

Erhebungsmethoden, Programme und Nomenklaturen der Flächenbedeckung und Flächennutzung

GOTTHARD MEINEL & JÖRG HENNERSDORF, Dresden

Zusammenfassung: Informationen zur Bedeckung und Nutzung der Erdoberfläche sind Grundinformationen für Politik, Planung, Umweltschutz und Wirtschaft. Nach Darstellung der Bedeutung der Flächenbedeckungs-/ -nutzungsinformation werden die Probleme der Erfassung und die Aufnahmemethoden beschrieben und verglichen. Anforderungen an und Entwicklungstendenzen von Flächenbedeckungs- / -nutzungsnomenklaturen werden dargestellt und anschließend die Ergebnisse einer europaweiten Recherche nationaler und internationaler Erhebungsprogramme der Flächenbedeckung/-nutzung vorgestellt. Detailliert wird auf die beiden wichtigsten laufenden europäischen Programme CORINE und LUCAS eingegangen. Abschließend werden die Herausforderungen und Lösungsansätze für computergestützte Erhebungen von Flächeninformationen auf Basis von Satellitenbildmaterial dargestellt. Die Arbeit entstand im Rahmen des Teilprojekts NOMEN innerhalb von ProSmart II und wurde von Infoterra GmbH (Friedrichshafen) finanziert.

Summary: *Land Cover and Land Use – Survey methods, Programs and Nomenclatures.* Data about land cover and land use are fundamentally information for politics, planning, environmental protection and economics. After representation of the importance of land cover and land use information, the problems of the collection and the recording methods are described and compared. Requirements and development tendencies of land cover/use nomenclatures are represented. Afterwards the results of a European-wide investigation of national and international collection programs to land cover/use are introduced. The two most important current European programs CORINE and LUCAS are shown in detail. Finally the challenges and solutions for computer-assisted collections of surface information on basis of satellite photograph material are represented. This paper has been developed in the context of the subproject NOMEN within ProSmartII and was financed of Infoterra GmbH (Friedrichshafen).

1 Bedeutung von Flächenbedeckungs- und -nutzungsinformationen

Informationen über die Flächenbedeckung und -nutzung sind Grundinformationen für verschiedenste Anwendungsbereiche. In der Politik sind sie Grundlage für die Entscheidung über Entwicklungsprogramme (z. B. im Rahmen der europäischen Strukturförderprogramme) und die Erfolgskontrolle. In der Landwirtschaft werden die Daten für die Agrarstatistik, die Subventionspolitik und deren Kontrolle sowie die Ausrichtung der künftigen Agrarpolitik benötigt. Die Forst-

wirtschaft nutzt die Daten insbesondere für die Kontrolle der Bestandsentwicklung und die forstliche Planung. Höchste Bedeutung haben die Daten auch im Umweltschutz und in der räumlichen Planung. Im Umweltschutz, insbesondere im Bodenschutz, sind sie Grundlage für die Zustandsbeurteilung von Natur und Landschaft (z. B. Biotopzustand und -entwicklung, Schutzgebietszustand, Versiegelungserhebung und Landschaftsstrukturbewertungen). Die Planung beruht unmittelbar auf der Flächeninformation und benötigt sie in höchster Aktualität sowohl für die Planerarbeitung als auch für die Umsetzungskontrolle. Nicht zuletzt benötigt die Wirtschaft (z. B. Mobilfunk- und

Logistikunternehmen) Flächennutzungsdaten für ihre Dienstleistungen. Die Flächeninformationen werden in unterschiedlicher thematischer Ausrichtung und Differenzierung sowie unterschiedlicher räumlicher Genauigkeit nachgefragt.

2 Begriffsbestimmung

Grundsätzlich ist streng zwischen der Flächenbedeckung und der Flächennutzung zu unterscheiden. Unter *Flächenbedeckung* (engl. land cover) versteht man die physische Beschreibung des Raums, also die beobachtete (bio-)physische Bedeckung der Erdoberfläche (DI GREGORIO & JANSEN 1997). Man unterscheidet im Wesentlichen die biophysischen Kategorien Vegetationsflächen (Bäume, Büsche, Felder, Wiesen), unbewachsene Flächen (auch wenn dies eigentlich bedeutet, dass eine Bedeckung fehlt), harte Oberflächen (Felsen, Gebäude) sowie feuchte Gebiete und Gewässer (Wasserflächen, Feuchtgebiete). Die Flächenbedeckung kann mit unterschiedlichem Abstand zur Erdoberfläche „beobachtet“ werden: durch Begehung, durch Luftbilder oder mittels Satellitensensoren.

