

Raumzeitliche Analysen von Landschaftsstrukturen der Tagebaufolgelandschaft – Südraum Leipzig – mit Fernerkundungsmethoden

Angela Lausch

Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Angela.Lausch@ufz.de

1. Zusammenfassung

Die Landschaft des Südraumes Leipzig befinden sich, durch die seit den letzten Jahrhunderten massive Einwirkung des Menschen, in einem Prozeß der „Landschaftssukzession“. Es ist eine instabile Landschaft, in deren Ablauf es zu einer raumzeitlichen Änderung von Landschaftsstrukturen und Raummuster der raumbestimmenden Landschaftselementen, Biotopen und Landschaftseinheiten kommt. Diese Entwicklung zieht auch Änderungen in Funktion und Dynamik des Ökosystems nach sich, die in ihrem Fortgang nur schwer erfaßbar und meßbar sind. Die Existenz und das Wissen über räumlich dynamische Prozesse macht den Einsatz neuer quantitativer Methoden und Bewertungsansätze notwendig, mit dessen Hilfe Raummuster erfaßt, quantifiziert und dargestellt werden können.

In dem durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (ehemals DARA-GmbH, FKZ: 50 EE 9512) geförderten Projekt „Methodik zur Erkundung der Biotop- und Landschaftsdiversität in der Braunkohletagebaufolgelandschaft mit Fernerkundungsdaten“ wird untersucht, welchen Beitrag die Fernerkundung als neue Methode zur Analyse von raum-zeitlichen Landschaftsstrukturmustern unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Skalen in der Region Südraum Leipzig zu leisten vermag, sowie auf die Möglichkeiten und Grenzen der Einbeziehung von Fernerkundungsdaten zur Analyse von Indikatoren der Landschaftsstruktur hinzuweisen. Folgende Ergebnisse wurden bisher erreicht:

1. Multitemporale Untersuchungen der Veränderungen der Landschaft des Südraum Leipzig für die Zeitschnitte 1990 bis 1996 für wichtige Flächennutzungsstrukturen aus Fernerkundungsdaten.
2. Integration landschaftsplanerischer Aussagen zur Entwicklungskonzeption der Landschaft für das Jahr 2020, um historische, gegenwärtige als auch zukünftige Landschaftsentwicklungen sowie deren Veränderungen bewerten zu können.
3. Raum-zeitliche Analysen von Landschaftsstrukturmaßen (Raumstrukturmaßen)
 - Erfassung und Bewertung landschaftsbestimmender Raumstrukturmaße
 - Erfassung der raum-zeitlichen Veränderung von Raumstrukturmaßen
 - Bedeutung der Integration linearer Elemente (Verkehrsnetz) für die Berechnung und Anwendung von Landschaftsstrukturmaßen
4. Erste Ansätze zur Integration von Raumstrukturmaßberechnungen in Bewertungsverfahren

2. Untersuchungsgebiet und Problemstellung

Die seit den letzten Jahrhunderten zunehmende Einwirkung des Menschen auf das Ökosystem bedingten einen strukturellen und funktionalen Wandel in Dimensionen, die durch Gleichgewichtsreaktionen nicht mehr kompensierbar sind.

Dem bis zur Jahrhundertwende auf lokalen Tiefbaubetriebs- bzw. Kleingrubenabbau beschränkender Braunkohlenabbau des Südraum Leipzig¹ (vgl. Abb.2) folgte nach 1920 mit

¹ Der „Südraum Leipzig“ ist ein von HÖNSCH (1992) eingeführter Regionsbegriff und umfaßt das gesamte Tagebaugelände südlich von Leipzig

dem Aufschluß echter Großtagebaue eine großflächig beginnende Landschaftszerstörung. So wurden in den letzten 100 Jahren im Ballungsgebiet Leipzig-Halle ca. 250 km² (REGIONALER PLANUNGSVERBAND WESTSACHSEN 1998) historisch entstandene Kulturlandschaft großräumig zerstört.

Aufgrund der standörtlichen Heterogenität, der zum Teil hohen zeitlichen Dynamik und geringen menschlichen Einflußnahme in diesen Gebieten konnten sich jedoch spontane Sukzessionen und Biozöosen herausbilden, die in den umgebenden, meist intensiv genutzten Landschaften, kaum Platz finden. Dieses Mosaik an Lebensräumen bildet die Grundlage zahlreicher seltener Pflanzen- und Tierarten (vgl. DURKA et al. 1996). Durch die fortschreitenden land- und forstwirtschaftliche Rekultivierungen, der Flutung von Tagebauen sowie Sukzession entstehen Landschaften mit einer neuartigen Struktur, Funktion und Dynamik. Die Landschaft des Südraumes Leipzig befinden sich im Prozeß der „Landschaftssukzession“. Es ist eine instabile Landschaft. Endergebnis des Entwicklungsprozesses sind völlig neuartige Landschaftsstrukturen und Raummuster.

