

Ableitung von standardisierten Landbedeckungsdaten in Savannen nach dem LCCS-Klassifikationsschema

Anna Cord ^{a,b}, Christopher Conrad ^b, Stefan Dech ^{a,b}

^a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD), Oberpfaffenhofen, Münchner Str. 20, 82234 Wessling

^b Lehrstuhl für Fernerkundung, Geographisches Institut, Universität Würzburg, Geographiegebäude, Am Hubland, 97074 Würzburg

Landbedeckungs- bzw. Landnutzungsinformationen zählen zu den Schlüsselparametern in den Geowissenschaften und sind wertvolle Datengrundlage für eine Vielzahl anderer Disziplinen. Mit Hilfe von Fernerkundungsdaten kann Landbedeckung flächendeckend und kontinuierlich abgeleitet werden. In der Vergangenheit wurden zu diesem Zweck eine Vielzahl an Klassifikationssystemen und Legenden entwickelt, meist zugeschnitten auf eine spezifische Anwendung oder Fragestellung. Die jeweiligen Nutzer bestimmten zugrundeliegende Klassendefinitionen und Detailschärfe der Ergebniskarte. Mit dem Ziel, für zukünftige Arbeiten in diesem Bereich eine gemeinsame Basis bzgl. Definition und Legendenschlüssel zu schaffen, wurde 1993 von FAO (*Food and Agricultural Organization of the United Nations*) und UNEP (*United Nations Environment Programme*) das *Land Cover Classification System* (LCCS) initiiert. Das standardisierte LCCS-Schema kann global angewendet werden und erlaubt den Vergleich zwischen Landbedeckungsklassifikationen unabhängig von Maßstab, Ökosystem, Art der Datenaufnahme und geographischer Lage (di Gregorio und Jansen 2005). LCCS findet seitdem Anwendung in zahlreichen kontinentalen (z.B. Africover) und globalen (z.B. Global Land Cover 2000) Programmen, lokale Studien auf Basis fernerkundlicher Daten mit hoher geometrischer Auflösung sind dagegen bisher selten. Eine besondere Herausforderung bei der Erfassung von Landbedeckung stellen Savannenökosysteme dar, da sie eine räumlich sehr heterogene Vegetationsbedeckung mit einer Vielzahl an Vegetationsschichten aufweisen (vgl. Stuart et al. 2006). Globale Landbedeckungsprodukte weisen daher u.a. in Savannengebieten besonders hohe Ungenauigkeiten auf (Herold et al. 2008). Im Mittelpunkt dieser Studie steht die standardisierte, flächendeckende Ableitung von Landbedeckungsinformation auf Basis von LCCS Felddaten in Verbindung mit optischen Fernerkundungsdaten für ein Testgebiet in der westafrikanischen Savanne. Die in so komplexen Ökosystemen prominente spektrale Heterogenität innerhalb semantischer Landbedeckungsklassen stellte dabei eine zusätzliche Herausforderung dar und wurde in Anpassung an das LCCS-Klassifikationsschema gesondert berücksichtigt.

Gegliedert ist das Klassifikationssystem LCCS in einen dichotomen (*dichotomous*) sowie einen modular-hierarchischen (*modular-hierarchical*) Abschnitt. Die Klassifikationskriterien (*classifier*) der dichotomen Phase umfassen das Vorhandensein von Vegetation (*presence of vegetation*), edaphische Bedingungen (*edaphic conditions*) und den Grad der anthropogenen Beeinflussung (*artificiality of cover*) und teilen anhand dieser Kriterien insgesamt acht Landbedeckungstypen ein. Weitere Unterscheidungen sind im modular-hierarchischen Abschnitt durch Zuweisung spezieller Attribute (z.B. Klima, Höhenlage, Bodentyp, Pflanzenarten, Feldfrüchte) möglich. LCCS unterteilt natürliche Vegetation aufgrund standardisierter Bedeckungsanteile in Wald (*woodland*), Buschland (*shrubland*) und Grasland (*grassland*). Savannen eignen sich besonders für die Anwendung des LCCS-Klassifikationsschlüssels, da sämtliche LCCS *classifier* in verschiedenen Ausprägungen und Kombinationen vorkommen.