Bei der *Flächennutzung* (engl. land use) erfolgt die Beschreibung in Hinblick auf die funktionale Dimension, also den sozioökonomischen Zweck der Flächennutzung. Die wichtigsten Flächennutzungskategorien sind Wohn-, Industrie- oder Gewerbeflächen, land- oder forstwirtschaftliche Gebiete, Erholungs- oder Schutzgebiete. Die Flächennutzung kann im Gegensatz zur Flächenbedeckung nur teilweise, oft aber gar nicht unmittelbar beobachtet werden. Häufig sind zusätzliche Informationen unerlässlich.

Teilweise kann man von der Flächennutzung auf die Flächenbedeckung schließen und umgekehrt, doch oft ist die Verbindung nicht eindeutig bzw. offensichtlich. So kann bei einer Fläche, die von einem Weizenfeld bedeckt wird, auf eine landwirtschaftliche Nutzung geschlossen werden. Andererseits wird ein forstwirtschaftlich genutztes Gebiet der biophysischen Klasse des Typs „Baum“ entsprechen. In anderen Fällen kann eine

biophysische Kategorie (Flächenbedeckung) jedoch einer großen Anzahl funktionaler Kategorien (Flächennutzung) entsprechen. Bei mit Gras bewachsenen Flächen kann es sich zum Beispiel um einen Rasen in einem städtischen Umfeld, um das Rollfeld eines Flughafens, eine Wiese, einen Golfplatz oder ein begrüntes Hausdach handeln. Aber auch ein und dieselbe funktionale Klasse kann sich über mehrere biophysische Kategorien erstrecken: So besteht zum Beispiel ein Wohngebiet aus Rasenflächen, Gebäuden, asphaltierten Straßen, Bäumen und offenem Boden. Dieser in vielfacher Weise mehrdeutige Zusammenhang zwischen Bedeckung und Nutzung führt dazu, dass diese letztlich getrennt aufgenommen werden müssen.

3 Erhebungsprobleme und -methoden der Flächeninformation

3.1 Erhebungsprobleme

Die Erhebung von Flächenbedeckung und -nutzung ist sowohl aufwändig als auch methodisch schwierig. Der Aufwand flächendeckender Erhebungen ergibt sich allein aus der Größe der Fläche (für die Bundesrepublik müssen bei einer mittleren Flächengröße von 10 ha 3,5 Millionen! unregelmäßige Polygone kartiert werden). Aus methodischer Sicht ist die Flächenerhebung mit den folgenden Problemen verbunden:

Diversität der Flächenbedeckungsarten: Sowohl die biogene als auch die anthropogene Welt zeichnen sich durch eine riesige Arten-, Formen- und Objektvielfalt aus. Das macht die Identifizierung und Einordnung der Flächen zu einer bestimmten Flächenbedeckung oder Flächennutzung aus Fernerkundungsdaten schwierig.

Bedeckungsmischung: Die Zuordnung einer Flächenbedeckung/-nutzung zu einer bestimmten Klasse hängt stark von den definierten Beobachtungseinheiten ab. So sind sowohl Mehrfachnutzungen (z. B. Tiefgarage mit Grünflächenüberdeckung) als auch Mischbedeckungen innerhalb einer Flä-

cheneinheit häufig unvermeidbar (z. B. Bedeckungsmischung in der Klasse „Sport- und Freizeitanlagen“ (1.4.2.) von CORINE).

Räumliche Abgrenzung: Oft sind die Übergänge zwischen Bedeckungs- und Nutzungsarten fließend und damit ist eine eindeutige Abgrenzung nicht möglich. Diese betrifft sowohl die Abgrenzung biogener Flächen (z. B. die Klasse „Wald-Strauch-Übergangsstadien“ (3.2.4.) von CORINE) als auch die Nutzung anthropogen überformter Flächen (z. B. Hafenflächen).

