

Automatische Informationsgewinnung aus einheitlichen Megadatensätzen am Beispiel des IRS-1C / IRS-1D-Mosaiks von Deutschland

Roeland de Kok, Tobias Wever

**GAF AG
Arnulfstr. 197
D-80634 München**

dekok@gaf.de

Einleitung

Die Entwicklung der Satellitensensorik geht kontinuierlich hin zu immer besserer räumlicher Auflösung. Damit können neue Felder für die satellitengestützte Fernerkundung erschlossen werden, deren operative Anwendung es allerdings erfordert, Techniken und Verfahren zu entwickeln, die die visuelle Interpretation durch geeignet computergestützte Methoden zu unterstützen, bzw. zu ersetzen. Innovative, objektorientierte Bildsegmentierungsalgorithmen nutzen neben der rein spektralen Information auch die erhöhte contexturale Information (Form, Textur, Struktur und Topologie) dieser Daten und können somit diese hohe Auflösung direkt in eine verbesserte Bildsegmentierung umsetzen, während konventionelle Klassifizierungsalgorithmen dagegen nur auf der pixelbasierten, rein spektralen Information beruhen.

Viele Forschungsvorhaben zeigen, dass diese Art der Objektklassendifferenzierung immer noch ein sehr arbeitsintensiver und iterativer Prozess ist, der für kleine Testgebiete zwar gute Ergebnisse liefert, aber seine operationelle Anwendung für großflächige Gebiete noch unter Beweis stellen muss.

Weil großflächige Satellitenbildmosaiken praktisch nie radiometrisch konsistent sind, ist es das Ziel dieser Untersuchung, stabile, szenenunabhängige Klassifizierungsparameter zu finden, die zur Informationsgewinnung herangezogen werden können.

Aus praktischem Anlass werden erste Versuche am Beispiel urbaner Bereiche dargestellt, deren Erfassung der Ausdehnung und Dynamik einen hohen politischen und umweltrelevanten Stellenwert besitzt.

1 Megadaten

1.1 Megadaten-Satellitenbildmosaiken

Großflächige Satellitenbildmosaiken sind in der Lage eine einheitliche Kartiergrundlage für gesamte Verwaltungsgebiete auf regionaler und nationaler Ebene zu bilden. Sie eignen sich darüber hinaus für Anwendungen auf europäischer Ebene und hier speziell für

Verwaltungsfragen, die sich mit überregionale Reichweiten auseinander setzen wie etwa die Umweltproblematik. Als Beispiel sei in diesem Zusammenhang das CORINE Landcover Projekt genannt, welches im wesentlichen auf einem europaweiten Landsatmosaik beruht.

Die hochauflösenden Megadaten kombinieren den „Synoptic view“ der kleinmaßstäblichen Satellitenbilder mit denen sehr hoher Auflösung, die konkrete Objekterkennung am Boden erlauben (Häuser, Parkflächen, Bachverläufe etc.).

In der Klassische Kartographie ist die Visualisierung eng verknüpft mit dem Generalisierungsproblem. Die Visualisierung bedingt eine Zusammenfassung und die Entscheidung über das ‚Weglassen‘ von Detailinformationen. Moderne, GIS-basierte Kartographie erlaubt die Generalisierung ohne Detailverlust, weil die Daten vollständig in der Datenbank vorliegen und beliebig abgerufen werden können.

Einheitlichkeit und Detailschärfe sind damit die Kernbegriffe der Mega-Bildmosaike. Moderne GIS- und Bildsegmentierungsverfahren erlauben dabei die maximale automatische Informationsgewinnung aus solche Datensätze.

Wichtiger Eigenschaft der Megadaten sind die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte der Mosaikteile. Bei Regelwerken für die automatische Analyse sollten deswegen bevorzugt stabile Bildmerkmale genutzt werden die weitgehend unabhängig sind von Sonnenstand und Saison und damit über den gesamten Abdeckungsbereich eines Mosaiks stabil bleiben. Form- und Texturmerkmale gehören zu diesen stabilen Objektmerkmalen, weswegen die ‚Feature Extraktion‘ ein vielversprechender Weg darstellt.