Das Studiengebiet mit einer Größe von ca. 7.200 km² liegt im süd-westlichen Teil von Burkina Faso / Westafrika und ist hauptsächlich von Baum- und Strauchsavanne sowie Grasland bedeckt. Mikrorelief und lokale Verfügbarkeit von Grundwasser haben einen großen Einfluss auf Verteilung und Dichte der natürlichen Vegetation. Die typische Bewirtschaftungsform in diesem Gebiet ist Subsistenzwirtschaft (v.a. Mais und Hirse), in der Nähe von Stausee bzw. auf Bewässerungsflächen wird zudem Nassreis geerntet. Zunehmender Beweidungsdruck durch Viehzucht und das Abbrennen von natürli-

cher Vegetation und abgeernteten Feldern am Ende der Regenzeit wirken sich stark auf die Vegetationsstruktur und das Verhältnis zwischen holziger und krautiger Vegetation aus.

Im Rahmen dieser Studie wurden in einer umfangreichen Feldkampagne (Oktober - November 2006) insgesamt 502 Standorte (jeweils 1 ha) im Feld untersucht. Es wurden hier jeweils gemäß dem *LCCS Field Sample Sheet* (entwickelt im Rahmen des Africover Projektes, FAO 2002) Angaben zu GPS-Koordinaten, Zugänglichkeit, Homogenität der Landbedeckung, potentieller Saisonalität und Art der Landbedeckung (inkl. anteiligen Bedeckungsgraden der Vegetation) erfasst. Zusätzlich wurden für jeden Standort in die vier Himmelsrichtungen Photoaufnahmen gemacht. Die Felddaten wurden in die frei verfügbare LCCS-Software (siehe <http://www.africover.org/LCCS.htm>) eingegeben und anhand dieser in die folgenden 15 Kategorien gruppiert: Bare soil, laterite surfaces, built-up areas, water, grasslands without woody vegetation, grasslands with additional woody vegetation, croplands with additional woody vegetation, croplands which are regularly flooded, tree crops, shrublands (open), shrublands (closed), woodlands (open), woodlands (closed), forest, and forest which is regularly flooded. Zusätzlich wurden Brandflächen in der Legende ergänzt, da diese im LCCS-Klassifikationsschema nicht enthalten sind. Zur Erstellung standardisierter Trainings- und Validierungsgebiete wurde die im Feld gemessene zentrale GPS-Koordinate im GIS mit einem zirkulären Puffer mit einem Radius von 30 m umgrenzt. Die eingeschlossenen Pixel wurden dem jeweiligen Plot zugeordnet und als Trainings- (50 % der Feldplots) bzw. Testdaten (komplementäre 50 % der Feldplots) verwendet.

Auf Basis dieses umfangreichen Felddatensatzes wurde in dieser Studie das Potential von Terra-ASTER Daten zur Ableitung von Landbedeckung in Savannen nach dem LCCS-Schema untersucht. Zwei ASTER –Szenen, die zeitgleich mit der Feldkampagne aufgezeichnet wurden, wurden geo- und atmosphärenkorrigiert. Außerdem wurden die Daten im SWIR-Bereich (Bänder 4 – 9) in Hinsicht auf das für den ASTER-Sensor typische *Crosstalk* Phänomen (Iwasaki und Tonooka 2005) korrigiert. Der Vergleich der spektralen Signaturen innerhalb einzelner Plots mit den ASTER-Daten zeigte deutlich die komplexe Beziehung zwischen thematischer Klassenzuweisung und spektraler Charakteristik. Es wurden daher alle zur selben thematischen Klasse gehörigen Pixel mit Hilfe des ISODATA Algorithmus nach spektralen Ähnlichkeiten gruppiert. Resultierende Cluster wurden nach den Kriterien der Jeffries-Matusita und Euklidischen Distanz zusammengefasst.

