

Integration von Fernerkundungsdaten in nationale und europäische Geodateninfrastrukturen – Ableitung von CORINE Land Cover-Daten aus dem DLM-DE

STEPHAN ARNOLD, Frankfurt/Main

Keywords: Digital landscape model, DLM-DE, ATKIS Basis-DLM, CORINE Land Cover, In-Situ Data, GMES

Summary: *Integration of remote sensing data in national and European spatial data infrastructures – derivation of CORINE Land Cover data from the DLM-DE.* This paper describes the concept of the digital landscape model for Germany DLM-DE and its implementation plan. It aims at pointing out the potential benefits and constraints of the derivation of CORINE Land Cover Data from the DLM-DE as an alternative to the conventional EEA method. The model of the DLM-DE embodies the integration of topographic reference data with thematic remote sensing data. Thereby the ATKIS Basis-DLM shall function as the original data set. Before deriving the CLC data the ATKIS object type catalogue is compared with the CLC nomenclature in the form of a transformation table and – if necessary – modified due to missing CLC classes. Through updating and verification by interpreting satellite imagery the CLC pre-coded DLM-DE objects result in a high resolution dataset on land cover. The reference year 2006 mentioned in this paper has been shifted to 2009 and is to be read as an example scenario. The here described method however shall be retained basically.

Zusammenfassung: Dieser Beitrag erläutert das Konzept des Digitalen Landschaftsmodells für Deutschland DLM-DE und seine geplante Umsetzung. Es werden die Möglichkeiten und Grenzen der Ableitung von CORINE Land Cover Daten (CLC) aus dem DLM-DE als Alternative zur konventionellen EEA-Methode beleuchtet. Das Datenmodell des DLM-DE sieht eine Integration von Geobasisdaten mit Geofachdaten aus der Fernerkundung vor. Als Ausgangsdatensatz wird das ATKIS Basis-DLM verwendet. Zur Vorbereitung der CLC-Ableitung wird der Objektartenkatalog des Basis-DLM mit der CLC-Nomenklatur abgeglichen und entsprechend angepasst, um eine objektorientierte, semi-automatische Transformation vom ATKIS-Flächen-Code zum CLC-Flächen-Code durchzuführen. Das Ergebnis ist ein räumlich hochauflösender Datensatz zur Landbedeckung für Deutschland, der anhand von Satellitenbilddaten verifiziert wird. Das hier verwendete Bezugsjahr für die Aktualisierung des DLM-DE ist im Zuge des Projektverlaufes von 2006 auf 2009 angehoben worden und ist daher im Text als beispielhaftes Szenario zu verstehen. An der Verfahrensweise soll im Wesentlichen festgehalten werden.

1 Hintergrund des Projektes

Vor dem Hintergrund der von der Europäischen Weltraumagentur (ESA) und der Europäischen Kommission (EC) 1998 gemeinsam ins Leben gerufenen europäischen Initiative Global Monitoring for Environment and Security (GMES) spielen Geobasisdaten als Komponente der im Land Monitoring Core Service (LMCS) verankerten „In-Situ-Daten“ eine wichtige Rolle als topographische Referenz-

daten (GRÜNREICH 2007). Eine der Hauptaufgaben des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) ist es, die kartographische Grundversorgung der Bundeseinrichtungen zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang hat das BKG in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt (UBA) das Konzept eines Digitalen Landschaftsmodells für die Zwecke des Bundes (DLM-DE) entwickelt. Die Ableitung von CORINE Land Cover-Daten (CLC) aus dem DLM-DE stellt einen nationalen Bei-

trag zur Umsetzung der im Rahmen von GMES und INSPIRE (EU 2007) verankerten Philosophie dar.

1.1 Konzept des DLM-DE

Das digitale Landschaftsmodell „DLM-DE“ wurde für die Zwecke und Aufgaben des Bundes konzipiert. Das Konzept des DLM-DE beinhaltet die Integration von Geobasisdaten mit thematischen Geofachdaten zur Landbedeckung und Landnutzung (LB/LN) aus der Fernerkundung. Dabei soll das ATKIS Basis-DLM als Ausgangsdatensatz in zwei Teilschritten durch einen Abgleich mit dem Satellitenbilddatensatz IMAGE2006 (SPOT4/5, IRS LISS III; 20 m Bodenpixelgröße) verifiziert und mit notwendigen CLC-relevanten Ergänzungen versehen werden. Das DLM-DE beruht auf der Struktur und den Daten des ATKIS Basis-DLM (erhoben durch die Landesvermessung) und wird um die LB/LN-Informationen erweitert. Es stellt somit einen Geodatensatz dar, der eine Querschnittsanforderung aus verschiedenen Sektoren (Umwelt, Land- und Forstwirtschaft, Gewässerschutz, Verkehr, Sicherheit, Raumplanung etc.) bedienen kann. Als Anwendungsbeispiel für den Umweltbereich wird hier die Ableitung von hochauflösenden im Vergleich zu konventionellen CLC-Daten beleuchtet.

1.2 CORINE Land Cover

Die Mitgliedstaaten der EU und deren Nachbarstaaten (37) bewerkstelligen die Aktualisierung von CORINE Land Cover 2006 unter der Führung der Europäischen Umweltagentur (EEA) im Auftrag der Europäischen Kommission (EC) mit Beteiligung der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA). In Deutschland obliegt dem Umweltbundesamt (UBA) als nationale Ansprechstelle (NRC – National Reference Center) die Hauptverantwortung gegenüber der EEA und die Koordination des CLC-Projektes. Basierend auf Satellitenbilddaten wurde CLC europaweit erstmalig für das Stichjahr 1990 erfasst, gefolgt von einer Aktualisierung mit Stichjahr 2000 (DFD 2008a, KEIL et al. 2005). Augenblicklich steht

die zweite Aktualisierung für das Stichjahr 2006 an.

Aufgrund ihrer überregionalen und länderübergreifenden Vergleichbarkeit fanden CLC-Daten im Laufe der Zeit immer mehr Anwendung auch auf lokaler/kommunaler Ebene. Damit einher gingen gesteigerte Anforderungen der breiten Nutzergemeinschaft an Landbedeckungs- und Landnutzungsinformationen hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung, die sich schließlich auch auf europäischer Ebene im Project Implementation Plan GMES FTS 2006-2008 der EEA (EEA 2006) wiederfinden. Mit dem DLM-DE ist man sowohl für die Ableitung konventioneller CLC-Daten als auch für die Entwicklung hin zu höher auflösenden LB/LN-Datensätzen aufgestellt.