Bild 1 zeigt einen Ausschnitt des 5m Deutschlandmosaiks von Hamburg bis zur Lübecker-Bucht. Automatische Segmentierung und Polygonextraktion erlauben die Kartierung der Fläche mit Urbaner Textur (selektiert in Blau für Lübeck). Das Raster-Bild ist etwa 5 Gb groß und erhält über $3 \cdot 10^6$ Polygone mit einer Detailschärfe bis zum Maßstab 1:25.000.



Bild 1: Teil des Deutschland 5 Meter-IRS-Mosaik von Hamburg bis Lübecker-Bucht. Die blau selektierten Bereiche stellen die Bereiche mit urbaner Textur dar.

1.2 CORINE

Die Fernerkundung ist in der Lage über große Gebiete aktuelle und einheitliche Daten zu liefern. Die Erfassung von Veränderungen der Landbedeckung (change detection) und Kartierungen zum Zwecke der Planung sind die Hauptanwendungsfelder im Bereich der Fernerkundung. CORINE Landcover (CLC) (Perdigao et al., 1997), ist im Moment die einzige Landbedeckungskartierung, die europaweit einheitlich vorliegt. Diese Einheitlichkeit ist der entscheidende Faktor, der den Nutzen dieser Daten im europäischen Verwaltungsbereich trotz des Detailverlusts sichert. Weil nur die Fernerkundung in der Lage ist, über so große Gebiete aktuelle und einheitliche Daten zu liefern, wird als Datenquelle dieser Kartierung im wesentlichen auf Landsat TM, ETM zurückgegriffen, die visuell interpretiert werden.

Es gibt jedoch einige Restriktionen wie der Maßstab von 1:100000, die Größe der kleinsten Kartiereinheit von 25 ha und der durchschnittliche Update-Turnus von 10 Jahren, welche die Anwendung von CLC für viele Anwendungen begrenzen. Es besteht daher ein Bedarf an Ergänzungen der CLC Daten (Weber et al., 2001), die mit der Einführung einer vierten Ebene gedeckt werden soll. Noch ist die Definition dieser vierten CORINE Ebene nicht abgeschlossen, es zeichnet sich jedoch ab, dass es auf eine größere Detailschärfe (Maßstab, kleinste Kartiereinheit) und höhere Wiederholungsrate für ausgewählte Interessensgebiete hinausläuft. Diese Ergänzungen müssen konsistent und vergleichbar mit den bestehenden CORINE Datensatz sein und sollten dabei kostengünstig und einheitlich abgeleitet werden können.

Die Detail-Datenerfassung über gesamt Europa ist durch moderne, hochauflösende Satellitensensoren wie SPOT und IRS gewährleistet. Das von der **GAF AG** erstellte IRS 5m Mosaik gehört zu den höchstauflösenden Typus solcher Daten. Hard- und Software Kapazitäten erlauben heutzutage das Handling solcher Datenmenge ohne Schwierigkeiten.

In diesem Artikel wird anhand einiger Experimente im urbanen Bereich gezeigt, wie eine Strategie für die Automatisierung der Informationsextraktion aus solchen hochauflösenden Satellitenbildmosaiken möglicherweise aussehen könnte.

Weil auf absehbare Zeit die visuelle Interpretation immer die Hauptrolle bei der Datenauswertung spielen wird, liegt die allgemeine Strategie dabei in der Vereinfachung der visuellen Interpretation durch automatische Vorverarbeitungsschritte.

2 Nutzungsstrategie

Moderne Sensoren (u.a. IRS, SPOT 5, IKONOS) erlauben eine Objekterfassung im Bereich von 1 bis 5 Meter. Obwohl sich Einzelobjekte in diesen hochauflösenden Satellitenbildern über ein automatisches Verfahren erkennen lassen, ist die Flächenabgrenzung meist nicht eindeutig zu bestimmen, weil sie abhängig ist von den räumlichen Zusammenhängen der detaillierten Objektklassen. Mit höherer Auflösung des Sensors tritt dieses Problem immer stärker in den Vordergrund.

Zum Beispiel ist die Abgrenzung großer, einzelner Gebäude innerhalb der Stadt relativ einfach, wogegen die Abgrenzung bestimmter Gebäudekomplexe viel schwerer ist, weil Mischpixelbereiche und Vegetationsflächen als Nachbargebiete einen verschwommenen Übergang zur angrenzenden, bebauten Fläche darstellen. Nahezu unmöglich ist die

automatische, exakte Abgrenzung ganzer Stadtbereiche (z.B. Gewerbegebiet) weil die contextualen Zusammenhänge zu vielfältig sind. Die Strategie muss deswegen sein, die Kernzonen automatisch festzustellen, und die exakten Grenzen visuell festzulegen.