Für die Analyse biotischer und abiotischer Parameter, der Struktur und Funktion von Ökosystemen sowie für Untersuchungen von Habitaten und Populationen ist die Erfassung und Bewertung des Attributes Raum und der räumlichen Beziehungen ein grundlegender Untersuchungsschwerpunkt. Die Existenz und das Wissen über räumlich dynamische Prozesse macht den Einsatz neuer quantitativer Methoden notwendig, mit dessen Hilfe Raummuster erfaßt, quantifiziert und dargestellt werden können sowie die Ableitung von landschaftsökologischen Modellen ermöglicht wird (TURNER, 1989).

Seit ca. 10 Jahren wird der Betrachtung des Attributes Raum und deren räumlichen Beziehungen insbesondere den Arbeiten der nordamerikanischen Landschaftsökologen (FORMAN & GODRON 1986, TURNER 1989, TURNER & GARDNER 1991) starke Beachtung geschenkt. Die Entwicklung und erstmalige Einsatz von raumstrukturuntersuchenden Analysen finden ihre Wurzeln in den Ansätzen der „quantitativen landscape ecology“². So kommen in diesen Konzepten die Methoden wie Geographische Informationsverarbeitung, Satellitenbilderkundung sowie der digitalen Bildverarbeitung massiv zur raum-zeitlichen Analyse und Bewertung der drei wesentlichen Charakteristika von Landschaften - Struktur, Funktion und deren Dynamik - (FORMAN & GODRON 1986, MC GARIGAL & MARKS 1995) zur Anwendung. Das Mosaik bzw. die Struktur einer Landschaft kann durch Landschaftsstrukturmaße (LSM) oder auch Raumstrukturmaße (RMS) beschrieben werden. Strukturmaße (vgl. Abb.1) umfassen die Analyse der Form-und Gestalt, des Musters, der Komplexität, der Konfiguration (Anordnung) sowie der Komposition (Zusammensetzung) von Landschaftselementen oder *patches*³ (Fliese, Ökotope, Biotop, Physiotope, Geotope, im englischen auch patches) der Biotop- und Landnutzungsklasse sowie der Landschaft. Mit Hilfe Raumstrukturmaßen gelingt es zunehmend, über die reine Flächenstatistik einer Flächennutzungskarte hinaus, Aussagen hinsichtlich raumstruktureller Eigenschaften von Landschaftselementen, Landschaftselementklassen sowie der gesamten Landschaft zu machen.

Ziel des Vortrages ist es darzustellen, welchen Beitrag die Fernerkundung als neue Methode zur Analyse von raum-zeitlichen Landschaftsstrukturmustern unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Skalen in der Region Südraum Leipzig zu leisten vermag, sowie auf die Möglichkeiten und Grenzen der Einbeziehung von Fernerkundungsdaten zur Analyse von Indikatoren der Landschaftsstruktur hinzuweisen. Es werden landschaftsökologische Strukturmaße auf der Grundlage einer Flächennutzungskartierung aus Fernerkundungsdaten

² „quantitative landscape ecology“ versucht begrifflich die starke Dominanz der Verwendung von GIS, Fernerkundung sowie digitaler Bildverarbeitung zur Analyse räumlicher Phänomene hervorzuheben. Umgangssprachlich wird auch vielfach der Begriff „landscape ecology“ hierfür verwendet.

³ Auch auf deutsch findet der Begriff *patch* Verwendung, da hierfür kein adäquates deutsches Wort existiert. In dieser Arbeit wird der Begriff *patch* für die kleinste homogene Flächeneinheit verwendet.

bzw. der vorliegenden Biotoptypenkartierung berechnet. Die Berechnung der Strukturmaße stellt eine quantitative Methode zur Charakterisierung, Beschreibung und Bewertung von Raummustern mit der Zielsetzung, Rückschlüsse auf ökologische Prozesse ziehen zu können, dar. Ein Vergleich der erfaßten landschaftsökologischen Strukturmaße einer Region mit Literaturdaten ist jedoch kaum möglich, da eine allgemein anerkannte, standartisierte Arbeitsweise zum Erfassen von Landschaftsmaßen bei der Analyse von Zuständen und raum-zeitlichen Veränderungen noch am Anfang wissenschaftlicher Arbeiten steht. So müssen beim Arbeiten mit Fernerkundungsdaten (Satelliten- und Luftbilddaten) folgende Faktoren, die einen Einfluß auf die quantitativ richtige Analyse und Beschreibung von Landschaftsstrukturen haben, unbedingt beachtet werden:

- Realitätsnahe Abbildung des Flächennutzungsmusters mit Fernerkundungsdaten
- Sicherung der Vergleichbarkeit unterschiedlich verwendeter Datenmodelle (Raster, Vektor) der Datenerfassung
- Sachgerechtes Monitoring der Flächennutzungsänderung mit Fernerkundungsdaten (Monitoring von Landschaftsstrukturmaßen)

Hierfür werden innerhalb des Projektes wichtige methodische Vorgehensweisen erarbeitet und zur Diskussion gestellt.