Da diese Anforderungen durch die Nutzung bereits vorhandener topographischer Basisdaten kostengünstiger erfüllt werden können, arbeiten BKG und UBA in einem entsprechenden Projekt zusammen. In diesem Rahmen wollen BKG und UBA die Aktualisierung und Fortführung von Landbedeckungsdaten zukünftig effizienter bei gleichzeitig höherer räumlicher Auflösung und Genauigkeit im Gegensatz zur herkömmlichen EEA-Methodik des CLC-Updates durchführen. Eine verbesserte thematische Genauigkeit wird ebenfalls angestrebt.

An dieser Stelle sei – ohne tiefer in Details zu gehen – exemplarisch auf zwei in anderen EU-Mitgliedstaaten angewandte, flächendeckende nationale Landbedeckungskartierungen verwiesen, die ebenfalls als Grundlage der CLC-Aktualisierung alternativ zur herkömmlichen EEA-Methode eingesetzt werden: SIOSE in Spanien (ARAZARENA 2006, ARAZARENA et al. 2006) und LCM2007 in Grossbritannien (SMITH 2007, CEH 2007).

2 Ausgangssituation

2.1 Zu verwendende Daten

Für die Aktualisierung und Verifizierung des DLM-DE2006 wird neben dem ATKIS Basis-DLM als Ausgangsdatensatz der Satellitenbilddatensatz IMAGE2006 als Hauptinformationsquelle verwendet und durch SPOT5 PAN

Aufnahmen (2,5 bzw. 5 m Bodenpixelgröße) ergänzt. IMAGE2006 wird auch bei der herkömmlichen CLC-Aktualisierung eingesetzt. Weitere Zusatzdaten sollen – soweit verfügbar – mit in den Prozess einbezogen werden. Dazu zählen topographische Karten sowie Fernerkundungsdaten aus dem Programm GMES, namentlich der Fast Track Service *Built-up Area and Soil Sealing* (kurz: FTS *Sealing*) und GMES Service Element *Forest Monitoring* (kurz: GSE *Forest*) (GMES SERVICE ELEMENT FOREST MONITORING 2008) zur detaillierteren Differenzierung in bebauten Gebieten und innerhalb von Waldflächen. Der FTS *Sealing-Layer* (EEA 2006) wird basierend auf IMAGE2006 mit überwachten Klassifizierungsverfahren erzeugt und im Rasterformat auf 20 m Bodenpixelgröße gesampelt ausgegeben und soll im Sommer 2008 flächendeckend für Deutschland zu Verfügung stehen. Er gibt die Bodenversiegelung in Prozent an. Der GSE *Forest-Layer* (GSE FM 2008) wurde auf der Basis von LANDSAT7 und IRS LISS III ebenfalls mit überwachten Klassifizierungsverfahren erzeugt und im Rasterformat mit 30 m Bodenpixelgröße ausgegeben. Er enthält eine CLC-konforme Differenzierung innerhalb der Waldflächen zwischen Laub-, Nadel-, Mischwald und Wald-Strauch-Übergangsstadien. Die GSE *Forest*-Daten liegen für Deutschland nur in Teilen vor, eine zeitnahe Vervollständigung ist ungewiss.

2.2 Vergleich ATKIS versus CLC-Daten

Die Struktur des ATKIS Basis-DLM gemäß dem Objektartenkatalog (OK) (AdV 2003a, 2003b, Online-OK: AdV 2008b) besteht aus mehreren Ebenen (z. B. SIE01_F, VEG02_f, GEW01_F), in denen wiederum mehrere, thematisch sinnverwandte Objektarten zusammengefasst sind (BKG 2005). Es wurde angestrebt, gegenseitige Überlagerungen innerhalb einer Ebene zu vermeiden. Dabei können sich Objektarten verschiedener Ebenenzugehörigkeit gegenseitig überlagern (Beispiel: 3303 *Rollbahn* aus Ebene VER01_F auf 3301 *Flughafen* aus Ebene VER03_F). Teilweise ist nach dem OK auch eine Überlagerung zwingend gefordert (Beispiel: 2221 *Stadion* aus Ebene SIE06_F über 2201 *Sportanlage* aus Ebene SIE03_F).

Da in Deutschland die Aufgabe der Landesvermessung gemäß dem föderalen Prinzip den einzelnen Bundesländern obliegt, ergeben sich daraus leichte Abweichungen der einzelnen Objektartenkataloge der Länder untereinander. Dies äußert sich entweder in unterschiedlich ausführlicher Attributierung oder der Existenz einzelner Objektarten. Zur Unterscheidung von den bundesweit einheitlichen Regelungen – den so genannten „AdV-Standards“ – werden diese Variationen als „Länderlösungen“ im OK des Basis-DLM gekennzeichnet.

Tab. 1: Metadatenvergleich zwischen ATKIS und CLC.

	ATKIS Basis DLM	CLC
Maßstab	1 : 5.000–1 : 25.000	1 : 100.000
MKF (Mindestkartierfläche)	0,1–1 ha	25 ha bzw. 5 ha (change)
Anzahl Objektarten	190, teilweise überlagernd	44 (EU), 37 (Deutschland)
Anwendungen	nat./reg./lokale Belange	europ./nat./reg. Belange
Zuständigkeit	Bundesländer, BKG	UBA
Hauptdatenquelle	Luftbilder ($\leq 0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$)	Satellitenbilder ($\sim 20 \times 20 \text{ m}^2$)
Struktur des Datenmodells	Objektarten mit Differenzierung durch Attribute, mehrfache Objektzuordnung und Überlagerungen möglich	hierarchische Klassen ohne weitere Differenzierung durch Attribute, überlappungsfrei

Das CLC-Datenmodell (DFD 2008b) ist ursprünglich auf Anwendungen in kontinental-europäischer, kleinmaßstäblicher Dimension ausgerichtet und sieht eine Mindestkartierfläche (MKF) von 25 ha bzw. bei Änderungen bereits kartierter Flächen eine MKF von 5 ha vor. ATKIS-Daten hingegen finden hauptsächlich auf lokaler und regionaler, großmaßstäblicher Ebene Anwendung mit einer MKF von 0,1 bis 1 ha je nach Objektart. Dabei steht das ATKIS-Datenmodell mit seiner höheren räumlichen Auflösung und einer größeren Anzahl von Objektarten mit überwiegend breiter gefassten Definitionen der CLC-Nomenklatur mit einer geringeren räumlichen Auflösung und weniger Landbedeckungsklassen mit hauptsächlich enger gefassten Definitionen gegenüber (vgl. Tab. 1).