Dieses Problem zwischen ‚pattern recognition‘ und der Flächenabgrenzung ist ein zentrales Problem von Klassifikationen mit Daten von sehr hoher Auflösung (1 bis 5 Meter).

Im Gegensatz zu den ursprünglich aus dem militärischen Bereich kommenden Anwendungen des ‚pattern recognition‘ liegt das Hauptproblem nicht bei der Erkennbarkeit konkreter Objektklassen (Brücken, Panzerkolonnen etc.) sondern bei der Erfassung von Flächenstatistiken.

Diese Ausdehnung in die Fläche gehört zu den Hauptherausforderungen der automatische Bildsegmentierung. Einige Ansätze zeigen bereits Erfolg, erreichen aber noch nicht die gewünschte Genauigkeit.

3 Eigenschaften des IRS-Mosaiks

3.1 Spektrale Änderungen

Das IRS-1 C/D Mosaik wurde durch Kombination der multispektralen LISS Kanäle mit dem hochauflösenden PAN Kanal erstellt. Über die IHS Transformation wurden die multispektralen LISS Kanäle in die Komponenten Intensität, Farbe und Sättigung zerlegt. Nach Austausch der Intensitätskomponente der LISS Kanäle durch den hochauflösenden PAN Kanal innerhalb des IHS Farbraums erfolgte die Rücktransformation in den RGB Farbraum. Das Ergebnis zeigt die hohe Auflösung des PAN Kanals, wobei die Farben der multispektralen LISS Kanäle erhalten bleiben. Der Zweck dieser Transformation ist die Kombination der hohen Auflösung des PAN Kanals mit den Farbinformationen der multispektralen LISS Kanäle.

Für die Auswertung bestand die erste Annahme darin, dass die Intensität durch die gesamte Bildtransformationsprozedur am wenigsten gelitten hat und weitestgehend stabil über das gesamte Mosaik vorliegt. Sie ist damit die ideale Basis für die Ableitung von Texturparametern, die am ehesten eine stabile, zeit-unabhängige Klassifizierung erwarten lassen und eine Gültigkeit für das gesamte Mosaik haben.

Aus dem Mosaik kann die Intensität über die Hauptkomponentenanalyse extrahiert werden. Gegenüber dem original PAN Kanal hat die 1. Hauptkomponente den Vorteil, dass sie zusätzlich Informationen der multispektralen Kanäle beinhaltet und eine größere maximale Varianz aufweist.

Da das natürliche Umfeld urbaner Flächen in Deutschland weitestgehend Vegetation beinhaltet, ist die Einbindung des infraroten Kanal von großer Wichtigkeit.

Die IHS Transformation hat geringe Effekte auf den originalen ‚Tasselled Cap Shape‘, der Feature Space (Infrarot/Rot, Bild 2A) des Mosaiks im Vergleich zu den original LISS Kanälen (Infrarot/Rot, Bild 2B) bleibt in seiner Gesamtform weitestgehend erhalten.

