

# Hochauflösende Satellitenbildmosaike in der Planungspraxis - Potentiale und Grenzen am Beispiel eines sachsenweiten IRS-1C-Mosaiks

*Gotthard MEINEL; Jörg HENNERSDORF*

(Gotthard Meinel; Jörg Hennersdorf; Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., D-01217 Dresden, Weberplatz 1, email: gotthard.meinel@pop3.tu-dresden.de)

## 1 EINFÜHRUNG

Die Anforderungen an die Konkretetheit räumlicher Planung steigen ständig. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Dynamik der Veränderung resultiert daraus ein wachsender Bedarf an aktuellen Rauminformationen. Diesem Bedarf ist durch konventionelle Informationsquellen wie dem Luftbild bzw. der Vorortkartierung allein aus Kostengründen nicht mehr beizukommen. Mit den Daten des indischen Fernerkundungssatelliten IRS-1C stehen erstmals auch operationell nutzbare Daten für räumliche Planungen im Maßstab 1:25 000 zur Verfügung. Nachdem im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanzierten Projekts der Nutzen von IRS-1C-Daten für die Raumplanung nachgewiesen war, wurde im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft ein das gesamte Gebiet des Freistaates Sachsen einschließlich eines Umlandsaumes von 10 km Breite abdeckendes IRS-1C-Satellitenbildmosaik als Grundlage für visuelle Interpretationen für Belange der Raumplanung und Raumordnung erstellt. Erstellungsmethodik und Mosaikanwendung werden im folgenden vorgestellt.

## 2 AUSWAHL DER SATELLITENBILDSZENEN

Das zu erstellende landesweite Bildmosaik soll eine geeignete Grundlage für Planungsarbeiten im Maßstab 1 : 25 000 darstellen. Daraus resultiert eine geometrische Auflösung, wie sie derzeit operationell nur von den indischen Fernerkundungssatelliten IRS-1C und dem baugleichen IRS-1D erreicht werden. Weitere Forderungen waren neben der Bereitstellung von SW-Bilddaten auch die Berechnung von Farbinfrarot- und Naturfarbprodukten in einem 25 000er Bildmaßstab, was die Beschaffung multispektraler Bilddaten voraussetzte. Die Recherche der Satellitenbilddaten gestaltet sich über ISIS sehr einfach. Dieses vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) geführte Datenbanksystem erlaubt u.a. die schnelle Online-Recherche von IRS-Satellitenbilddaten nach den Suchkriterien geographische Lage (Punkt oder Rechteck), Aufnahmezeitpunkt und Sensor. Dem Nutzer werden die verfügbaren Bilddaten einschließlich Aufnahmedatum, Path- und Rowinformationen sowie dem Bewölkungsgrad in Tabellenform dargestellt. Die recherchierten Bilder können als Übersichtsaufnahme (Quicklooks) geladen werden. Dadurch ist sowohl eine erste grobe Beurteilung der Bildqualität (große Bewölkungs- und Dunstbereiche) als auch die Einschätzung der ungefähren Bildlage durch die Angabe der 4 Eckkoordinaten möglich. IRS-1C-Daten werden in der Regel innerhalb von 2 Tagen nach ihrer Akquisition in das Satellitenbildrecherchesystem ISIS eingestellt.

Bei der Zusammenstellung von Bildszenen für flächendeckende Bildmosaike sind die Kriterien Bildqualität, -aktualität, Aufnahmezeitpunkt, Flächendeckung und Kosten zu optimieren, die in einem komplizierten Wechselspiel zum Teil auch gegeneinander abzuwägen sind. Problematisch ist dabei noch, dass in der Bildauswahlphase die Szenenlage, Bildqualität und Bewölkungssituation nur relativ grob bekannt sind und deren genauen Werte letztlich erst nach Bildkauf bestimmt werden können. Die Lage der Bildszenen zeigt Abbildung 1.

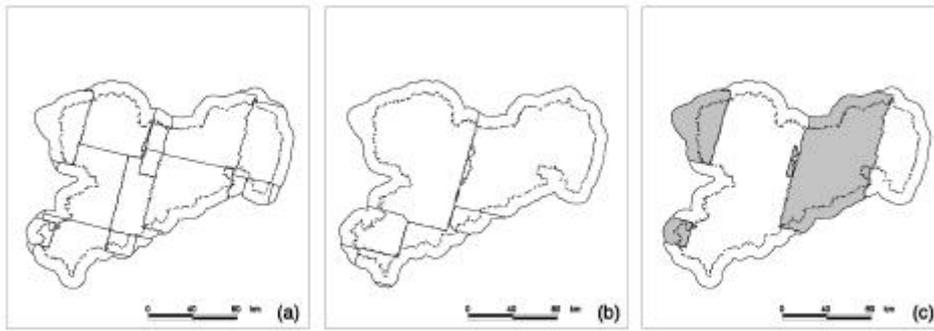


Abb.1: Gesamtmosaikfläche mit eingezeichneter Landesgrenze (gestrichelt) und Lage der Bildszenen (a) PAN, (b) LISS (c) Flächen gleichen Aufnahmedatums (grau)