Die Vorteile des aus dem Basis-DLM hervorgehenden DLM-DE als Bezugsdatenquelle für die CLC-Ableitung verglichen mit herkömmlichen (finanzierbaren) Satellitenbilddaten lassen sich wie folgt aufzählen:

- Erfassungsgrundlage des Basis-DLM sind räumlich höchstauflösende Luftbilder,
- Hohe geometrische Lagegenauigkeit (bis zu 3 m),
- Daten liegen im objektstrukturierten Vektorformat vor,
- Höhere thematische Genauigkeit durch Verringerung visueller Fehlinterpretatio-

nen der IMAGE2006-Bilddaten, da CLC-relevante LB/LN-Informationen weitgehend in Objektattributen enthalten sind.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit einer detailreicheren, räumlich und thematisch genaueren Differenzierung von Objektarten bzw. von Landbedeckungsklassen.

3 Vorarbeiten zur Generierung des DLM-DE

3.1 Semantische Transformation von ATKIS-Objektarten nach CLC-Klassen

Um die vollständige Ableitung von CLC-Daten aus dem DLM-DE zu ermöglichen, wurden seitens des BKG der Objektartenkatalog des Basis-DLM auf seine semantische Kompatibilität mit der CLC-Nomenklatur hin überprüft (AdV 2003b, BÜTTNER et al. 2006, BOSSARD et al. 2000). Bei eindeutiger Zuweisung wurde die entsprechende CLC-Klasse vermerkt, bei mehrfach möglicher Zuweisung aller in Frage kommenden CLC-Klassen. Um die semantische Transformation bundesweit vergleichbar zu halten, sind als Input nur Objektarten und Attributierungen nach bundesweit gültigem AdV-Standard herangezogen worden, sogenannte Länderlösungen bei der

Tab. 2: Semantische Ableitung von CLC-Klassen aus ATKIS-Objektarten, Auszug Transformations-tabelle.

ATKIS DLM-DE					Zusatzdaten	CLC2000		
Code	Objektart	Attribut	Attributwert	Beschreibung	z. B. FTS / GSE	Code	Klassenname	
2111	Wohnbaufläche	offene Bebauung (BEB)	1000	offen	<i>Versiegelung < 80%</i>	>	112	Nicht durchg. städt. Prägung
			9997	Attribut nicht anwendbar	<i>Versiegelung > 80%</i>		>	111
2112	Industrie- und Gewerbefläche					>	121	Industrie- und Gewerbe
4107	Wald, Forst	Vegetationsmerkmal (VEG)	1000	Laubholz	<i>GSE Forest</i>	>	311	Laubwald
			2000	Nadelholz	<i>GSE Forest</i>	>	312	Nadelwald
			3000	Laub- und Nadelholz	<i>GSE Forest</i>	>	313	Mischwald

Objektattributierung wurden vorerst nicht mit einbezogen, da diese Informationstiefe je nach Bundesland unterschiedlich ausfällt. Im späteren Projektverlauf sollen jedoch auch nur gebietsweise vorliegende Attributierungen in den Zuordnungsschlüssel mit einbezogen werden, sofern sie die eindeutige Zuordnung zu CLC-Klassen erleichtern.

In Tab. 2 ist auszugsweise die Zuordnung von ATKIS-Objektarten zu CLC-Klassen abgebildet. Ebenfalls Erwähnung finden die gegebenenfalls verwendete Zusatzdaten (FTS *Sealing* und GSE *Forest*). Wenn eine eindeutige Zuordnung nicht möglich war, wurden alle in Frage kommenden CLC-Klassen vermerkt. Das vor der Umsetzung stehende AAA-Modell (AbV 2008a, 2008b, 2008c) wird in der derzeitigen Phase der Aktualisierung des DLM-DE nicht berücksichtigt, da die Ausgangsdaten für das Bezugsjahr 2006 noch im alten ATKIS-Datenmodell vorliegen.

3.2 Test-Ableitung von CLC-Daten mit Hilfe DLM50.1-Datensatz in ArcGIS

Um eine erste Einschätzung bezüglich des bevorstehenden Arbeitsaufwandes machen zu können, wurde ein Testlauf zur Ableitung von CLC-Daten aus ATKIS-Objekten für ganz Deutschland durchgeführt. Es wurden die Daten des „modellgeneralisierten“ DLM50.1 verwendet, dessen Modell dem des Basis-DLMs sehr ähnlich ist, jedoch eine einfachere Datenstruktur und geringere Datenmenge aufweist. Außer der zuvor angestellten semantischen Übersetzung der ATKIS-Objektarten in die CLC-Nomenklatur, welche die alleinige Grundlage des Tests war, wurde keine weitere Bearbeitung der Daten vorgenommen. Die Testableitung und Berechnung der Statistik wurde mit ArcGIS durchgeführt und visualisiert. Abb. 1 zeigt den prozentualen Anteil der ATKIS-Objekte, die nach der vorläufigen semantischen Transformation eindeutig einer CLC-Klasse zugeordnet werden konnten, aufgelistet nach Bundesländern¹.

¹ Die ATKIS-Daten des DLM50.1 von Bremen sind in Niedersachsen (NI), die Daten von Berlin in Brandenburg (BB) enthalten.

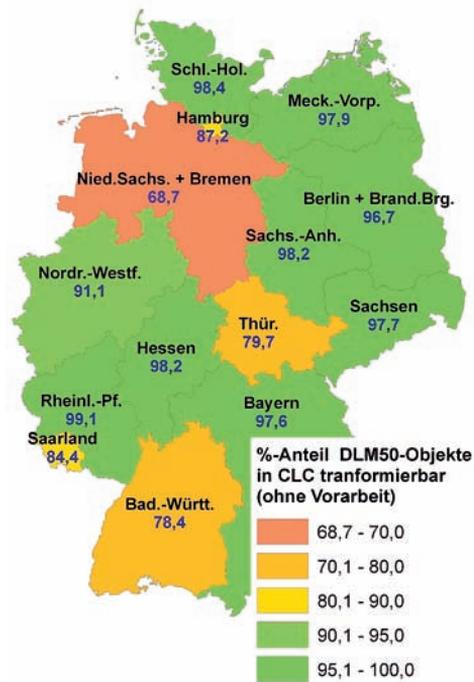


Abb. 1: Anteil der eindeutig nach CLC ableitbaren Anzahl der DLM50-Flächenobjekte in % nach Bundesländern.

Die statistische Analyse des Tests ergab, dass der Anteil von eindeutig nach CLC-Klassen zuordenbaren ATKIS-Objekten in acht von 14 Bundesländern über 90 Prozent liegt. Die z. T. deutlichen Abweichungen der Werte in den einzelnen Bundesländern sind u. a. mit unterschiedlichen Ländervarianten des Objektartenkatalogs und dem unterschiedlichen Erfassungsstand der Attributierung in den Länder-Datensätzen zu erklären.