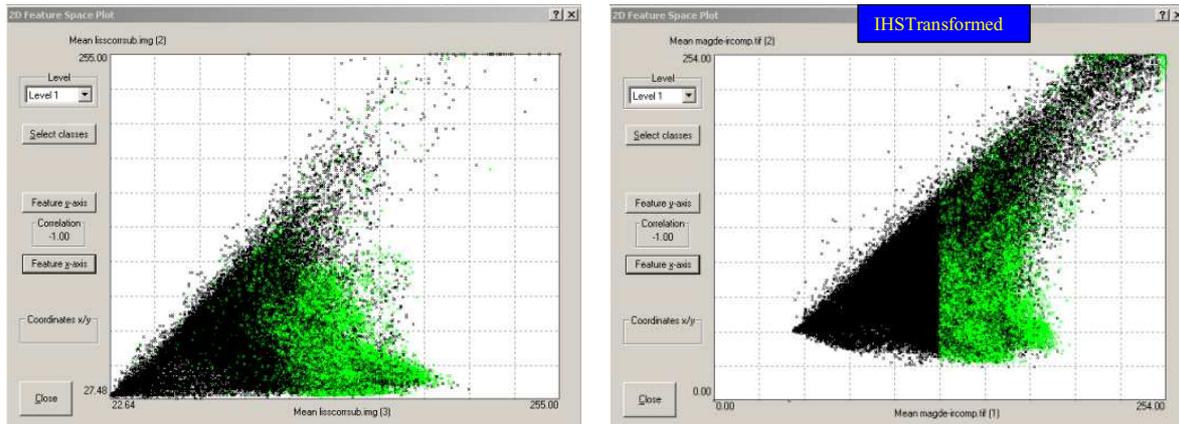


Bild2Aund2B; TasselledCapVormderIHSPan-sharpenenInfrarot(Rechts)neben OriginalLISS(Links). Vegetationsflächen sind mit Grün angegeben.

3.2 Textur

Textur lässt sich nicht nur über statistische Merkmale definieren, auch strukturelle Beschreibungen der Textur sind möglich. Dieses Anwendungsfeld ist jedoch noch nicht aus der „research and development“ Ebene in die praktische Anwendung umgesetzt.

Statistische Texturfilter wie die klassischen Haralick Filter Techniken sind durch ihre Fensterbedingungen sehr empfindlich für Kanten der Subobjekte. Diese Haralick Filter basieren auf Grey-Level-Occurance oder Co-Occurance Matrizen. Bei der Anwendung auf hochauflösendes Bildmaterial werden neue Objekte erzeugt, die typische räumliche Konfigurationen aufweisen. Ein geschlossener Kreis wird zum Beispiel zu einem Ring. Da diese Derivate nur wenig von den absoluten Intensitätswerten abhängen, führen Intensitätsschwankungen innerhalb des Bildmosaiks nicht zu Fehlklassifizierungen.

Als Basis texturfilter dient bei den hier angewendeten Experimenten zuerst die Skewness. Sie geht von der Normalverteilung der Grauwerte aus, eine Annahme, die beim Histogrammausgleich des Gesamtmosaiks ebenso als Basisannahme genutzt wird. Im vorliegenden Fall wurde der Filter mit einer Fenstergröße von 3×3 berechnet.

Die Skewness dient in erster Linie dazu homogene von hoch texturierten Gebieten abzugrenzen.

Als Alternative sind Texturanalysen auf Basis von Grey-level Co-occurrences Matrixen (Haralick-Filter) möglich; diese wurden auch schon mit Erfolg im urbanen Bereich angewendet (Steinnocher 1997, Steinnocher & Köstel, 2002). Weitere Experimente in diesem Bereich sind noch in der Vorbereitungsphase.

Neue Möglichkeiten (Seit 01-09-2002) in der objektorientierten Bildanalyse erlauben Texturanalyse auch innerhalb von Sub-Objekten. Diese Anwendung erlaubt neue Möglichkeiten der Texturanalyse ohne die Beschränkung der Filtergröße.

4 Objektorientierte Analyse

4.1 Segmentierung des IRS-Mosaiks

Die Größe der einzelnen Bildelemente auf Pixelebene gibt den Segmentierungsmaßstab vor. Übergeordnetes Ziel ist es aus dieser Ebene eine zuordenbare Flächenverteilung der Landschaft zu generieren. Die objektorientierte Analyse erlaubt eine hierarchisch abgestufte Aggregation/Generalisierung der Pixelebene zum Endprodukt, welches flächendeckende Polygone mit zugehöriger Attributierung in ein Datenbankstruktur beinhaltet. Dieses Produkt lässt sich sofort in ein GIS integrieren und weiterverarbeiten.

Die erste Segmentierung folgt dem empirisches Wissen über die minimale Einheit des zu erfassendes Objekts und dem Verhältnis Pixelgröße zu Objektgröße (Pixel 5-m bei IRS-pan). Basis dieser ersten Bildsegmentierung bildet neben den Spektralinformationen der Texturkanal Skewness. Bei der ersten Segmentierung wird versucht mit etwa 100 Pixel (0.25 Ha) pro Objekt unterhalb einer 0.5 Ha Fläche zu bleiben. Damit werden Gebäudeschlagschatten und Dächer größerer Gebäude noch abgedeckt und als Einzelobjekt erfasst. Als kleinstes Maß werden 30 Mitglieder eine Pixelgruppe zur Bestimmung der Standardabweichung akzeptiert, um das zuverlässige, statistische Maß einer Population nicht zu unterschreiten.