Flächenbedeckungsänderungen: Sich zeitlich schnell ändernde Bedeckungen sind vom Beobachtungszeitpunkt abhängig. Die häufige Praxis der Auswertung einer ausschließlich monotemporal vorliegenden Bildinformation führt z. B. bei der Bestimmung von Gezeitenflächen oder Reisfeldern zu Problemen.

Flächennutzungsänderungen: Flächennutzungsänderungen müssen nicht zwingend mit einer Änderung der Flächenbedeckung verbunden sein. So kann z. B. innerhalb eines Gebäudes eine Wohnnutzung in eine öffentliche Nutzung oder eine Dienstleistungsnutzung übergehen und umgekehrt. Diese fallen aber in vielen Nomenklaturen in unterschiedliche Nutzungsklassen. Hier sind neben Bilddaten zwingend Zusatzdaten erforderlich.

Datenlage: Die Flächennutzung kann nicht allein aus fernerkundlichem Bildmaterial bestimmt werden. Häufig sind zusätzliche Informationen notwendig. Die Güte der Flächenbestimmung wird direkt durch Umfang, Qualität und Aktualität der Zusatzdaten mitbestimmt. Ob diese überhaupt vorhanden bzw. nutzbar sind, ist regional unterschiedlich.

Divergente Nutzerinteressen: Die Interessen der Nachfrager nach Flächendaten unterscheiden sich stark nach dem gewünschten Zielmaßstab, dem fachbedingten Interesse an der Nomenklatur der Bedeckungs- und Nutzungsklassen als auch der geplanten Weiterverarbeitung der Daten. Eine europaweite Flächenerhebung bedingt z. B. häufig eine gröbere Nomenklatur als eine ausschließlich regional durchgeführte Flächen-

erhebung. Fachbedingt hat z. B. der Forstbereich nur ein spezielles Interesse an forstlich genutzten Flächen, die allerdings hinsichtlich der Nomenklatur stark differenziert werden, während alle Nichtforstflächen nicht unterschieden werden. Gleiches gilt hinsichtlich der Landwirtschaft für Agrarflächen und ihre Differenzierung.

3.2 Erhebungsmethoden

Die Erhebung von Flächenbedeckungs- und -nutzungsinformationen ist prinzipiell möglich über bestehende Informationssysteme zur Flurstücksnutzung (Register, Kataster), Befragungen, Feldbegehung einschließlich Bewertung oder eine Auswertung fernerkundlicher Aufnahmen.

3.2.1 Katastergestützte Erhebungen

Flächennutzungsinformationen können aus bestehenden Datensammlungen administrativer und statistischer Register (in der Regel dem Kataster) entnommen werden. Die Datensammlungen müssen über eine hohe Genauigkeit und Aktualität verfügen und relevante Flächennutzungsinformationen beinhalten. So enthalten Grundbücher Flächennutzungsinformationen, aber im Gegensatz zu den Eigentümerangaben werden diese nicht immer aktualisiert. In Deutschland wird auf Basis von Katasterdaten die „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung“ entsprechend dem Nutzungsartenverzeichnis der AdV erstellt. Die Daten werden alle 4 Jahre aggregiert und sind bis auf Gemeindebasis verfügbar. Ein weiteres nutzbares Informationsregister ist das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem der EU (InVeKoS) für flächenbezogene Beihilfen in der Landwirtschaft, dessen Informationen über die Flächennutzung höchst relevant sind, in dem die Registerdaten aber nur den Teil der Fläche abdecken, für die eine Förderung beantragt wurde.

Das Hauptprinzip bei der Nutzung von Katasterinformationen besteht in der Verknüpfung von physischen Flächeneinheiten mit ihrer konkreten örtlichen Lageinformation (Katasternummer, Adresse) und der

vorherrschenden sozioökonomischen Nutzung dieser Fläche. Dies kann dadurch erreicht werden, indem verschiedene zum Teil geocodierte und georeferenzierte Register bzw. Datenbanken miteinander verknüpft werden.