4 Methodik

4.1 Erweiterung des DLM-DE-Objektartenkatalogs

Das Hauptanliegen des Projektes ist es, CLC-Daten weitestgehend automatisch aus dem DLM-DE abzuleiten. Je nach Bundesland ist in manchen Fällen jedoch eine direkte Ableitung aus bereits genannten Gründen (Unterschiede in Erfassungsregeln, Definitionen der Objektarten/Klassen, MKF) nicht ohne zu-

sätzliche Informationen oder Regeln möglich. Daher muss der OK des DLM-DE entsprechend modifiziert bzw. durch neue Objektarten erweitert werden. Nach den vorangegangenen Überlegungen zur semantischen Transformation sind fehlende oder abweichende CLC-Definitionen, für die es im Modell des Basis-DLM bisher keine Entsprechungen gab, in den OK des DLM-DE zu integrieren durch

- Erstellung neuer Objektarten,
- Einführung zusätzlicher Attribute in bereits existierende ATKIS-Objektarten (z. B. für *CLC 324 Wald-Strauch-Übergangsstadien*),
- Verwendung bereits bestehender Attribute als Schlüssel für CLC-Klasse und
- Aggregierungsregeln von ATKIS-Objekten bei komplexen CLC-Klassen.

Die folgenden vier Unterpunkte erläutern, welche CLC-Klassendefinition bzw. Anpassungen daran in den OK des DLM-DE eingeführt werden müssen.

- *133 Baustellen:*

Bei einigen Objektarten des DLM-DE wie z. B. Bahnhöfe, Flughäfen, Dämme etc. wird über das Attribut „ZUS“ der Zustand des betreffenden Objektes abgefragt. Mit dem Eintrag „im Bau“ lässt sich die CLC-Klasse 133 ableiten, worin alle im Bau befindlichen Objekte unabhängig von ihrer Funktion als Bahnhof, Flughafen etc. erfasst werden. Eine neue Klasse ist hier nicht notwendig.

- *242 Komplexe Parzellenstruktur, 243 Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung:*

Für die Ableitung komplexer CLC-Klassen ist es notwendig, Regeln zur Aggregation von benachbarten, unterschiedlich landwirtschaftlich geprägten Objekten des DLM-DE (Ackerland, Grünland, Weide, Obstanbau) zu schaffen, falls die betreffenden Objekte jedes für sich die CLC-MKF (25 ha) nicht erreichen.

- *311 Laubwald, 312 Nadelwald, 313 Mischwald, 324 Wald-Strauch-Übergangsstadien:* Bezüglich der Waldflächen muss die pauschaler gehaltene ATKIS-Definition gegenüber einer detaillierteren CLC-Klassendefinition modifiziert werden, um die gefor-

derte Unterscheidung zwischen gesundem Wald mit hohen Bäumen von Aufforstungsflächen, Waldschadensflächen (Windbruch) und Übergangsflächen zu ermöglichen.

- *321 Natürliches Grasland, 333 spärliche Vegetation, 421 Salzwiesen, 521 Lagunen und 522 Mündungsgebiete:*

Für die übrigen CLC-Klassen sind beim BKG in Abstimmung mit UBA Lösungen in Arbeit, den OK des DLM-DE entsprechend der unterschiedlichen Spezifikationen von DLM-DE und CLC zu erweitern.

4.2 Aktualisierung des DLM-DE und Erfassung zusätzlicher CLC-relevanter (neuer) Objektarten

Für das Bezugsjahr 2006 sollen im laufenden Vorhaben nach vollendeter Erweiterung des OK die Geometrien des DLM-DE überprüft und bei Bedarf angepasst werden, um daraus in der Folge den CLC Update 2006 abzuleiten. Daher sollen für flächenhafte, die Landnutzung und Landbedeckung betreffende Objektarten für gesamt Deutschland die Veränderungen der bestehenden Geometrien sowie die Geometrien neuer CLC-relevanter Objektarten erfasst und somit als Land Cover-Information in das DLM-DE integriert werden.

Zum Vergleich werden im Zweifelsfall die Bilder des Mosaiks Image2000 (LANDSAT7 ETM+) herangezogen, sofern dadurch die Entwicklung der Landschaft und Darstellung im CLC2000-Datensatz nachvollziehbarer wird. Weiterhin sollen Informationen aus den GMES-Diensten FTS *Sealing* und GSE *Forest* in die Verifizierung/Aktualisierung des DLM-DE mit einfließen.

4.3 Generalisierung des DLM-DE und Ableitung des CLC-Datensatzes

Ziel der CLC-Ableitung aus dem DLM-DE ist es, einen überlagerungsfreien Vektor-Datensatz zur Landbedeckung zu erzeugen.

Abb. 2 veranschaulicht den Input und (von oben nach unten) die einzelnen aufeinander folgenden Teilschritte des Workflows der

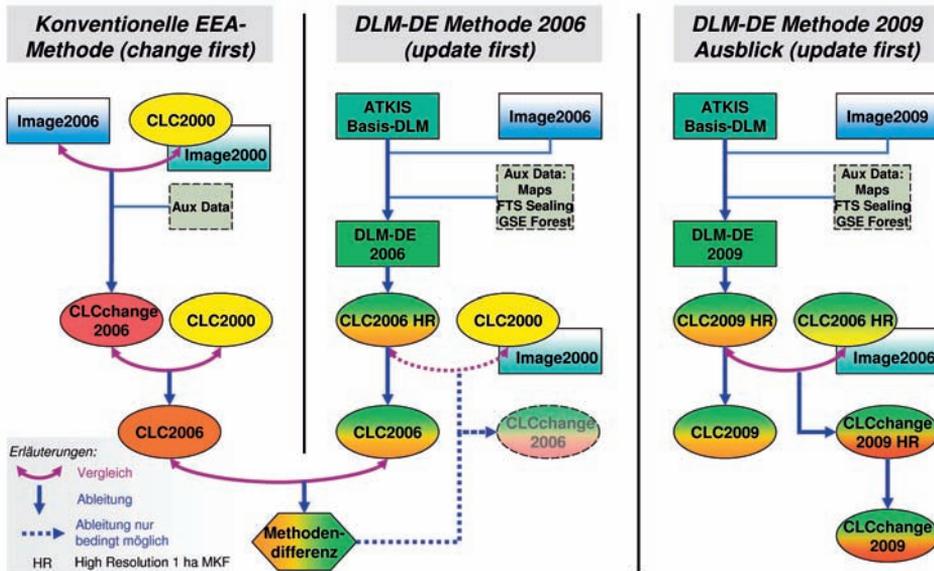


Abb. 2: Graphische Darstellung der CLC-Ableitung. Links: konventionelle EEA-Methode mit visueller Bildinterpretation; Mitte: DLM-DE-Methode 2006 mit semi-automatischer CLC-Ableitung; Rechts: Ausblick auf zukünftige DLM-DE-Methode bei CLC-Aktualisierungen.