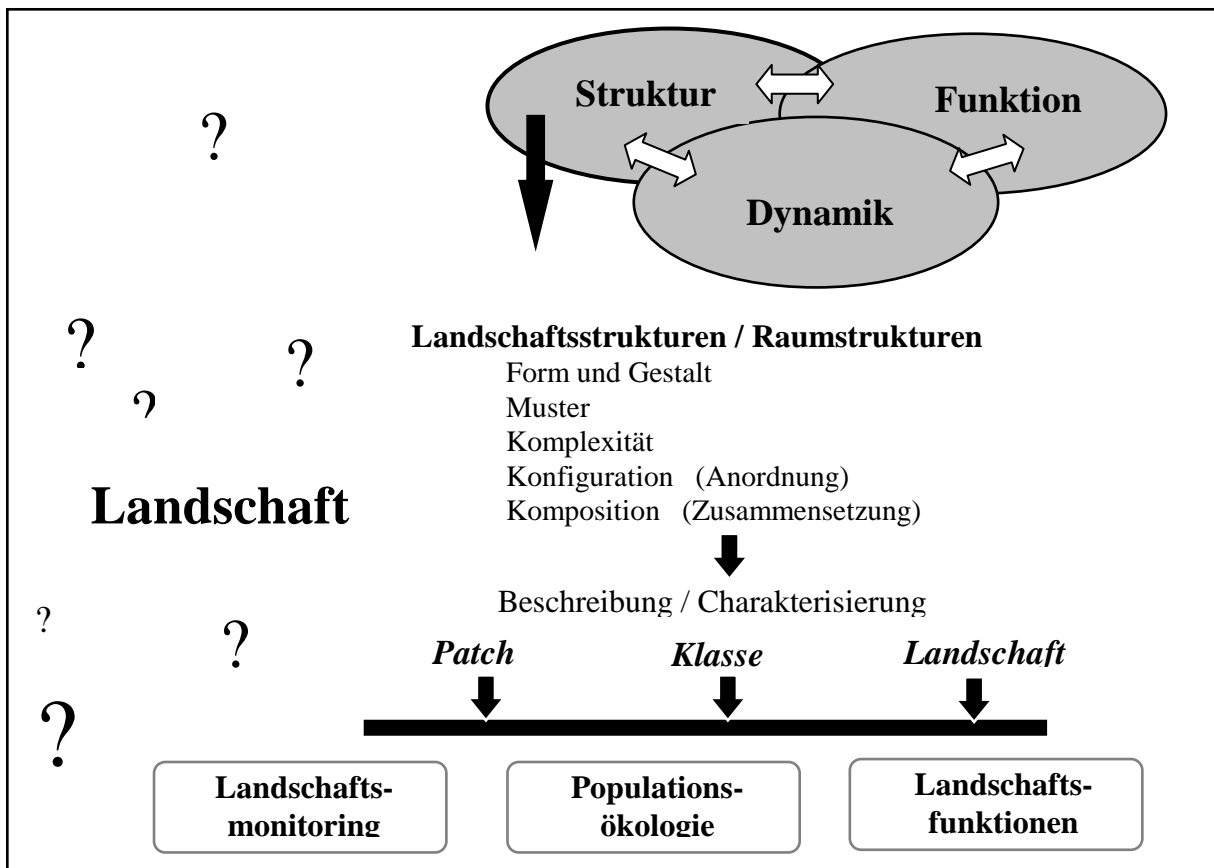


Abb.1: Die drei wesentlichen Grundcharakteristika von Landschaften nach der Landschaftsdefinition von FORMAN & GODRON 1986

2. Übersicht zum Projektvorgehen und Datengrundlagen

Datengrundlagen der multitemporalen, multisensoralen Auswertungen sowie der raum-zeitlichen Analyse von LSM bilden drei ausgewählte Satellitenbildszenen des französischen Sensors SPOT (1990,1994,1996). Mittels der Bilddaten Spot-XS wurden für alle Zeitschnitte eine hierarchische Klassifikation durchgeführt mit deren Hilfe elf Flächennutzungsklassen für

den Südraum Leipzig ausgeschieden werden konnten (vgl. Abb. 3). Aufgrund der geringen geometrischen Auflösung (20 Meter/Pixel) der Fernerkundungsbilddaten konnte das vorliegende Verkehrsnetz des Raumes zwar visuell erfaßt, jedoch nicht klassifiziert werden. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit der Integration des Verkehrsnetzes aus der vorliegenden Biotoptypenkartierung in die Bilddaten der Flächennutzungsklassifikation.

