anwendung der objekt-orientierten Bildverarbeitung in planerischen und organisatorischen Aufgaben müssen noch weitere Strategien zur operationellen Verarbeitung untersucht werden, vgl. BLASCHKE et al. (2002).

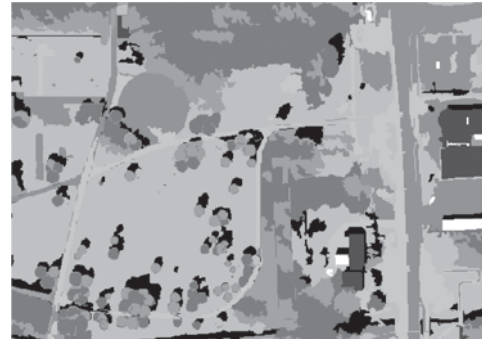
## 5 Visuelle Bildinterpretation

Die visuelle Bildinterpretation der originalen multispektralen Orthophotos erfolgte durch Digitalisierung am Bildschirm. Als Interpretationsschlüssel dienten die ca. 100 Pflegeeinheiten aus dem so genannten „Wolfsburger Modell“.

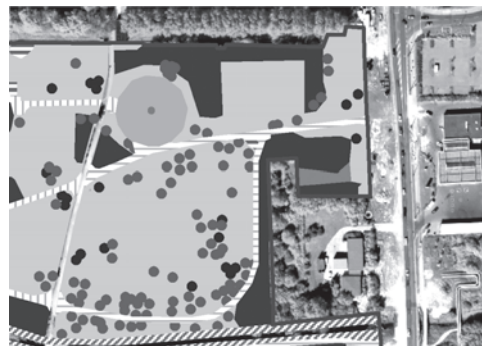
Von den 47 im Park vorhandenen Pflegeeinheiten konnten für 32% die Geometrien erfasst und die Sachdaten eindeutig zugeordnet werden. Dazu zählten vor allem großflächige oder hohe Objekte. Für weitere 40% konnten vom Bildschirm aus nur die Geometrien abgegrenzt werden. Pflege- und wachstumsbedingte Veränderungen der Vegetation im Jahresverlauf erschwerten die Zuweisung der Pflegeeinheiten mittels der visuellen Bildinterpretation. 28% der Pflegeeinheiten wurden nicht erkannt, wobei es



**Abb. 3:** Ausschnitt 280 m × 180 m aus dem RGB-Orthophoto der HRSC-A-Kamera, Stadtpark „Am Fischerdorf“ 19.05.2000.



**Abb. 4:** Automatisierte Bildinterpretation mit eCognition.



**Abb. 5:** Visuelle Bildinterpretation und terrestrische Ergänzungsinventur mit GPS-gestützter Kartierung.

sich überwiegend um Objekte mit geringer Höhe und/oder einer Ausdehnung von wenigen Pixel, wie z.B. Abfallbehälter, handelt.

Der Erfolg der visuellen Bildinterpretation (siehe Abb. 5) hängt von der Erfahrung des Interpreten und vom Aufnahmezeitpunkt der Bilddaten bezogen auf die phänologische Situation ab. Des Weiteren beeinflussen die lokalen Farb- und Formkontraste sowie die Größe bzw. Höhe der Objekte und der Anteil an beschatteten Bildelementen die Interpretation.

## 6 Mobile Datenerfassung mit GPS

Da bereits am Bildschirm einzelne Pflegeeinheiten der Grünflächen lagegetreu erfasst wurden, müssen die weiterhin erforderlichen Aufnahmen vor Ort nur punktuell durchgeführt werden. Dafür wurden ein Fujitsu Stylistic 1000 Pencomputer mit der GISPAD-Software und ein Leica GS50 GPS im DGPS-Modus verwendet.

Im städtischen Raum ist von schwierigen Messbedingungen auszugehen, da in der Nähe von Gebäuden und dichter Vegetation Mehrwegausbreitungseffekte sowie Abschattungen die Qualität des GPS-Signals reduzieren. Zur Überprüfung der Positionsgenauigkeit des GPS-Empfängers und der visuellen Bildinterpretation wurde eine vergleichende Referenzmessung mit dem Tachymeter durchgeführt. Die Positionsgenauigkeit von Punktobjekten beträgt mit dem Leica GS50 GPS-Empfänger durchschnittlich 1,2 m. Die Digitalisierung erreicht für Laubbäume während der Vegetationszeit Abweichungen von 1,1 m. Die durchschnittliche relative Flächengenauigkeit liegt für die GPS-Messung bei 9% und mit der visuellen Bildinterpretation bei 12%. Zu beachten ist, dass die relative Flächengenauigkeit von der Größe und Form eines Einzelpolygons abhängt (RESNIK 2002). Insbesondere kleine, schmale Objekte (z.B. Wege) weisen die größten Ungenauigkeiten auf. Falls die Kartierung außerhalb der Vegetationsperiode stattfindet, ist jeweils von einer leichten Verbesserung in der Messgenauigkeit auszugehen.