Erste visuelle Überprüfungen und spätere Berechnungen der Texturanalyse zeigen, dass die Minimaleinheiten der ersten Bildsegmentierung in urbanen Bereichen eine deutlich höhere Varianz aufweisen als im nicht-urbanen Bereich. Im ersten Klassifizierungsschritt wird deshalb der Grenzwert für urbane Bereiche nur anhand der Standardabweichung der Bildsegmente (Bild-Primitiven) aus der 1. Hauptkomponente des Mosaiks festgelegt.

Natürlich gibt es auch Ausnahmefälle, also urbane Bereiche mit niedriger Varianz wie sie z.B. große Parkplätze darstellen. Diese Gebiete können jedoch später bei der Fusion dieser kleinsten Bildsegmente unschwer über die Intensität abgegrenzt werden.

Nach der Ausmaskierung der nicht urbanen Bereiche in Ebene 1 werden die urbanen Bereiche weiter unterteilt in Stufen unterschiedlicher Standardabweichung und Intensität. Die weiteren folgenden Segmentierungsschritte nutzen die Anteile der Bildprimitiven auf höhere Ebene.

4.2 Höhere Segmentierungsebenen

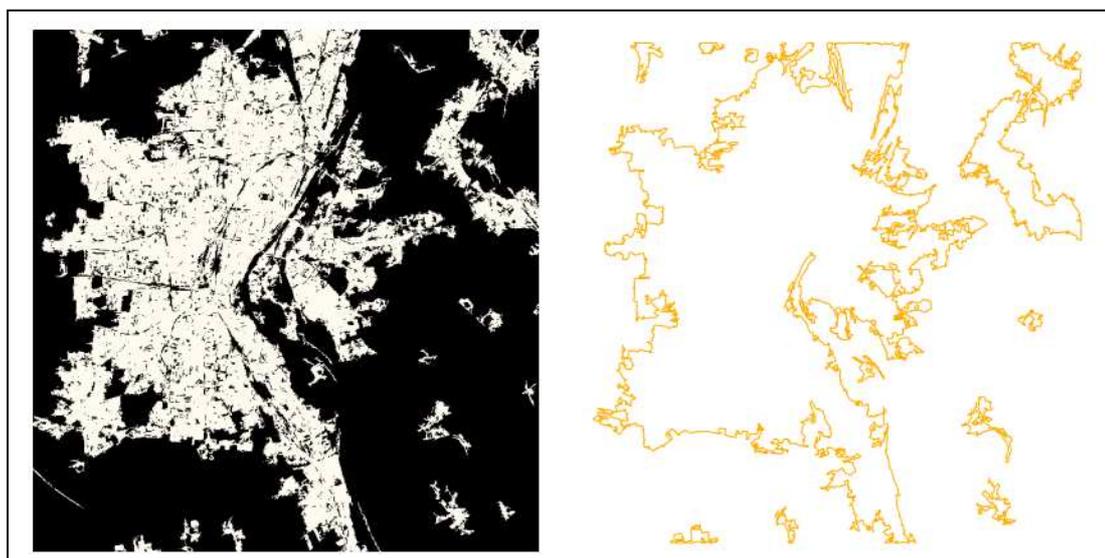
An Hand der Basisuntergliederung in unterschiedliche Varianz und Intensitätsstufen der 1. Hauptkomponente werden in einem nächsten Schritt mehrere Klassen angelegt.

Nur einige Klassen von Objekt-Primitiven wie Dächer oder Schlagschatten können tatsächlich direkt mit einer konkreten Objektklasse (real-world objects) verbunden werden. Die nicht rein vorkommenden Einheiten mit Straßenanteilen und Gärten formen bei einer Auflösung von 5*5 m jedoch eine Mischung, die schwer trennbar ist. Der Anteil dieser Mischklassen kann aber charakteristisch für bestimmte Stadtviertel sein.

Die Strategie bei der Erfassung urbaner Bereich besteht deshalb darin, innerhalb eines charakteristischen Bauviertels die Bildsegmente in Mischklassen und konkrete Objektklassen zuzuordnen und zu aggregieren.