Die vektorieLL vorliegende Biotoptypenkartierung Sachsen (digital erfaßt aus Luftbilddaten) stellt eine wichtige Datengrundlage dar. Mit ihrer Hilfe sind Vergleiche der berechneten LSM nach der Biotoptypenkartierung und der Satellitenbilddatenklassifikation möglich. Um Aussagen über die Auswirkungen auf Raumstrukturmaße der zukünftigen Entwicklung von Biotop- und Landschaftsstrukturen für den Raum machen zu können, wurde die Entwicklungskonzeption Landschaft für den Zeitschnitt 2020 vektorieLL erfaßt und in die Biotoptypenkartierung (vgl. Abb.4) sowie Flächennutzung der Satellitenbildklassifikation des Jahres 1996 integriert. Alle für den Untersuchungsraum vorliegenden Daten wurden in das Rasterformat von 10 Metern/Pixel transformiert und nachfolgend die Berechnungen zu den Landschaftsstrukturmaßen rasterbasiert durchgeführt.

3. Möglichkeiten und Grenzen der Analyse von Raumstrukturmaßen – Shape-Index

Shape-Index

Die Analyse der Landschaftskonfiguration, speziell der Komplexität von Landschaften, ist für die landschaftsökologische Forschung zu einem wichtigen Untersuchungsgegenstand geworden. So ist die Gestalt bzw. Form von Landschaftselementen von entscheidender Bedeutung für die Wechselwirkung sowie den Ablauf unterschiedlichster ökologischer Prozesse (vgl. FORMEN et al. 1986, Mc GARIGAL et al. 1994). Der Gestaltindex in Interaktion mit der Größe eines Landschaftspatches spielt insbesondere bei Migrationsprozessen unterschiedlichster Arten eine sehr große Rolle.

Der Shape-Index (SHAPE = Shape-Index) als ein Gestaltsmaß findet erstmalig Eingang in der landschaftsökologischen Forschung durch FORMAN & GODRON 1986. Der Index bewertet die Komplexität der Gestalt eines Landschaftselementes durch den Vergleich mit einer Standardgestalt (Rasterversion = Quadrat). Je weiter die Gestalt des Landschaftselementes vom quadratischen Standard abweicht, desto größer ist der Wert des Parameters.

Die Quantifizierung der Gestalt- und Formmetrik bezieht sich auf die Analyse des Verhältnis von Fläche und Umfang und wird mit folgender Formel beschrieben:

$$\text{Rasteruntersuchung:} \quad SHAPE = \frac{0,25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \quad (\text{Gl. 1})$$

a_{ij} = Fläche des ij-ten Patches (m²).

p_{ij} = Umfang des ij-ten Patches (m).

In der vorliegenden Untersuchung wird am Beispiel des LSM Shape-Index gezeigt wie wichtig es ist, notwendige Rahmenbedingungen für die Untersuchung von Landschaftsmaßen zu setzen, um repräsentative und mit Literaturdaten vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Für die Untersuchung der LSM sind zu beachten:

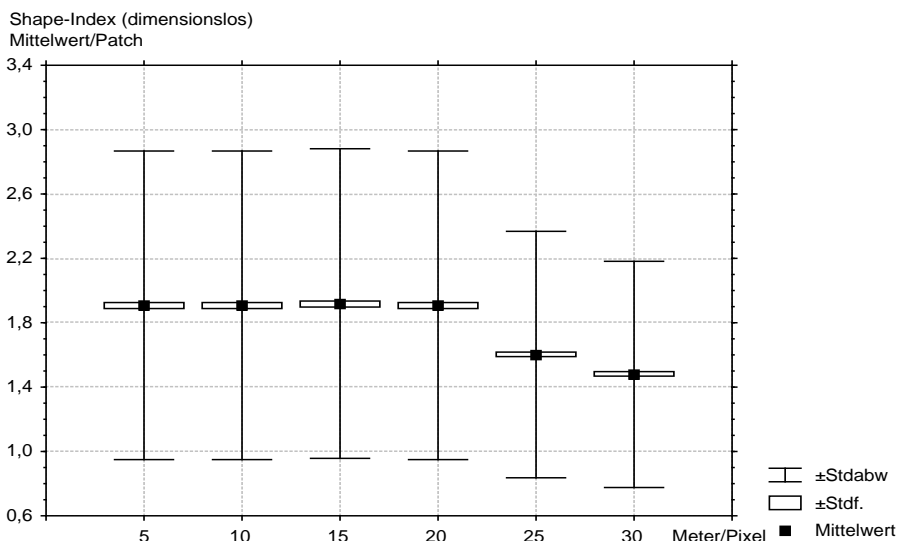
1. Rasterzellgröße bzw. geometrische Auflösung
2. Realitätsnahe Abbildung der Landschaft durch das klassifizierte Satellitenbild
3. Einsatz von unterschiedlichen Datenmodellen der Datenerfassung (Satellitenbilddaten = Rastermodell, Biotoptypenkartierung = Vektormodell)
4. Sachgerechter multitemporaler Vergleich von klassifizierten Satellitenbilddaten bzw. multitemporaler Vergleich von Landschaftsstrukturmaßen