CLC-Aktualisierung, untergliedert in die konventionelle EEA-Methode (linke Spalte), die DLM-DE-Methode 2006 (Mitte) und einen Ausblick auf einen möglichen Ablauf der DLM-DE-Methode 2009 bei der nächsten CLC-Aktualisierung (rechte Spalte), die voraussichtlich für das Stichjahr 2009 erfolgen soll.

Zur hinreichend bekannten EEA-Methode (EEA 2007): Durch den Abgleich der Daten $CLC2000_{EEA}$ mit den aktuellen Satellitenbildern $IMAGE2006$ wird der $CLC2006_{EEA}$ -change Layer erzeugt (MKF 5 ha). Durch Verrechnung mit $CLC2000$ wird dann der $CLC2006_{EEA}$ Layer abgeleitet (MKF 25 ha).

Die alternative DLM-DE-Methode sieht vor – wie eingangs schon beschrieben – Geobasisdaten und Geofachdaten durch den Abgleich des Basis-DLM mit aus Fernerkundungsdaten gewonnenen Informationen zur Landbedeckung und Landnutzung unter Berücksichtigung der CLC-Nomenklatur im DLM-DE zu integrieren (MKF 1 ha). Anhand der dabei vergebenen CLC-Kodierung lässt sich daraufhin aus dem DLM-DE ein hochauflösender Layer $CLC2006_{DLM-DE}^{HR}$ („high resolution“) extrahieren mit einer MKF von 1 ha. Nach der

Zusammenfassung („Dissolve“ in ArcGIS) von Flächen gleicher Objektart und Attributierung bzw. nun gleicher CLC-Klasse gelangt man durch die darauffolgende Generalisierung auf eine MKF von 25 ha zum Layer $CLC2006_{DLM-DE}$. Der für das UBA zur EU-Berichterstattung wichtige $CLC2006_{change}$ -Layer kann zwar durch Generalisierung von 1 ha auf 5 ha erzeugt werden, hat aber, bedingt durch den Methodenwechsel, eine andere Gestalt und kann nicht direkt mit den $CLC2000_{EEA}$ -Daten verglichen werden. Es muss dabei die methodisch bedingte Differenz der Datensätze $CLC2006_{EEA}$ und $CLC2006_{DLM-DE}$ berücksichtigt werden.

Für 2009 besteht die DLM-DE-Methode durch die Möglichkeit, zumindest semi-automatisch sowohl einen hoch aufgelösten $CLC2009_{DLM-DE}^{change} HR$ (MKF 1 ha) als auch den „normalen“ $CLC2009_{DLM-DE}^{change}$ Layer (MKF 5 ha) aus dem Vergleich $CLC2009_{DLM-DE}^{HR}$ mit $CLC2006_{DLM-DE}^{HR}$ abzuleiten.

Die Generalisierung an sich soll nach einem automatischen, gestuft-kombinierten Verfahren erfolgen, bestehend aus zunächst semanti-

schen, dann geometrischen Regeln. Über eine Ähnlichkeitsabfrage nach festgelegter semantischer Hierarchie mit Nachbarflächen werden die Flächen $< MKF$ erst dem ähnlichsten Nachbarpolygon zugeschrieben. Wenn diese Abfrage nicht greift oder zu keinem semantisch sinnvollen Ergebnis führt, soll die Zuschreibung zum Nachbarn mit der größten Fläche bzw. der längsten gemeinsamen Grenze erfolgen.

4.4 Weitere technische Herausforderungen

In der Prozesskette des DLM-DE und der CLC-Ableitung sind vier Hauptaufgaben zu bewältigen. Zum einen gilt es, die Überlagerungsflächen aufzulösen, indem nach bestimmten Regeln eine Objektart als die dominante, weil CLC-relevante angesehen wird. Zum anderen müssen all die Objektarten überprüft werden, für die vorab eine mehrfache Zuordnungsmöglichkeit zu CLC-Klassen besteht. Als dritte zu lösende Hauptaufgabe ist die Generierung komplexer CLC-Klassen, namentlich *242 Komplexe Parzellen Struktur* und *243 Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung*, zu lösen. Hierbei müssen Flächen $< MKF$ zu den genannten beiden CLC-Klassen aggregiert werden. Die vierte Herausforderung besteht in der Unterscheidung zwischen tatsächlichen Veränderungen der LB/LN („real change“) und den methodisch bedingten Veränderungen („pseudo change“).



Abb. 3: Überlagerungsfläche im Basis-DLM, Beispiel I Industriegebiet: 2112 Industrie- und Gewerbefläche (rot umrandet) über 2126 Kraftwerk (gelb schraffiert) und 2301 Tagebau (orange schraffiert).

Überlagerungsflächen

Eine der drei Hauptaufgaben bei der Aktualisierung des DLM-DE ist es, die durch die Ebenen-Struktur des ATKIS Basis-DLM bedingte Überlagerung von Einzelobjekten auf dem Weg zur CLC-Ableitung aufzulösen. Hierfür sind entsprechende Regeln aufzustellen, die nach einer semantisch orientierten Hierarchie im Falle einer zwei- bis fünffachen Objektüberlagerung die jeweils als CLC-relevant angesehene DLM-DE-Objektart an oberste Stelle setzt und die darunter liegenden Flächen dominiert, d.h. sie teilweise oder vollständig verdeckt. Die Auflösung der Ebenenstruktur in eine flache Datenstruktur ohne Überlagerungsflächen muss entweder vor der Aktualisierung des DLM-DE oder vor der sich