Ab Level 3 und höher werden schrittweise die Bildprimitiven in generalisierte Anteile mit niedrigerer Maßstabsebene gebracht. Die Aggregierungs- und Generalisierungsstufen werden empirisch weiter gestaltet.

Nach der Generalisierung entsteht der „City Footprint“ wie er in Bild 3b dargestellt wird



a)

b)

Bild 3a,b: Der Dendrit (a) (city-footprint, Magdeburg) als Fläche und der Außenumriss (b) nach der Generalisierung.

5 Fazit

In Übereinstimmung mit *Steinnocher*, (1997). zeigen die vorgestellten Ergebnisse, dass sich Texturmerkmale gut dafür eignen, urbane Bereiche automatisch zu erfassen. Die Experimente zeigen auch, dass diese Merkmale relativ stabil sind und wenig von der Radiometrie beeinflusst werden. Sie können damit szenenunabhängig auf Megadatenätze wie Satellitenbildmosaiken angewendet werden (vgl. Bild 1).

Die Übertragbarkeit von Regelwerken ist deswegen von großem Interesse, weil der Einheitlichkeit sowie der kostengünstigen Erhebung der abgeleiteten Informationen eine immer größerer Bedeutung zukommt. Hard- und Softwarebegrenzungen, die früher den Datendurchsatz stark beeinflussten, spielen bei der rasanten Entwicklung auf diesem Gebiet heutzutage keine Rolle mehr.

Natürlich sind der automatischen Polygonextraktion urbaner Bereiche Grenzen gesetzt. Aber schon jetzt können auf Basis von monotonen IRS 5m Daten Polygone urbaner Bereiche im Maßstab 1 : 100 000 automatisch abgeleitet werden, die in ihrer Genauigkeit die Corine Landcoverdaten übertreffen. Mit Hilfe von Zusatzdaten oder multitemporalen Datensätzen lässt sich diese Genauigkeit ohne weiteres weiter deutlich verbessern.

Es bleibt festzuhalten, dass die objektorientierte Bildsegmentierung ein geeignetes Werkzeug ist um hochauflösende Satellitendaten automatisch zu klassifizieren, wie die Experimente im urbanen Bereich deutlich zeigen. Natürlich wird die automatische Klassifizierung nie die

Genauigkeit visueller Interpretationen erreichen, dafür sind die Zusammenhänge oft zu komplex und vielschichtig. Berücksichtigt man in diesem Zusammenhang jedoch, dass die objektorientierte Bildsegmentierung ein noch ein relativ junger Forschungszeitweig ist, zeigen die vorgestellten Experimente, dass zumindest für die Erfassung urbaner Bereiche verwertbare Ergebnisse abgeleitet werden können. Dies gilt besonders vor dem Hintergrund, dass die Umweltthemen Flächenverbrauch im allgemeinen und „urban sprawl“ im speziellen einen hohen politischen und umweltrelevanten Stellenwert hat.

Dank

Die vorliegende Veröffentlichung wurde im Rahmen eines BMBF geförderten Forschungsvorhabens realisiert. Unser Dank gilt diesem Ministerium für seine Unterstützung und Zusammenarbeit.

Literatur

- FUNTOWICZ S.O.,1999: Information tools for environmental policy under conditions of complexity Environmental issues series No 9 European Commission,JRC
- PERDIGAO V. ANNONI A.,1997: Technical and methodological guide for Updating corine land cover database. space application institute AIS unit.jrc
- STEINNOCHER, K.,1997:Texturanalyse zur Detektion von Siedlungsgebieten in hochauflösenden panchromatischen Satellitenbilddaten. In Dollinger, F. & Strobl, J. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung IX, Salzburger Geographische Materialien,Bd. 26: 143-152.
- STEINNOCHER, K .; KÖSTL, M., 2002:Verdichtung oder Zersiedelung? Eine Analyse des Flächenverbrauchs im Umland von Wien In: Manfred Schrenk (Hg./Ed.), MULTIMEDIAPLAN.AT & IEMAR, CORP2002 Proceedings, ISBN 3-901673-07-5, S. 193-200, TU Wien, 27. Feb.- 1. März 2002
- WEBER, J-L., HALL, M., STEENMANS,C (proj.man),2001: Towards spatial and territorial indicators using land cover data, Tech. Rep. 59, European topic centre on land cover, EEA