3.1 Auswirkungen der Wahl unterschiedlicher Rasterzellgrößen auf LSM – Beispiel Shape-Index

Die Ergebnisse der Flächennutzungsklassifikation aus Fernerkundungsdaten werden durch die geometrische und spektrale Auflösung des verwendeten Sensors stark beeinflusst. Im Untersuchungsraum Südraum Leipzig kamen Fernerkundungsdaten unterschiedlicher geometrischer Auflösung (Spot-XS = 20 Meter/Pixel, IRS-1C/LISS = 20 Meter, Landsat-TM= 30 Meter) für die multisensoralen Auswertungen zur Anwendung.

Hieraus ergab sich die Notwendigkeit zu untersuchen, inwieweit eine Beeinflussung der Berechnungen der LSM bereits durch die Wahl unterschiedlicher Rasterzellgrößen der Fernerkundungsdaten beeinflusst wird. Zur Untersuchung des Einflusses der Rasterzellgröße wurde die mit elf Klassen vorliegende Flächennutzungsklassifikation der Fernerkundungsbilddaten Spot-XS 1994 mit einer geometrischen Auflösung von 20 Meter/Pixel in weitere Datensätze mit einer Rasterzellgröße von jeweils 5, 10, 15, 25 und 30 Meter/Pixel durch den Prozeß – Resampling - transformiert und nachfolgend die Berechnungen der LSM durchgeführt.

In den Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß bereits die Wahl unterschiedlicher Rasterzellgrößen der berechneten Daten einen Einfluß auf LSM auf den Ebenen Landschaft, Klasse und Patch hat. Es konnte gezeigt werden, daß beispielsweise bei der Berechnung des Shape-Index auf Patchebene bei den Rasterzellgrößen 5, 10, 15 und 20 Meter/Pixel keine nennenswerten Änderungen zu verzeichnen sind (vgl. Diagramm 1). Hier liegen die Mittelwerte/Patch bei ca. 1,9 wohingegen bei den Rasterzellgrößen 25 und 30 Meter/Pixel die Shape-Index-Werte auf Mittelwerte von 1,6 bzw. 1,5 absinken. Diese quantitative Änderung des Shape-Wertes bei Änderung der Rasterzellgrößen von 20 auf 30 Meter/Pixel konnte auch im Differenzenbild raumbezogen dargestellt werden. So führt die rasterbedingte Veränderung des Shape-Index-Wertes durch Übergang von 20 auf 30 Meter/Pixel neben Bereichen mit keiner Änderung des Form- und Geometriewertes zu Bereichen einer Zunahme bzw. Abnahme des Gestaltindex (vgl. Abb.5).



Diagr.1: Berechnung des Shape-Wertes auf Patch-Ebene für die Klassifikation Spot-XS mit unterschiedlichen Rasterzellgrößen

Folgende Ursachen können für die Änderung der LSM bei der Analyse von Datensätzen unterschiedlicher Rasterauflösung genannt werden:

- Aggregation von Rasterzellen,
- Veränderung der Patch-Form und Patch-Anzahl
- Veränderung der Anzahl der Flächennutzungsklassen (Kleinstrukturen wie Alleen, Gehölze werden eliminiert)
- Veränderungen (Anzahl und Länge) von Grenzen, Rändern und Umfängen von Einzelflächen (Patches)

3.2 Realitätsnahe Abbildung der Landschaft durch das klassifizierte Satellitenbild

Die Klassifikation und Erfassung von Land cover aus Fernerkundungsdaten stellt eine optimale Datengrundlage zur Generierung unterschiedlicher Landschaftsmetriken und ein praktisches Werkzeug zur Analyse von ökologischen Prozessen dar. Für die Berechnung der LSM kam die aus den Satellitenbilddaten Spot-XS durchgeführte Klassifikation zum Einsatz. Die hierbei berechneten Shape-Werte (vgl. Abb. 6, oben links) zeigen jedoch ein für die Landschaft uncharakteristisches Bild der vorliegenden Form- und Geometrien der Landschaftselemente. So wurden insbesondere für die im Osten und Westen des Untersuchungsraumes gelegenen landwirtschaftlichen Nutzflächen hohe Shape-Index-Werte ermittelt, wodurch eine stark komplexe Form und Geometrie der Landschaft „vorgetäuscht“ wird. Das klassifizierte Satellitenbild gibt somit nicht im genügenden Maße die Form, Geometrie und Muster von Einzelflächen wieder. Dies begründet sich ursächlich aus zwei Problemen, die bei der Bearbeitung von Fernkerundungsdaten auftreten:

1. Die Klassifikation der Bilddaten erfolgt aufgrund ungenügend vorliegender Fernerkundungsdaten für das Jahr 1994 nur monotemporal. Die sich hieraus ergebende Fehlergröße der Nichttrennbarkeit von Klassen mit ähnlichen Reflexionseigenschaften wie z.B. Ackerland und Grünland wurde durch Aggregation dieser Klassen reduziert. Somit werden die Flächen agrarischer Nutzung im klassifizierte Satellitenbild nur durch einen geringen Anteil anderer Klassen getrennt, wodurch großflächige und komplexe agrarische Bereiche das Landschaftsbild prägen.
2. Straßen sind wichtige sekundäre Daten, um Aspekte der Habitatfragmentierung (WICKHAM et al. 1997), das Mosaik sowie großräumige Zerschneidungsprozesse einer Landschaft zu untersuchen. Hierzu ist jedoch die Erfassung des Verkehrsnetzes aus Geoinformationssystemen erforderlich. Aufgrund der noch nicht ausreichenden geometrischen Auflösung der Fernerkundungsdaten Spot-PAN (10 Meter/Pixel) sowie IRS-1C/PAN (5,8 Meter/Pixel) sowie den derzeitig zur Verfügung stehenden Klassifikationsalgorithmen ist trotz der bereits gut möglichen visuellen Interpretation des Verkehrsnetzes eine in guter Qualität durchzuführende Klassifikation des Straßennetzes noch nicht möglich.

Um eine realitätsnahe Abbildung der Landschaft im Fernerkundungsbild zu erreichen, wurde das digital vorliegende Verkehrsnetz der Biotoptypenkartierung von Sachsen mit einer Rasterzellgröße von 10 Meter in die Satellitenbildklassifikation integriert.

Die vorliegenden Untersuchungen zum Shape-Index zeigen, daß durch die Integration linearer Elemente (Verkehrsnetz), es zu einer starken Veränderung der Gestaltskomplexität (Shape-Werte) der einzelnen Patches der Landschaft kommt (vgl. Abb.6, oben rechts). So liegen die Shape-Werte der im Osten und Westen stark dominierenden land- und forstwirtschaftlichen Strukturen nach der Integration des Verkehrsnetzes in geringen Wertebereichen von vorrangig 1-3. Diese geringen Shape-Werte liegen erwartungsgemäß für Flächen mit starken geometrischen Formen vor, wie sie Agrarflächen unserer Kulturlandschaft darstellen. Die Bereiche des Tagebauoffenlandes mit einem nur geringen Anteil an Verkehrsflächen und somit geringem Zerschneidungsgrad hingegen, weisen auch nach der Integration der linearen Verkehrsstrukturen einen Shape-Wert von > 6 auf.

3.3 Probleme der Vergleichbarkeit von LSM bei unterschiedlich verwendeter Modellen der Datengrunderfassung

Der Einsatz der Geofernerkundung implementiert die Anwendung von Satellitenbilddaten sowie von Luftbilddaten. Aufgrund der derzeit für Satellitenbilddaten vorliegenden geometrischen und spektralen Beschränkungen, ist eine hybride Kombination von rasterbasierten Satellitenbilddaten mit den vektoriell erfaßten Biotoptypenkartierung aus Luftbilddaten unerlässlich. Hieraus stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die Verwendung unterschiedlicher Datenmodelle der Datengrunderfassung (Satellitenbilddaten = rasterbasiertes Datenmodell; Luftbilddaten und der daraus digital erfaßten Biotoptypenkartierung = vektorbasiertes Datenmodell) bereits Änderungen von LSM nach sich ziehen.

Für diese Untersuchung wurden die Biotop- und Landnutzungstypen der Biotoptypenkartierung auf elf Klassen, entsprechend der Klassifikation von Spot-XS 1994, zusammengefaßt, um vergleichbare Berechnungen zu den LSM durchführen zu können.