*Kosten*

Satellitenbilddaten werden derzeit noch mehr oder weniger zum Festpreis verkauft. Dieses gilt sowohl hinsichtlich der verschiedenen Distributoren (die für einen Datentyp letztlich alle von der gleichen Quelle beziehen), der Bildqualität (keine Abstriche für höhere Bewölkungsgrade oder Dunstbereiche) als auch hinsichtlich der Anzahl der gekauften Bilddaten. Hier werden Mengenrabatte von maximal 5 - 10 % für aktuelle Daten gewährt. Größtes Problem - und sehr kontraproduktiv für die Satellitenbildnutzung - sind aber die noch mangelnden Angebote zur freien Flächenwahl. Meist müssen die Daten immer noch als Voll-, Viertel- bzw. Subszene gekauft werden, auch wenn nur wenige Quadratkilometer benötigt werden. Seit kurzer Zeit gibt es allerdings erste Angebote auch zum Kauf von Teilflächen. Die GAF mbH bietet mit Hilfe ihres Systems SATWeb im Internet IRS-1C-LISS-Daten von Deutschland nach freiem Flächenzuschnitt an. Über das Geographical Data Warehouse von Dornier Satellitensystem GmbH können u.a. Landsat-TM-Daten von Teilflächen erworben werden (15\*15 bzw. 30\*30 km). Die Datenkosten des landesweiten Bildmosaiks sind in der folgenden Tabelle 1 aufgelistet.

Tab. 1: Übersicht der Datenkosten der Einzelszenen und des Bildmosaiks

Bildtyp	Bildgröße [km]	Einzelbildpreis [₹]	Preis pro km <sup>2</sup> [₹/km <sup>2</sup> ]	Anzahl der Bilder	Gesamtpreis [₹]
PAN-Vollszene	70*70	2450,-	0,5	8	19600,-
PAN-Subszene	23*23	750,-	1,42	7	5250,-
LISS-Vollszene	140*140	2650,-	0,14	3	7950,-
LISS-Quadrant	70*70	1650,-	0,34	2	3300,-
Gesamtkosten (LISS und PAN)	19000 km <sup>2</sup>	-	1,90	20	36100,-

Der Betrag von 1,90 ₹/km<sup>2</sup> stellt einen realistischen vollständigen Datenpreis für IRS-1C-Pan- und LISS-Daten für große Bildmosaiken dar. Er liegt damit um den Faktor 3 über dem theoretischen Minimalwert von 0,64 ₹/km<sup>2</sup>. Der Mehrpreis ergibt sich durch unvermeidbare Mehrfachabdeckungen von Flächenteilen und unbenötigten Bildteilen, die bedingt sind durch den Szenenschnitt der Satellitenaufnahmen.

### 3 GEOREFERENZIERUNG

Die Georeferenzierung sollte mit hoher Entzerrungsgenauigkeit erfolgen, sollen doch die maßstabsfreien digitalen Bildprodukte auch in größeren Maßstäben dargestellt und andere Geodaten überlagert werden. Es wurden zuerst die panchromatischen Bilddaten auf Grundlage von TK25-Karten und anschließend die multispektralen LISS-Szenen auf die georeferenzierten PAN-Daten entzerrt. Dazu wurde im ersten Schritt ein Mosaik aller digitalen TK25-Grundrißlayer erstellt. Die Georeferenzierung erfolgte auf Basis von im Mittel 45 Paßpunkten pro Szene mit einer Polynomverzerrung zweiter Ordnung. Um auch an der Grenze zwischen den einzelnen Teilbildern eine hohe geometrische Genauigkeit zu erzielen, wurde im Überlappungsbereich der Bilder mit identen Paßpunkten (Verknüpfungspaßpunkten) gearbeitet. Generell kann eingeschätzt werden, das die innere Geometrie der IRS-1C-Daten sehr gut ist und mit einem mittleren Fehler von  $<0,8$  Pixeln (entsprechend 4 m) bei PAN bzw.  $<0,25$  Pixeln (entsprechend 5 m) bei LISS-Daten entzerrt werden kann. Durch eine Orthorektifizierung sollten bei panchromatischen Bildaufnahmen auch generell Entzerrungsfehler  $<0,5$  Pixeln erreicht werden. Die panchromatischen Szenen wurde auf 5 m, die LISS-Szenen auf 20 m resampelt. Als Resamplingmethode wurde „Cubic Convolution“ gewählt, da die Endprodukte in erster Linie einer visuellen Bildinterpretation dienen sollen.