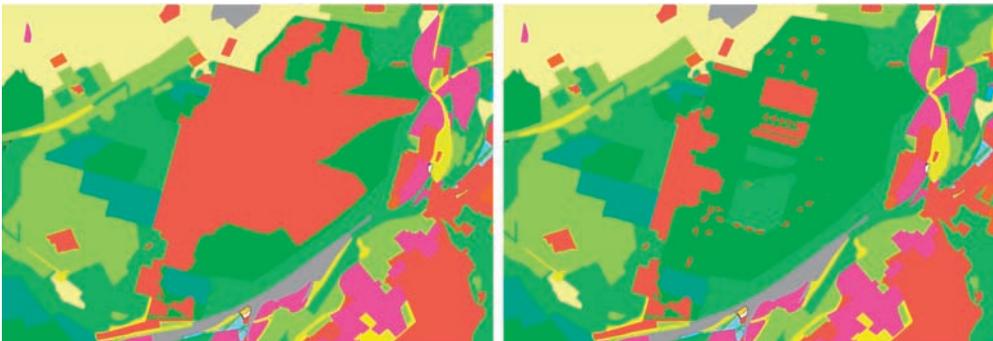


Abb. 4: Überlagerungsfläche im Basis-DLM, Beispiel II Truppenübungsgelände: Landschaft wird unterschiedlich abgebildet in Abhängigkeit der Ebenenreihenfolge im Basis-DLM. Links: 2114 Flächen besonderer funktionaler Prägung / Landesverteidigung (rot) oben auf; Rechts: 4107 Wald/Forst (dunkelgrün) oben auf.

daran anschließenden CLC-Ableitung erfolgen. Erstere Variante erleichtert bei geringem Informationsverlust die Bearbeitung und Datenhaltung, letztere erhält während der laufenden Prozessierung länger die Vergleichbarkeit und Rückführung auf die originären Daten des ATKIS Basis-DLM aufrecht.

Zwei Fragen gilt es bei Überlagerungsflächen zu beantworten: I. Welches ist die ausschlaggebende Objektart für CLC? II. Falls mehrere überlagernde Objektarten CLC-relevant sind, welche Objektart bildet unter dem Aspekt der Landbedeckung die Landschaft möglichst realitätsnah ab? Abb. 3 und Abb. 4 veranschaulichen anhand von Beispielen die beschriebene Problematik. Im Zuge der Überlagerungsauflösung und Umwandlung in die flache Struktur ist ein Überlagerungsinfo-Layer vorgesehen, der die Information enthält, wo genau sich welche ATKIS-Objekte aus welchen Ebenen überlagerten.

Mehrfachzuordnungen von ATKIS-Objektarten nach CLC-Klassen

Für manche ATKIS-Objektarten lässt sich nach dem Abgleich der Definitionen des Basis-DLM und von CLC keine eindeutige CLC-Klasse zuordnen. Dabei hängt die eindeutige Zuweisung oft von der Lage des betreffenden Objektes im Raum ab. Mit Hilfe von GIS-basierten Nachbarschaftsabfragen kann zu einem gewissen Anteil die Zahl der Flächen, die durch visuelle Bildinterpretation einer eindeutigen CLC-Klasse zugeordnet werden, redu-

ziert werden. Entsprechende Regelwerke sind in Arbeit. Am Beispiel der ATKIS-Objektart *2213 Friedhof* ist in Tab. 3 veranschaulicht, in wie weit die Lage im Raum entscheidend für die CLC-Zugehörigkeit sein kann.

Aggregation der Flächen komplexer Klassen CLC 242 und 243 aus DLM-DE

Um im CLC-Datenmodell bei relativ großer MKF (25 ha) ein feingliedriges Gebiet landwirtschaftlicher Nutzflächen bestehend aus einer Vielzahl von Parzellen und Flurstücken < 25 ha realitätsnah darstellen zu können, ist seitens der EEA in der CLC-Nomenklatur die Klassen *242 Komplexe Parzellenstruktur* vorgesehen. Sie fasst Flächen < 25 ha unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung (z. B. Ackerland, Grünland, Streuobst, Weinbau) zusammen.

Wie bereits unter 2.4 erwähnt besteht die dritte der hier aufgeführten technischen Herausforderungen darin, aus einzelnen Objekten des DLM-DE, welche jedes für sich genommen nicht die CLC-MKF von 25 ha erfüllen, zur CLC-Klasse *242 Komplexe Parzellenstruktur* zusammenzufassen (vgl. Abb. 5). Gleiches gilt für die CLC-Klasse *243 Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung*. Zur Generierung dieser Polygone stehen zwei Verfahren im Raum, wobei Variante 2 derzeit favorisiert wird.

Variante 1: Durch das Setzen eines „Aggregationskerns“ wird ein Polygon < MKF (25 ha) gewählt, welches einer für CLC 242 in

Tab. 3: Mehrfache Zuordnungsmöglichkeit einer Objektart zu CLC-Klassen am Beispiel *2213 Friedhof* in Abhängigkeit der Lage des Objektes im Raum.

ATKIS Basis-DLM		Corine 2006		
Objektart Code	Objektart Name	Klasse Code	Klasse Name	CLC-Definition
2213	Friedhof	111	durchgängig städt. Prägung	unbegrünte/begrünte Friedhöfe < 25 ha innerhalb durchgängig städt. Prägung
		112	nicht durchgängig städt. Prägung	unbegrünte/begrünte Friedhöfe < 25 ha innerhalb nicht durchgängig städt. Prägung
		141	städtische Grünflächen	Friedhöfe mit Vegetation innerhalb Siedlungen (>= 25 ha)
		142	Sport- und Freizeitanlagen	Friedhöfe mit Vegetation außerhalb Siedlungen (>= 25 ha)

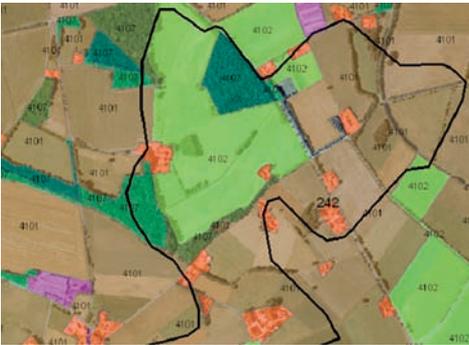


Abb. 5: CLC2000-Klasse 242 Komplexe Parzellenstruktur (schwarz umrandet) über einzelnen ATKIS-Flächen der Objektarten 4101 Ackerland, 4102 Grünland/Weide, 4107 Wald/Forst und 2111 Wohnbaufläche.

Frage kommen der Objektart angehört. Davon ausgehend werden Nachbarschaftsabfragen hinsichtlich passender Objektart und zu kleiner Fläche durchgeführt, welche dann mit dem Aggregationskern vereinigt werden.

Variante 2: Benachbarte Flächen mit unterschrittener MKF (25 ha), die unter CLC 242 zusammenzufassen sind, sollen durch Abfolge von Positiv- und Negativpufferung zu Polygonen von CLC 242 aggregiert werden.