In den vorliegenden Untersuchungen zeigen die Berechnungen des Shape-Index-Wertes für die Klassifikation von Spot-XS-Daten sowie der Biotoptypenkartierung ein ähnliches Verhalten der Shape-Index-Werte. In beiden Datensätzen werden die vorwiegend im Osten und Westen des Untersuchungsraumes gelegenen landwirtschaftlichen Nutzflächen mit hohen Shape-Index-Werten belegt, was ursächlich mit der nicht realitätsgetreuen Abbildung des Flächenmusters begründet werden kann. Klassen, die in der Biotoptypenkartierung als Flächenvektoren vorliegen, werden nach der Transformation in das Rasterzellenformat aggregiert. Das vektoriell vorliegende Verkehrsnetz wird aufgrund der Konvertierung „Vektor (Poly) zu Raster“ eliminiert, wodurch auch hier ein nicht realitätsnahes Raummuster der Landschaftselemente erzeugt wird.

Die Integration des Verkehrsnetzes als Rasterstruktur in den Datensatz (vgl. Abb. 6, unten rechts) erbrachte auch hier die erwarteten geringen Werte der Form- und Geometrie für stark anthropogen beeinflusste Landschaftselemente wie beispielsweise landwirtschaftliche Strukturen. Die Analyse der unzerschnittenen Tagebauflächen (vgl. Tab.1) zeigt in allen verwendeten Datensätzen relativ hohe Shape-Index-Werte, wobei die Werte der Biotoptypenkartierung (ca. 3 bis 5) im Verhältnis zu den Daten der Satellitenbildklassifikation (ca. 6) niedriger ausfallen. Folgende Gründe können hierfür genannt werden:

1. Die Klassifikation von Satellitenbilddaten erfolgt pixelbasiert. Die Grenzen der Biotope und Flächennutzungsstrukturen werden durch „weiche“⁴ Grenzen charakterisiert. Die vektoriell erfaßte Biotoptypenkartierung zeigt hingegen „harte“⁵ Grenzen
2. Die Abgrenzung kleiner innerer Biotop- und Flächenstrukturen (Bsp. Pioniervegetation im Tagebau) werden im klassifizierten Satellitenbild pixelbasiert erfaßt, wohingegen diese in einer Vektorerfassung aufgrund geringer Flächenanteile möglicherweise nicht erfaßt werden.

⁴„weiche“ Grenzen: Die Grenze zwischen Biotop- und Flächennutzungsstrukturen ergeben sich aus der gewählten Rasterzellgröße sowie der Klassifikation der einzelnen Bildelemente (Pixel) zu einer Klasse. Die Flächen unterschiedlicher Klassen werden somit unscharf abgegrenzt.

⁵„harte“ Grenzen: Die Grenzen zwischen Biotop – und Flächennutzungsstrukturen werden vom Interpreten erfaßt und vektoriell linien-oder flächenscharf abgegrenzt.

Tab.1: Vergleich der Shape-Index-Werte* (Patch-Level) der Tagebauflächen Südraum Leipzig unterschiedlicher Datensätze

Tagebau-Offenland (vegetationslos)	Klassifikation Spot-XS 1994 (11 FN-Klassen)	Klassifikation Spot-XS 1994 + Verkehrsnetz (11+4 FN-Klassen)	Biotoptypen angepaßt (11 Biotop-u. Flächennutzungstypen)	Biotoptypen angepaßt + Verkehrsnetz (11+4 Biotop-u. Flächennutzungstypen)
Zwenkau	> 6	> 6	> 6	> 6
Espenhain	> 6	> 6	> 4 - 5	> 4 - 5
Peres	> 6	> 6	> 3 - 4	> 3 - 4
Witznitz	> 6	> 6	> 3 - 4	> 3 - 4
Schleenhain	> 6	> 6	> 4 - 5	> 4 - 5
Bockwitz/ Borna-Ost	> 4 - 5	> 4 - 5	> 3 - 4	> 3 - 4

(*Shape-Index-Wert/Patch dimensionslos)

3.4 Monitoring mit Fernerkundungsdaten, Monitoring von Landschaftsstrukturmaßen

Mit Hilfe der Satellitenbildklassifikation ist es möglich, relativ kostengünstig, Analysen der Flächennutzung sowie deren Änderungen großräumiger Landschaften multitemporal durchzuführen. Die im Untersuchungsraum durchgeführten Analysen der Jahre 1990, 1994, 1996 sowie 2020 zeigte, daß der Erfolg einer multitemporalen Satellitenbildklassifikation von der Lösung folgender drei Hauptprobleme abhängig ist:

1. Unterschiedlich vorliegende phänologische Stadien der Vegetation der Satellitenbilddaten unterschiedlicher Jahre müssen berücksichtigt werden
2. Änderungen von Flächennutzungsstrukturen landwirtschaftlicher Flächen innerhalb eines Jahres müssen berücksichtigt werden
3. Normierung der Klassifikation in allen Zeitschnitten
 - Gleiche Vorgehensweise der Klassifikation (Sensor, Klassifikationsalgorithmus) in allen Zeitschnitten
 - Gleiche Anzahl der Flächennutzungsklassen sowie Erfassung aller Flächennutzungsklassen in allen Zeitschnitten

Bei Beachtung dieser Rahmenbedingungen können aus den klassifizierten Satellitenbilddaten LSM für unterschiedliche Zeitschnitte (vgl. Abb.7) berechnet werden.