### 4 MOSAIKBILDUNG

Ziel dieses Prozeßschrittes war die Erstellung eines Gesamtbildes aus den einzelnen entzerrten Satellitenszenen. Bei Mehrfachabdeckung von Flächen war zu entscheiden, welches Bild im Mosaik Verwendung findet. Das Bildmosaik wurde zusammengestellt nach dem Grundsatz „beste Qualität“ vor „höchster Aktualität“. Werden Einzelbilder unterschiedlicher Aufnahmezeitpunkte zusammengefügt, so zeichnen sich die Bildränder mit ihren aufnahmebedingten Farb- bzw. Grauwertunterschieden immer deutlich ab und stören den Gesamtbildeindruck. Dieses ist besonders auffallend im ländlichen Raum, wo große annähernd homogene Feldflächen durch unterschiedlichen Vegetationsbestand unterschiedliche Grauwerte bedingen. Um diesen Effekt zu minimieren, wurden Schnittkanten (Cutlines) entlang von Nutzungsgrenzen digitalisiert. Die Verwendung dieser Linien, die die Bildgrenzen im Überlappungsbereich der Einzelaufnahmen bestimmen, führen im Ergebnis zu Bildmosaiken ohne störende Bildränder. Geringe geometrische Ungenauigkeiten an den Bildrändern wurden durch eine gleitende Grauwertmittelung in einem insgesamt 4 Pixel (entsprechend 20 m im PAN und 80 m im LISS) breiten Streifen um die Grenzlinien gemildert (Intersection Type: Feathering with Cutline). Ein Histogrammmatching erfolgte nur im Überlappungsbereich der Bildszenen und auch nur dann, wenn die Szenen nicht vom gleichen Aufnahmedatum waren. Ein schwerwiegendes Problem bei der Erstellung großer Bildmosaike ist die Unfähigkeit vieler Betriebssysteme bzw. von Bildverarbeitungssoftware, Dateien  $>2,15$  GByte zu erstellen. Das entspricht der Adressierungsgrenze von 32-Bit-Dateiverwaltungssystemen ( $2^{31}-1$  Byte) bzw. von Applikationssoftware, die nicht mit Double-Integer-Adressierung arbeitet. Diese Dateigrößengrenze wurde durch die Nutzung der Mosaikierungsoption im Rahmen der Filekompression mittels MrSID überwunden.

### 5 NATURFARBKOMPOSIT UND BILDFUSION

Die multispektralen LISS-Daten des IRS-1C-Sensors stellen auf Grund der Kanallage Farbinfrarotkomposite dar. Eine derartige Darstellung ist besonders zur Erkennung und Beurteilung der Vegetation geeignet, setzt aber beim Bildinterpretieren mehr Interpretationserfahrungen voraus, als ein Naturfarbkomposit. Durch die immer umfassendere Nutzung von Fernerkundungsdaten setzen sich Naturfarbprodukte immer stärker durch. Da IRS-1C-LISS-Daten über keinen Blaukanal verfügen, bestand die Aufgabe, einen synthetischen blauen Farbkanal aus dem grünen, roten und infraroten Farbkanal zu berechnen. Um optimale Ergebnisse zu erreichen, wurde hier auf die umfangreichen Erfahrungen der GAF zurückgegriffen, die neben den originalen LISS-Daten auch die Berechnung eines synthetischen Blaukanals anbietet. Durch die Bildfusion eines geometrisch hochauflösenden panchromatischen und eines geometrisch geringer auflösenden multispektralen Bildes kann ein Farbbildprodukt mit der geometrischen Auflösung des panchromatischen Bildes berechnet werden. Ziel von Bildfusionverfahren ist letztlich eine hohe geometrische/strukturelle Bildgüte (Beibehaltung der PAN-Information) bei hoher spektraler/radiometrischer Bildgüte (Beibehaltung der multispektralen LISS-Information) des Fusionsprodukts. Nach umfangreichen Vorversuchen wurden das Naturfarbprodukt auf Basis der Hauptkomponententransformation (PCA) und das Infrarotprodukt auf Basis der Hochpaßfiltermethode (HPF) berechnet um optimale Fusionsprodukte zu erhalten.