„Pseudo-changes“ – geometrische und thematische Abweichung zwischen DLM-DE und CLC

Beim Vergleich der DLM-DE Testdaten mit dem schon bestehenden Datensatz CLC2000 hinsichtlich ihrer geometrischen Übereinstimmung zwischen den Objekten der beiden Datensätze traten – bedingt durch die beiden unterschiedlichen methodischen Ansätze der Datenerfassung – erwartungsgemäß z.T. deutliche Abweichungen auf. ATKIS-Flächen werden als scharfe Flurstücke nach Luftbildern kombiniert mit Vermessung am Boden aufgenommen (in situ), CLC-Flächen werden bis dato nach EEA-Methodik durch Satellitenbildinterpretation erfasst. Die CLC-Flächengrenzen haben dadurch eine eher abgerundete Form entgegen der kantigen ATKIS-Flächen. Im Einzelnen liegen die Gründe hierfür in den teils abweichenden Objekterfassungsregeln, den semantischen Definitionen der Objektarten bzw. CLC-Klassen und vor allem in den unterschiedlichen Mindestkartierflächen, wie in Abb. 6, ausschnittsweise dargestellt am Beispiel Mannheim-Ludwigshafen am Rhein, zu erkennen ist. Ein quantitativer Vergleich zwischen DLM-DE und CLC2000 oder gar eine daraus abgeleitete Statistik zum Landbe-

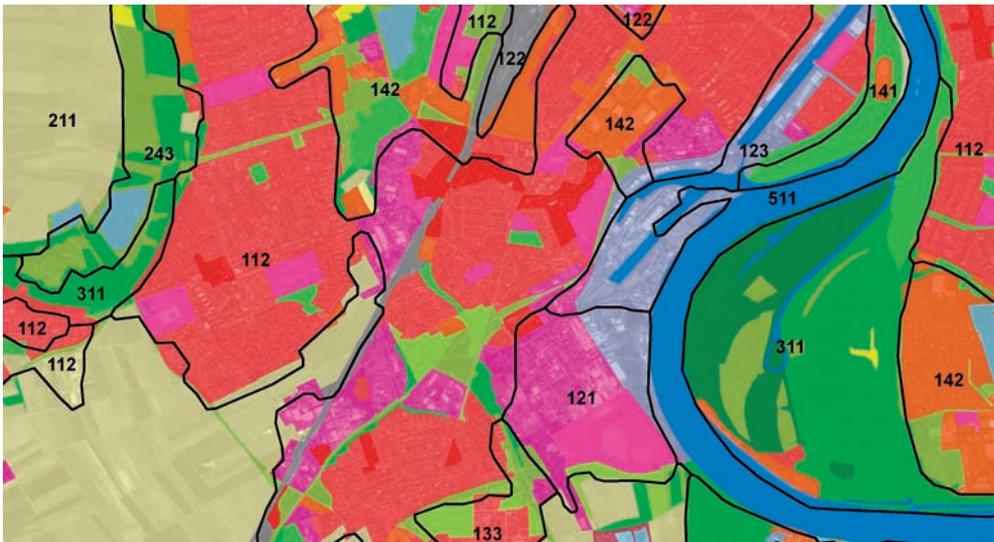


Abb. 6: CLC2000 (schwarze Linien mit CLC-Codes) über Testergebnis DLM-DE2006 (CLC-Farblegende) mit SPOT 5 PAN als Hintergrund, Mannheim-Ludwigshafen am Rhein.

deckungswandel (land cover change) ist zwar durchführbar, gibt aber aus oben genannten Gründen neben dem tatsächlichen Wandel auch eine Vielzahl an geometrischen „Pseudo-changes“ wieder, welche zunächst nicht von „Real changes“ zu unterscheiden sind. Um eine entsprechende Einschätzung vornehmen zu können, müsste, orientiert an der Pixelgröße von IMAGE2000 eine etwaige Toleranz (z. B. 20–30 m) angenommen werden, innerhalb derer eine Flächenabweichung noch als „keine Änderung“ gilt.

Thematische Pseudo-changes (gegenüber geometrischen Pseudo-changes oder in Kombination) zwischen CLC2000 und DLM-DE2006 bedingt durch in DLM-DE enthaltene, aufgrund der ATKIS-Attributierung differenziertere Flächeninformation kann zu einer anderen CLC-Klassenzuweisung führen als zuvor in 2000 interpretiert, ohne einen tatsächlichen Wandel abzubilden.

4.5 Machbarkeitsstudie DLR

Im Rahmen des DLM-DE-Projektes wurde vom BKG beim DLR eine Machbarkeitsstudie zur DLM-DE-Aktualisierung und CLC-Ableitung in Auftrag gegeben. Anhand der vier ausgewählten Testgebiete Rendsburg (Schleswig-Holstein), Dresden (Sachsen), Mannheim (Baden-Württemberg/Rheinland-Pfalz) und Friedrichshafen (Baden-Württemberg) wurde die technische Durchführbarkeit des Projektes untersucht, um methodische Ansätze sowie deren Möglichkeiten und Grenzen zu beleuchten. Für diese Gebiete wurden gemäß der skizzierten Arbeitsschritte durch automatische Zuweisung, visuelle Bildinterpretation und Einbeziehung der GMES-Zusatzdaten die Daten des Basis-DLM im DLM-DE integriert. Da im Zeitraum der Studie der FTS *Sealing* Layer noch nicht flächendeckend für Deutschland vorlag, wurde für die Studie des DLR der vergleichbare Datensatz des REFINA-Projektes (DIFU 2008, REFINA 2008) als Alternative verwendet. Zur Interpretation und Objekterkennung wurden hauptsächlich SPOT5 PAN-Daten ($2,5 \times 2,5 \text{ m}^2$) eingesetzt, deren räumliche Auflösung für die Zwecke des DLM-DE als ausreichend betrachtet wird. Für das Testgebiet Dresden wurden zusätzlich Er-

gebnisse aus dem DeCOVER-Projekt² hinzugezogen. Die Ergebnisse der Studie fließen in die weitere Projektarbeit ein und sind teilweise auch Grundlage dieses Artikel.

5 Zusammenfassende Bewertung der Vorgehensweise

Der vorgestellte Ansatz beinhaltet eine koordinierte Erfassung der Landbedeckungsinformation und CLC-Ableitung für Deutschland. Vorteile und Synergien sind

- die Ausrichtung auf künftige, höher aufgelöste Datensätze,
- erhebliche Kostenersparnis unter Ausnutzung vorhandener Dienste und Daten (DLM-DE, GMES-Dienste),
- die Interoperabilität von topographischen und Landbedeckungsdatensätzen (Geobasis- und Geofachdaten),
- die Integration nationaler und europäischer Geodateninfrastrukturen (GDI-DE) gemäß der INSPIRE-Richtlinie und
- die damit verbundene erhöhte Kosteneffizienz durch mehrfache Nutzbarkeit in der Bundesverwaltung und auf EU-Ebene.