Die Analyse der Dynamik der Form und Geometrie von Landschaftselementen für den Südraum zeigen, daß insbesondere die Tagebauflächen einer starken Änderung im Gestaltmaß unterliegen. Diese zeitlichen Änderungen von Landschaftselementen in der Tagebaufolgelandschaft können im Differenzenbild (vgl. Abb.8) die Tendenzen der Änderungen wiedergeben. Mit Hilfe der Erfassung von LSM sind somit Änderungen großräumiger Landschaften über große Zeitabschnitte erfaßbar und quantifizierbar. Es können weiterhin die Auswirkungen landschaftsplanerischer Umsetzungen (Bsp. Entwicklungskonzeption Landschaft, Jahr 2020) auf Struktur und Form von Biotop- und Landschaftselementstrukturen erfaßt, quantifiziert und bewertet werden.

4. Diskussion

Ziel der Untersuchungen war es, die Biotop- und Landschaftsstrukturen des Südraumes Leipzig mit Hilfe der Geofernerkundung und der Berechnung von Landschaftsstrukturmaßen raum-zeitlich zu erfassen, zu beschreiben und zu quantifizieren. Es konnte in der Untersuchung nachgewiesen werden, daß sich multispektrale Satellitenbilddaten mittlerer geometrischer Auflösung (Spot-XS) sowie Daten der Biotoptypenkartierung (Luftbilddaten) gut für die Berechnung von Raumstrukturmaßen eignen, wenn folgende Rahmenbedingungen eingehalten werden:

1. Die Wahl der Rasterzellgröße hat einen Einfluß auf Berechnungen von LSM. Es sollte daher nur ein Vergleich unterschiedlicher Datensätze auf gleicher Rasterzellbasis hinsichtlich der Raumstrukturmaßen erfolgen.
2. Das Verkehrsnetz ist ein wichtiges Element für die Erfassung des Raummusters von Einzelflächen bzw. des Zerschneidungsgrades von Landschaften. Es ergeben sich nur realitätsgerechte Strukturmaße, insbesondere der Form und Geometrie, bei Berücksichtigung und Integration des Verkehrsnetzes in den Bilddatensatz .
3. Bei der Verwendung von Datensätzen unterschiedlicher Datenmodelle der Datengrunderfassung (Raster, Vektor) treten Änderungen von Raumstrukturmaßen auf, die sich aus den jeweils gewählten Erfassungsmodell (Satellitenbilddaten = Rasterdatenmodell, Luftbilddaten (Biotoptypenkartierung) = Vektordatenmodell) ergeben
4. Räumliche Veränderungen der Flächennutzung sowie deren Landschaftsstrukturen kann durch ein Monitoring mit Fernerkundungsdaten kostengünstig und zeitsparend erfaßt werden. Qualitative und quantitative multitemporale Aussagen zur Flächendynamik sowie zur zeitlichen Änderung der Landschaftsstrukturmaße der Landschaftselemente des Raumes sind möglich, wenn die unter Pkt. 3.4 genannten Probleme Beachtung finden.

6. Literatur

DURKA, W., ALTMOOS, M., LAUSCH, A., HENLE, K. (1996): Landschaftsentwicklung und Biotopgestaltung in der Bergbaufolgelandschaft. Bedeutung von Bergbaufolgelandschaften für den Naturschutz unter besonderer Berücksichtigung spontaner Sukzessionen. - Abschlußbericht 1996 an das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie. Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH. 174 S..

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. (1986): Landscape ecology. John Wiley & Sons, New York.

Hönsch, F. (1992): Der Leipziger Südraum – eine Region im Wandel, Geographische Rundschau 44, S. 592-599.

Mc GARIGAL, K.; MARKS, B. (1994): Fragstats - Spatial pattern analysis programm for quantifying landscape structure. - Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis, OR 97331.

REGIONALER PLANUNGSVERBAND WESTSACHSEN (Hrsg., 1998): Braunkohlenplanung in Westsachsen. Leipzig, 80 S..

- TURNER, M.G (1989): Landscape ecology: The effect of pattern on process. - In: Annual Review of Ecology and Systematics, 20, pp. 171-197.
- TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. (eds.) (1991a): Quantitative methods in landscape ecology. - In: Springer-Verlag, New York.
- WICKHAM; J.D.; WU, J.; BRADFORD, D.F. (1997): A conceptual framework for selecting and analyzing stressor data to study species richness at large spatial scales. - In: Environmental Management Vol. 21, No. 2, pp. 247-257.