## 6 BILDKOMPRESSION

Großflächige Bildmosaike beanspruchen unkomprimiert riesige Speicherkapazitäten. Diese steigen linear mit der Fläche und **quadratisch** mit wachsender Bildauflösung. Neben einer Dateigrößenreduzierung ist der Aspekt der Datenhandhabung in Geoinformationssystemen äußerst wichtig. In der GIS-Arbeit sollten die häufig als Hintergrundinformation dienenden Satellitenbilddaten in nahezu Echtzeit handhabbar sein. Das verlangt letztlich begrenzte Dateigrößen im Zusammenhang mit neuen Bildspeicherkonzepten (Pyramidenablage) und Viewertechniken. Die Firma LizardTech hat auf Basis der Wavelet-transformation ein Bildkompressionsprogramm mit dem Namen „Multiresolution Seamless Information Database“ (MrSID) entwickelt. Das Programm gestattet hohe Kompressionsraten bei sehr guter Bildqualität. Neben dem Kompressor wird auch ein Viewer für das programmeigene Bildformat SID angeboten, der sich durch hohen Komfort bei sehr schnellen Bildladezeiten auszeichnet. MrSID-Kompressor und -Viewer wurden einem umfassenden Test unterworfen mit sehr gute Ergebnisse bezüglich erreichbarer Kompressionsraten, Bildladezeiten und der Bildhandhabung sehr großer Datenmengen in Geoinformationssystemen. Erst ab Kompressionsraten von 15 für panchromatische und 30 für multispektrale IRS-1C-Bilder sind erste minimale Bildqualitätsminderungen bei Darstellungen in hoher Auflösung bemerkbar. Um eine Bildverfälschung auszuschließen, wurden mit 10 für die PAN bzw. 20 für die Farbbilder bewusst niedrige Kompressionsraten für die Bildmosaike gewählt. Die tatsächlichen Kompressionsraten lagen mit 15-55 wesentlich höher, da erhebliche Flächenanteile am Rand der rechteckigen Bilder ohne Informationen und damit stärker komprimierbar waren (Tab.2).

## 7 ERSTELLTE MOSAIKPRODUKTE

Tabelle 2 gibt einen Überblick der fünf landesweiten Bildprodukte mit den Dateigrößen der unkomprimierten TIFF- und der komprimierten SID-Dateien, der Kompressionsrate sowie der Bildladezeit in ArcView.

Tab. 2: Landesweite Bildprodukte, Speicherbedarf und Bildladezeiten

Produktname	Datengrundlage	Optimaler Darstellungsmäßstab	Filegröße TIFF [MB]	Filegröße SID [MB]	Kompressionsfaktor	Ladezeit <sup>1</sup> [s]
NAT100	synthetisch Blau, LISS2, LISS3	1:100000	343	11,3	30	10,5
INF100	LISS1-3	1:100000	343	11,3	30	10,5
GRAU25	PAN	1:25000	1830	126,4	14,5	5
NAT25	syn Blau, LISS2, LISS3 + PAN	1:25000	5500	103,7	53	9,2
INF25	PAN+LISS1-3	1:25000	5500	103,7	53	9,2

<sup>1</sup>Ladezeit des gesamten Bildmosaiks in Vollbilddarstellung im SID-Format unter ArcView3.1 auf Standard-PC (PentiumII/350Mhz)

Neben den Bildprodukten dienen folgende Vektordaten als unterstützende Informationen: Ein Vektorlayer mit den Grenzen der Szenen der Satellitenbilddaten einschließlich Aufnahmedatum und Szenenbezeichnung, ein Vektorlayer mit Bildbereichen gleichen Aufnahmedatums von PAN- und LISS-Daten, ein Layer mit der Abgrenzung der Wolkenbereiche sowie ein Layer mit den administrativen Grenzen. Weiterhin wurde eine Interpretationshilfe der wichtigsten Bodenbedeckungs- und Nutzungsklassen in Form von Arc/Info-Polygonen erarbeitet. Auf atmosphärenbedingte Bildeffekte wie Wolken- bzw. Wolkenshatten, sensorbedingte Bildfehler sowie Übersteuerungspunkte (Blobs) wird beispielhaft durch ein Punktcover hingewiesen. Auch auf die entstehenden Bildeffekte bei ungleichem Aufnahmedatum zwischen PAN- und LISS-Szenen und damit verbundenen Nutzungsänderungen (z.B. Neubebauung) oder Bodenbedeckungsänderungen (z.B. Abbaufortschritt, unterschiedlicher Vegetationsbestand in der Landwirtschaft) wird an Beispielen eingegangen.