Zur Berücksichtigung von methodisch bedingten Datensatzdifferenzen hinsichtlich einer veränderten Darstellung der Landbedeckungsmodellierung (Pseudo-changes) durch Vergleich der konventionellen EEA- und der modifizierten DLM-DE-Methode ist anzumerken, dass geometrische Abweichungen bei einmal festgelegter Toleranz greifbarer zu kalkulieren sind. Thematische Pseudo-Changes bedingt durch abweichende vorherige Interpretation gegenüber der ATKIS-Attributierung sind schwieriger und nur mit händischem Mehraufwand zu fassen.

Literatur

AdV, 2003A: ATKIS – Objektartenkatalog, Teil D0, Erläuterungen zu allen Teilkatalogen, Version 3.2, Stand: 01.07.2003. – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland.

² www.de-cover.de

- AdV, 2003B: ATKIS – Objektartenkatalog, Teil D1, Teilkatalog ATKIS-Basis-DLM einschließlich der Kennzeichnung des Basis-DLM/1, Basis-DLM/2, Basis-DLM/3 und Basis-DLM/L, Version 3.2, Stand: 01.07.2003. – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland.
- AdV, 2008A: AAA-Dokumentation zu Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), Version 6.0, Stand: 11.04.2008. – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland.
- AdV, 2008B: Online-Objektartenkatalog ATKIS Basis-DLM, Version 3.2, Stand: 01.07.2003. – www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start4?dst_or=1000&inf_sprache=deu&cl=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=ADV (letzter Zugriff: 20.06.08).
- AROZARENA, A., VILLA, G., VALCÁRCEL, N., PECES, J.-J., DOMENECH, E. & PORCUNA, A., 2006: New concept on land cover / land use information system in Spain – Design and production. – Center for Remote Sensing of Land Surfaces, Bonn, 28.–30. Sept. 2006. www.zfl.uni-bonn.de/earsel/papers/215-225_arozena.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- AROZARENA, A., 2006: SIOSE – Sistema de Información de Ocupación de Suelos de España. Spanisches Informationssystem zu Landnutzung und Landbedeckung. – www.de-cover.de/public/SIOSE_AROZARENA_DEUTSCH_24_01_2006.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- BKG, 2005: Vektordaten Bundesrepublik Deutschland, Digitales Basis-Landschaftsmodell Basis-DLM (Stand: 18.01.2005). – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. www.geodatenzentrum.de/docpdf/basis-dlm.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- BKG, 2008: Produktübersicht und Erfassungsstand des Basis-DLM. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. – Geodatenzentrum, Zweigstelle Leipzig. www.geodatenzentrum.de/isoinfo/Iso_Prod_Ueber.iso_ueber_produkt?prodid=1&iso_spr_id=1 (letzter Zugriff 20.06.08).
- BOSSARD, M., FERANEC, J. & OTAHEL, J., 2000: EEA CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000. – Technical Report No. 40, Kopenhagen, May 2000.
- BÜTTNER, G., FERANEC, G. & JAFFRAIN, G., 2006: EEA CORINE Land Cover Nomenclature Illustrated Guide – Addendum 2006. – European Environment Agency.
- CEH, 2007: Land Cover Map 2007 GB. Centre for Ecology and Hydrology. – www.countrysidesurvey.org.uk/land_cover_map.html (letzter Zugriff: 18.06.08).
- DFD, 2008A: CORINE Landcover 2000 – Bodenbedeckungsdaten für Deutschland. Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum. – www.corine.dfd.dlr.de/intro_de.html (letzter Zugriff: 20.06.08).
- DFD, 2008B: Klassifizierungsschlüssel und Farblegende der CLC-Nomenklatur. – www.corine.dfd.dlr.de/media/image/page/legende_weiss_de.gif (letzter Zugriff: 18.06.08).
- DIFU (HRSG.), 2008: Wege zum nachhaltigen Flächenmanagement – Themen und Projekte des Förderschwerpunkts REFINA, Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement. – Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin. edoc.difu.de/edoc.php?id=C16P45WH (letzter Zugriff: 18.06.08).
- EEA, 2006: GMES Fast Track Service on Land Monitoring, – EEA Project Implementation Plan GMES Land FTS 2006–2008, Stand: 16.11.2006. European Environment Agency.
- EEA, 2007: CLC2006 Technical Guidelines. – EEA Technical Report No. 17/2007. European Environment Agency & European Topic Centre / Land Use and Spatial Information. ISSN 1725–2237.
- EU, 2007: Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). – Amtsblatt der Europäischen Union. Rechtsvorschriften. L 108, 50. Jahrgang, 25.04.2007, ISSN 1725-2539.
- GMES SERVICE ELEMENT FOREST MONITORING (GSE FM), 2008: www.gmes.info/98+M55157560ef1.0.html?&filter=6&idproj=57&page=0&what=1 (letzter Zugriff: 18.06.08).
- GRÜNREICH, D. (CHAIRMAN), 2007: GMES Fast Track Land Monitoring Core Service, Strategic Implementation Plan, Final Version, Stand: 24.04.2007. – Land Monitoring Core Service Group. www.gmes.info/library/files/5.%20Implementation%20Groups%20Documents/Land%20Monitoring%20Core%20Service%20LMCS/LMCS_Strategic_Implementation_Plan_Final.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).
- GSE FM, 2008: GMES Service Element Forest Monitoring. – www.gmes-forest.info/index.htm (letzter Zugriff: 18.06.08)
- KEIL, M., KIEFL, R. & STRUNZ, G., 2005: CORINE Land Cover 2000 – Europaweit harmonisierte Aktualisierung der Landnutzungsdaten für Deutschland. – Abschlussbericht. Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).
- REFINA, 2008: www.refina-info.de (letzter Zugriff: 18.06.08)

SMITH, G. 2007: Land Cover Map 2007. – GMES Land User Meeting, Madrid 23.10.2007. www.gmes-geoland.info/events/download/LCM_2007_Smith.pdf (letzter Zugriff: 18.06.08).

Anschrift des Autors:

Dipl.-Geograph STEPHAN ARNOLD, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Referat Photogrammetrisch-fernerkundliche Informationsgewinnung, Richard-Strauss-Allee 11, D-60598 Frankfurt/Main, Tel.: +49-69-6333-443, Fax: -441, e-mail: Stephan.Arnold@bkg.bund.de.

Manuskript eingereicht: Juni 2008

Angenommen: Dezember 2008