Mit Hilfe dieses mobilen GIS/GPS-Systems konnten

- der Aufwand für die terrestrische Vermessung der Geometrien wesentlich reduziert,
- eine komplexe Sachdatenerfassung über die Ausstattung der Grünflächen erreicht,
- Plausibilitätsprüfungen bereits im Feld durchgeführt sowie
- eine schnelle, digitale Datenübertragung gewährleistet werden.

Langfristig gesehen eignet sich die mobile Datenerfassung insbesondere für eine effiziente Inventur der Grünflächen und ihrer Ausstattung.

## 7 Schlussfolgerungen

Die steigende Nachfrage nach aktuellen und flächendeckenden sowie qualitativ hochwertigen Daten führt dazu, dass in Zukunft stärker Fernerkundungsdaten und mobile Geo-Informationssysteme für die Grünflächenerfassung eingesetzt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die automatisierte und visuelle Bildinterpretation in Kombination mit der mobilen GIS/GPS-gestützten Ergänzungsinventur Grünflächendaten in hinreichender räumlicher und zugleich inhaltlicher Auflösung liefern. Des Weiteren bietet die Möglichkeit der angemessenen Wiederholungsfrequenz, im Vergleich zu konventionellen Aufnahmemethoden, gute Chancen zur Fortführung der benötigten Flächendaten, bei gleichzeitiger Reduktion des Zeitaufwandes für die Datenfortschreibung.

Die visuelle Bildinterpretation erfasst zusammen mit der terrestrischen Inventur die verwaltungsrelevanten objekt- und raumbezogenen Daten für das Grünflächen-Informationssystem, während die automatisierte Bildinterpretation relevante Informationen für großmaßstäbige planerische, ökologische und stadtklimatische Fragestellungen liefern kann.

Zukünftig wäre die Übertragbarkeit der vorgestellten Methode sowie die Eignung der HRSC-A-Daten für die Erfassung von Stadtstrukturtypen, Versiegelungserhebun-

gen und Datenfortschreibungen in Form von Monitorings zu prüfen.

### Danksagung

Die verwendeten Datenprodukte der HRSC-A wurden freundlicherweise von der Abteilung Information und Kommunikation des Hauptamtes der Hansestadt Rostock zur Verfügung gestellt. Mein Dank gilt weiterhin der Abteilung Kataster des Kataster-, Vermessungs- und Liegenschaftsamtes der Hansestadt Rostock, für die Bereitstellung der Daten aus dem Automatisierten Liegenschaftskataster (ALK).

### Literatur

- BLASCHKE, TH., 2000: Ohne Salz und Pfeffer. – *GeoBIT/GIS*, **2**: 19–21.
- BLASCHKE, TH., GLÄßER, C. & LANG, S., 2002: Bildverarbeitung in einer integrierten GIS/Fernerkundungsumgebung – Trends und Konsequenzen. – In: BLASCHKE, TH. (Hrsg.): *Fernerkundung und GIS – Neue Sensoren, innovative Methoden*. – 1. Aufl., 1–8, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Definiens AG, 2001: *eCognition – Basic Concepts*. – 68 S., München, Version 2.1.
- HOFFMANN, A. & LEHMANN, F., 2000: Vom Mars zur Erde – die erste digitale Orthobildkarte Berlin mit Daten der Kamera HRSC-A. – *Kartographische Nachrichten*, **50** (2).
- HRSC-Team, 2002: High Resolution Stereo-Camera-Airborne, <http://solarsystem.dlr.de/FE/hrsc.html>
- RESNIK, B., 2002: Praktische Untersuchungen zur Genauigkeit von Flächenermittlungen mit Handeld-GPS-Empfängern – AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, **10**: 346–351, Heidelberg.
- SCHIEWE, J., 2001: Ein Regionen-basiertes Verfahren zur Extraktion der Geländeoberfläche aus Digitalen Oberflächen-Modellen. – *PFG*, **2001** (2): 81–90.
- SCHOLTEN, F., WEWEL, F. & SUJEW, S. (2001): Einsatz digitaler Kameras im Auflösungsbereich von 5 cm–1 m – Die neue HRSC-AX Kamerageneration in der geometrischen Analyse. – Publikation der DGPF, **10**: 101–111, Konstanz.
- Ständige Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag (GALK), 2002: Leitfaden Grünflächeninformationssysteme [http://www.galk.de/gris/If\\_kap2\\_3.htm](http://www.galk.de/gris/If_kap2_3.htm)

Anschrift der Autorin:

Dipl.-Ing. ANITA WEBNER  
 Universität Rostock  
 Institut für Geodäsie und Geoinformatik  
 Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18059 Rostock  
 Tel.: 0381-4982 187, Fax: 0381-4982 188  
 e-mail: [igg@auf.uni-rostock.de](mailto:igg@auf.uni-rostock.de)

Manuskript eingereicht: März 2003

Angenommen: März 2003