## **8 ANWENDUNG DES BILDMOSAIKE IN DER PLANUNG**

### **8.1 Anwendung in der Landesplanung und Raumordnung**

Landesplanung und Raumordnung benötigen aktuelle Informationen zur Realsituation sowie den Stand von raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen. Diese sind im digitalen Raumordnungskataster (DIGROK) zusammengefaßt, welches sich im Freistaat Sachsen zur Zeit im Aufbau befindet. Das DIGROK wird gespeist von den Informationen der Landratsämter (untere Raumordnungsbehörde), der Regionalplanung, sonstigen Planungsträgern (z.B. Infrastruktur wie Energie, Straßenbau usw.) sowie Daten der Landesvermessung.

Die Zusammenführung der Informationen zu vorgesehenen, in Realisierung befindlichen und fertiggestellten raumbedeutsamen Sachverhalten ist im wesentlichen ein Organisationsproblem, da die Daten an definierten Stellen vorhanden sind. Anders die Lage zur Realnutzungsinformation der Fläche. Hier sind genügend aktuelle Informationen an keiner Stelle verfügbar. Derzeit wird die Information zur Realsituation in der Regel aus der topographischen Karte 1:10 000 abgeleitet, die mit ihrem Aktualitätsstand von 1992-97 im Mittel etwa 5 Jahre alt und damit nicht genügend aktuell ist. Durch die erstellten Satellitenbildmosaike sind nunmehr aktuellere Informationen zur Realnutzung möglich. Da es sich um eine reine bildhafte Information handelt, ist die Flächennutzung allerdings durch den Nutzer selbst durch visuelle Interpretation abzuleiten. Von den ca. 250 Einzelthemen des DIGROK können zu den Kapitel Bergbau, Altbergbau, Straße, Schiene, Flug, Sonder (Abfall), Einkauf und Versorgung mit Hilfe der Satellitenbilddaten Informationen abgeleitet werden.

Aus den IRS-Bilddaten kann durch visuelle Interpretation oder computergestützter Klassifikation eine Bodenbedeckungs- und indirekt eine Flächennutzungsinformation abgeleitet werden. Derartige Bildverarbeitungen sind hilfreiche Informationen im Rahmen von Planungen und Abwägungen, führen aber immer zu einer reduzierten Information gegenüber den Originalbilddaten, da die Flächen nur hinsichtlich eines bestimmten Klassifikationsschemas und nur mit begrenzter Genauigkeit bewertet (90 % Klassifikationsgüte ist sowohl für die visuelle Interpretation als auch die Klassifikation ein guter Wert!) werden können. Darum sind derartige abgeleitete thematischen Informationen in der Regel im Zusammenhang mit der originalen Realbilddarstellung zu benutzen.

Die Raumordnung kann aus IRS-1C-Daten wertvolle Informationen zum Istzustand der Flächennutzung und für die Genehmigungsfähigkeit von Bauanträgen ziehen. Ein wichtiges realistisches Anwendungsfeld für die Zukunft wäre u.a. eine realitätsnahe 3D-Landschaftsvisualisierung im Zusammenhang mit Großbauvorhaben wie Windkraftanlagen, Brücken und großen Industrie- und Gewerbegebäuden, um die Frage nach der Einordnung in das Landschaftsbild sowie Fragen der Sichtbeziehungen usw. zu klären.

### **8.2 Anwendung in der Regionalplanung**

Die Planung benötigt dringend aktuelle Daten zum Ist-Zustand der Landnutzung zur Überprüfung von Planungen bzw. als Datengrundlage für die Planung selbst. Die Regionalplanung hat die Aufgabe, Bindeglied zwischen den Flächennutzungsplanungen (FNP) der Kommunen und dem

Landesentwicklungsplan zu sein. Ihr Planungsmaßstab ist 1 : 100 000, die zugrundeliegenden Daten sollten aber in der Regel einen Maßstab von 1 : 25 000 haben. Da dieses einer optimalen Darstellung von IRS-1C-Farbkompositen entspricht, bewertet die Regionalplanung diese Daten als eine sehr gute Planungsgrundlage. So kann die aktuelle Flächennutzung, die derzeit noch auf Grundlage in der Regel veralteter topographischer Karten bzw. durch Geländebegehungen und damit sehr teuer erhoben wird aus den Satellitenbilddaten abgeleitet werden. Auch eine Siedlungsabgrenzung kann leicht auf Grundlage der Daten erfolgen. Damit kann sowohl die in der Vergangenheit aus Kartenwerken abgeleitete Siedlungsmaske qualifiziert werden, als auch eine Überprüfung der Realdarstellung mit Planunterlagen erfolgen. Allerdings hat sich gezeigt, dass für die Stellungnahmen im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren die Auflösung der IRS-Daten einschließlich der 5m-Bildfusionsprodukte oft nicht ausreicht und eine noch höhere geometrische Auflösung erforderlich wäre.