Aufgrund der kleinräumigen Heterogenität der Landschaft wurden zur Klassifikation der Fernerkundungsdaten pixelbasierte Klassifikatoren einem objektorientierten Ansatz vorgezogen. Im Rahmen der Studie wurde mit Hilfe des *Maximum Likelihood* (ML) and *Minimum Distance* (MD) Algorithmus klassifiziert. Hierbei wurden jeweils die nach spektraler Charakteristik gruppierten Trainings- und Validierungsdaten sowie die ursprünglichen, also nur nach thematischer Klassenzugehörigkeit zusammengefassten, LCCS-Felddaten verwendet. Die Klassifikation wurde auf den verschiedenen LCCS-Klassifikationsebenen mit 2, 4, 8 (dichotomer Abschnitt) und sämtlichen 16 Klassen (inkl. modular-hierarchischer Abschnitt) durchgeführt.

Das ISODATA-Clustering der Felddaten zeigte deutlich die spektrale Heterogenität innerhalb derselben thematischen Klasse. Insbesondere komplexe Klassen mit verschiedenen Wuchsformen und offener Vegetation (z.B. offenes Buschland) wiesen multi-modale Histogrammverteilungen auf und umfassten daher eine Vielzahl heterogener Cluster. Die Mehrheit der Feldplots (62.9 %) dagegen erwies sich als spektral homogen (definiert nach einer Zuweisung von ≥ 80 % Abdeckung zum gleichen spektralen Cluster). Eine hohe spektrale Homogenität war insbesondere bei vergleichsweise einfach strukturierten Klassen wie Grassland ohne holzige Vegetation, offener Boden und Brandflächen zu beobachten. Die Gesamtgenauigkeit der Klassifikation nahm mit zunehmender Detailschärfe der Klassifikation ab. Die Genauigkeitsanalyse zeigte eine Abnahme der Gesamtgenauigkeit von 95.6 % auf 88.4 % und schließlich 78.5 %, wenn alle Kriterien der dichotomen LCCS-Einteilung berücksichtigt wurden. Für alle im Feld differenzierten 16 Klassen wurde schließlich eine Genauigkeit von 61.4 % erreicht. Es zeigte sich, dass der MD Algorithmus mit abnehmender Anzahl der Trainingspixel pro Klasse stabile und bessere Klassifikationsergebnisse lieferte.

Das LCCS-Klassifikationssystem ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer globalen Standardisierung und Harmonisierung von Landbedeckungsinformationen ohne vollständig auf Flexibilität zu verzichten. Dennoch zeigt die Studie klar einige Grenzen des in Verbindung mit der Kartierung von Landbedeckung aus Fernerkundungsdaten auf. In Zukunft wird daher eine große Herausforderung sein, mit LCCS kompatible Landbedeckungsklassen automatisiert und flächendeckend aus Fernerkundungsdaten abzuleiten. Der in dieser Studie entwickelte Ansatz des spektralen Clustering innerhalb thematischer LCCS-Klassen bietet dabei eine Möglichkeit, um insbesondere in sehr heterogenen Ökosystemen wie Savannen spektrale Heterogenität komplexer Landbedeckungsklassen zu berücksichtigen. Aufgrund seiner Flexibilität kann der Ansatz leicht adaptiert und auf andere Studiengebiete übertragen werden.

Literatur:

di Gregorio, A.D., Jansen, L.J., 2005. Land Cover Classification System, Classification Concepts and User Manual, Software Version 2. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Environmental and Natural Resources Series Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2002. Africover Eastern Africa Module, Land Cover Mapping Based on Satellite Remote Sensing. Technical report.

Herold, M., Mayaux, P., Woodcock, C.E., Baccini, A., Schmullius, C., 2008. Some challenges in global land cover mapping: An assessment of agreement and accuracy in existing 1 km datasets, *Remote Sensing of Environment*, 112, 2538-2556.

Iwasaki, A., Tonooka, H., 2005. Validation of a crosstalk correction algorithm for ASTER/SWIR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 43 (12), 2747-2751.

Stuart, N., Barratt, T., Place, C., 2006. Classifying the Neotropical savannas of Belize using remote sensing and ground survey. *Journal of Biogeography* 33, 476-490.