### **8.3 Anwendung im Naturschutz der Landschaftsplanung und der Biotop- und Nutzungstypenkartierung**

IRS-1C-Farbkomposite können im Rahmen des Naturschutzes z.B. für das Monitoring von Schutzgebieten (Zustandskontrolle) eingesetzt werden. Auch bilden sie eine sehr gute Grundlage für die Erzeugung aktueller Arbeitskarten für die Landschaftsplanung. So ist z.B. ein IRS-Bild mit überlagertem Straßen-, Wege- und Gewässernetz (ATKIS-Linienobjekte) ausgezeichnet als Übersichtskarte für Geländekartierungen geeignet. Einzelne Nutzungstypen können sehr gut eingeschätzt werden, beispielsweise Grünlandbereiche mit einem hohen Anteil an Einzelgehölzen, und so der Aufwand für Vor-Ort-Kartierungen eingeschränkt bzw. notwendige Erhebungen gezielter angegangen werden. Gegenüber ATKIS gestatten die IRS-Daten eine wesentlich feinteiligere Interpretation des Landschaftsinventars, die für die Landschaftsplanung und -ökologie von großem Wert ist. So sind große Bäume einschließlich ihrer Vitalität gut interpretierbar, Buschbestände an Wegrändern zu sehen sowie Schlaggrenzen- und Feldänderungen erkennbar. Wesentlicher Bestandteil des Landschaftsplanes ist eine aktuelle und flächendeckende Biotop- und Nutzungstypenkartierung. Diese kann teilweise auf Basis eines IRS-1C-Fusionsproduktes abgeleitet werden (siehe auch 5.)

### **8.4 Anwendung in Stadtplanung und kommunalem Umweltschutz**

Insgesamt muß eingeschätzt werden, dass IRS-1C-Daten nur teilweise Grundlage für die Lösung stadtplanerischer Aufgaben sein können. Für die überwiegenden Teil der Arbeiten wie z.B. die Flächennutzungsplanung ist ein Maßstab von 1 : 5 000 oder größer erforderlich, so dass die Auflösung der IRS-Daten unzureichend ist. Hier ist ein wesentlicher Durchbruch erst mit den neuen 1m-Satellitendaten zu erwarten. Allerdings sind IRS-Daten für verschiedene Arbeiten einer Gesamtstadtbetrachtung gut geeignet. So ermöglichen IRS-1C-Daten eine Stadtstrukturtypenkartierung (Einzel-, Reihenhaus, Villenviertel, Blockbebauung usw.) auf Basis der Baublockkarte. Diese Typisierung spiegelt wesentliche ökologische Merkmale der Flächen wieder, z.B. den mittleren Versiegelungsgrad. Durch Verknüpfung der Strukturtypen mit Datenbankinformationen wie Einwohnerzahl, Motorisierungsgrad, Energieverbrauch usw. können wichtige Informationen für die Stadtentwicklung abgeleitet werden. Dadurch können z.B. die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wo sind Potentiale für eine ressourcensparende Infrastruktur?
- Welche Gebiete können nachverdichtet werden?
- Wo liegen defizitäre Bereiche wohnungsnaher Erholung?
- Wo werden Biotopvernetzungsstrukturen gefährdet?

Weiterhin eignen sich IRS-Daten auch für eine Kartierung der Bodenversiegelung. Diese kann sowohl im Rahmen einer visuellen Interpretation, z.B. als Bewertung des mittleren Versiegelungsgrades eines Baublocks durch Zuordnung in eine von 5 Versiegelungsklassen oder durch Klassifikation auf Basis des Vegetationsindizes erfolgen.

Auch für die Grünflächenplanung sind IRS-Daten von wert, ist doch eine Bewertung städtischer Grünflächen auf Basis dieser Daten sehr gut möglich. Straßengrün ist in seiner Vitalität einschätzbar, Parkanlagen nach Wiesen und baumbestanden Flächen gut trennbar. IRS-1C-Daten können den Umfang der Geländearbeit im Rahmen der Fortführung einer Biotop- und Nutzungstypenkartierung entscheidend vermindern. Das Grünflächenamt der Stadt Dresden kam nach Prüfung der Nutzungsmöglichkeiten von IRS-1C-Farbkompositen zu folgenden Ergebnissen:

- Die Erkennbarkeit der Großvegetation ist ausgezeichnet. So kann das Baumkataster mit Hilfe der Daten gepflegt werden.
- Der Durchgrünungsgrad im Rahmen von Stadtbiotopkartierungen ist gut abschätzbar.
- Die Daten sind verwendbar für die Landschaftsplanung.
- IRS-Daten wirken unterstützen bei der Detektion von Nutzungsänderungen
- Eine vollständige Biotop- und Nutzungstypenkartierung allein auf Basis dieser Daten ist nicht möglich. Für Ergänzungen bzw. Überarbeitungen derartiger Kartierungen sind IRS-Daten allerdings gut verwendbar.

Auch für die Datengewinnung von neu eingemeindeten Gebiete sind IRS-1C-Daten eine wichtige Datenquelle. Für die Fortschreibung des Flächennutzungsplans im Maßstab 1:10 000 sind die Daten nur sehr bedingt einsetzbar. Hier reicht die geometrische Auflösung nur zur Kartierung neuer großer Flächennutzungsänderungen.

Die Bildmosaike ermöglichen der Landes- und Regionalplanung sowie der Raumordnung eine Visualisierung der aktuellen Realsituation der Flächennutzung bzw. Bodenbedeckung in hoher Auflösung nahezu in Echtzeit im Rahmen Ihrer Planungsarbeit mit GIS. Die erstellten 10 Satellitenbildmosaike sind damit eine der wichtigsten Datengrundlagen. Da die Landes- und Regionalplanung sowie die Raumordnung in Sachsen mit Arc/Info und ArcView arbeitet, wurde die Einbindung der Satellitenbildmosaike in diese System vorgenommen. Die Regionalplanung bewertet IRS-1C-Bilddaten als ausgezeichnete Planungsgrundlage im Maßstab 1 : 25 000. So kann die aktuelle Flächennutzung, die derzeit noch auf Grundlage topographischer Karten und Geländebegehungen und damit sehr aufwendig, teuer und wenig aktuell erhoben wird, aus den Satellitenbilddaten abgeleitet werden. Auch eine genaue Siedlungsabgrenzung kann leicht auf Grundlage der Daten erfolgen. Die Raumordnung kann aus IRS-1C-Daten wertvolle Informationen zum Istzustand der Flächennutzung (Fortführung digitaler Raumordnungskataster) und für die Genehmigungsfähigkeit von Bauanträgen ziehen. Ein wichtiges Anwendungsfeld wäre eine realitätsnahe 3D-Landschaftsvisualisierung im Zusammenhang mit Großbauvorhaben wie Windkraftanlagen, Brücken und großen Industrie- und Gewerbekomplexen, um die Frage nach der Einordnung in das Landschaftsbild sowie Fragen der Sichtbeziehungen usw. zu klären.

Im Rahmen der Stadtplanung ermöglichen IRS-1C-Daten eine Stadtstrukturtypenkartierung (Einzel-, Reihenhause, Villenviertel, Blockbebauung usw.) auf Basis einer Blockkarte. Diese Typisierung spiegelt wesentliche ökologische Merkmale der Flächen wider, z.B. den daraus leicht ableitbaren mittleren Versiegelungsgrad. Durch Verknüpfung der Strukturtypen mit Datenbankinformationen wie Einwohnerzahlen, Motorisierungsgrad, Energieverbrauch usw. können wichtige Informationen zur Stadtentwicklung abgeleitet werden. Weiterhin ist eine Bewertung städtischer Grünflächen auf Basis der IRS-1C-Daten sehr gut möglich. Straßengrün ist in seiner Vitalität einschätzbar, Parkanlagen nach Wiesen und baumbestanden Flächen gut trennbar. Die Hauptklassen einer städtischen Biotopkartierung sind im IRS-Farbkomposit bestimmbar, während Unterklassen nur in Einzelfällen erkannt werden können. So kann die Verwendung dieser Daten den Umfang der Geländearbeit im Rahmen der Fortführung einer Biotopkartierung entscheidend vermindern. Auch für die Datengewinnung von neu eingemeindeten Gebieten sind IRS-1C-Daten eine wichtige Datenquelle.

IRS-1C-Farbkomposite bilden eine sehr gute Grundlage für die Erzeugung aktueller Arbeitskarten für die Landschaftsplanung. So ist z.B. ein panchromatisches IRS-Bild oder ein IRS-Infrarotfusionsbild mit überlagertem Straßen-, Wege- und Gewässernetz (ATKIS-Linienobjekte) ausgezeichnet als Übersichtskarte für Geländekartierungen geeignet. Einzelne Nutzungstypen können sehr gut eingeschätzt werden wie beispielsweise Grünlandbereiche mit einem hohen Anteil an Einzelgehölzen. So kann der Aufwand für Vor-

Ort-Kartierungen eingeschränkt bzw. notwendige Erhebungen gezielter angegangen werden. Gegenüber ATKIS gestatten die IRS-Daten eine wesentlich feinteiligere Interpretation des Landschaftsinventars, die für die Landschaftsplanung und -ökologie von großem Wert ist. So sind große Bäume einschließlich ihrer Vitalität gut interpretierbar, Buschbestände an Wegrändern sowie Schlaggrenzen- und Feldänderungen erkennbar.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG

Mit IRS-1C-Satellitenbilddaten stehen erstmals operationell nutzbare Satellitenbilddaten zur Verfügung, die Kartierarbeiten bis zum Maßstab 1:25 000 ermöglichen. Die Daten bilden eine gute Grundlage für Flächennutzungsbestimmungen, die Siedlungsabgrenzung, die Erfolgskontrolle der Regionalplanung sowie die Erstellung von Arbeitskarten für die Landschaftsplanung. Die Probleme der Datenmosaikierung und Datenfusion sind weitestgehend gelöst. Durch wavelet-basierte Fusionsverfahren gelingt die Kompression großer Datenmengen auf handhabbare Filegrößen und die Datennutzung in nahezu Echtzeit in Geoinformationssystemen. So können die Daten z.B. als Hintergrundinformationen in GIS die aktuelle Flächendarstellung zeigen, aus der dann planungsrelevante Rauminformationen abgeleitet werden können. Um IRS-Satellitendaten den endgültigen Durchbruch in der praktischen Arbeit zu ermöglichen, sind in der Zukunft noch eine Reihe von Aufgaben zu lösen. Die Satellitenbilddatenanbieter sollten ihr Datenangebot flexibilisieren, indem sie Daten auch in beliebigen Flächengrößen und -zuschnitten anbieten und nicht nur wie bisher in Voll-, Viertel- und Subzenen. Gleichzeitig sind die Lizenzbestimmungen der Datenmehrfachnutzung zu flexibilisieren, denn die Daten sind für verschiedene öffentliche Einrichtungen gleichermaßen interessant. Um die Daten auf verschiedenen Ebenen der Planung und in der öffentlichen Verwaltung benutzen zu können, ist die Berechnung großer landesweiter Bildmosaiken sinnvoll. So kann eine Mehrfachprozessierung ausgeschlossen und damit Datenkosten eingespart werden. Derartige Datensätze könnten in einem Behördenintranet abgelegt und laufend gehalten werden. Bei den derzeit noch begrenzten Bandbreiten und den großen Datenmengen wird der offline-Datennutzung noch einige Zeit der Vorzug gegeben werden. Letztlich werden Verfahren zur halb- und vollautomatisierten Informationsgewinnung aus den Satellitenbilddaten zur Fortführung von Rauminformationssystemen zu entwickeln sein. Hier ist noch ein beträchtliches Stück Forschungsarbeit zu leisten.

## 10 LITERATUR:

- Busch, A.: Revision of Built-Up Areas in a GIS Using Satellite Imagery and GIS Data. ; IAPRS, Vol. 32. Part 4 AGIS – Between Visions and Applications, Stuttgart, 1998, 91-98
- IRS-1D Data Users Handbook; National Remote Sensing Agency; IRS-1D/NRSA/NDC/HB-12/97
- Meinel, G.; Lippold, R.; Netzband, M.: The Potential Use of New High Resolution Satellite Data for Urban and Regional Planning; ISPRS Commission IV Symposium „GIS-Between Visions and Applications“, Stuttgart, Vol. 32 Teil 4, ISSN 0256-1840, 375-381
- Raptis, V. S.; Vaughan, R. A.; Ranchin, T.; Wald, T.: An Assessment of different data fusion methods for the classification of an urban environment.; In: Ranchin, T.; Wald, L. (ed.), Fusion of Earth Data, Sophia Antipolis, Nice, France, 20-30 January, 1998, 167-179
- Sindhuber, A.; Jansa, J. : Multi-spectral and Multi-resolution Images for Updating Topographic Data. ; IAPRS, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, 1998, 273-280