Die Vorteile der registergestützten Methode bestehen in der direkten Verknüpfung von Statistiken über menschliche Aktivitäten mit den dadurch beeinflussten Flächen. Dies bildet einen umfassenden Datenbestand für die Überwachung und Analyse des Zustandes und der Veränderung der Flächennutzung. Diese Methode zur Erstellung von Flächennutzungsstatistiken ist außerdem kosteneffizient. Durch die Einführung von GIS erhält die Nutzung von administrativen und statistischen Registern einen konkreten Raumbezug.

Ein Nachteil der Methode besteht darin, dass die in den Registern gespeicherten Informationen in Hinblick auf Vollständigkeit, Qualität und Aktualität nicht immer die erforderliche Güte aufweisen. Auch decken Register die Fläche nicht immer vollständig ab.

3.2.2 Fernerkundungsgestützte Erhebung

Fernerkundungsdaten erlauben in vielen Fällen eine Bestimmung der Flächenbedeckung und die Einschätzung der Lage, Verteilung und räumlichen Beziehungen von Objekten auf der Erdoberfläche. Fernerkundungssensoren erfassen einen größeren Teil des elektromagnetischen Spektrums als das menschliche Auge, wodurch es möglich ist, neben einer visuellen Interpretation der Bilddaten viele Objekte auch multispektral zu klassifizieren. Durch wiederholte Aufnahme eines Gebiets stellen die Daten eine einzigartige Quelle für Überwachungszwecke und das Erkennen von Veränderungen dar.

Die Fernerkundung spielt eine wichtige Rolle bei der Regional- und Stadtplanung. Allerdings hängt die Verwendung von Satellitendaten und die Möglichkeit, zum Beispiel Flächenbedeckungsklassen zu erkennen und zu identifizieren, von der spektralen

und räumlichen Auflösung der Satellitensensoren ab. Die räumliche Auflösung bestimmt den Arbeitsmaßstab. Satellitenbilder erlauben für gewöhnlich die Erstellung von Karten im Maßstab 1:10000 bis 1:100000. In einer stark strukturierten Landschaft ist zum Beispiel mit einer räumlichen Auflösung von 20 m × 20 m keine ausreichende Unterscheidung der Objekte, aus denen ein solches Gebiet besteht, möglich. Die relativ grobe räumliche Auflösung bedingt, dass aus Satellitenbildern abgeleitete Karten einen Maßstab aufweisen, der nicht immer zweckmäßig ist. Mit neuen hochauflösenden Satellitensystemen, wie IKONOS, kann diese Grenze drastisch herabgesetzt werden, so dass Karten mit einem Maßstab von bis zu 1:5000 erstellt werden können.

Vorteil der fernerkundlichen Erhebung ist die schnelle Durchführbarkeit und die damit erreichbare Aktualität der Flächeninformation. Die Aufnahmen können wiederholt werden und es sind gleiche Datengrundlagen auch für länderüberschreitende Kartierungen gegeben. Die Daten liegen flächendeckend und nicht nur parziell wie bei dem Flächenstichprobenverfahren oder der katastergestützten Flächeninformation vor.

Nachteile ergeben sich durch den derzeit noch hohen Auswertungsaufwand, um von Bilddaten Flächenbedeckungsinformationen abzuleiten. Auch sind Bedeckungs- aber nicht immer Nutzungsinformationen ableitbar. Verdeckte Flächen sind ohne Zusatzinformation überhaupt nicht kartierbar.

3.2.3 Flächenstichprobenerhebung

Im Gegensatz zu Fernerkundungserhebungen, bei denen das Gebiet vollständig kartiert wird, beruht das Flächenstichprobenverfahren, als statistischer Ansatz, auf der Auswahl und Beobachtung von repräsentativen „Gebietsstichproben“. Durch das Stichprobenverfahren soll eine gültige Verallgemeinerung ermöglicht werden, ohne dass das gesamte Untersuchungsgebiet studiert werden muss. Flächenstichprobenerhebungen werden insbesondere in der Ökologie (z. B. ökologische Flächenstichprobe

ÖFS des Statistischen Bundesamtes) und der landwirtschaftlichen Statistik zu Schätzungen der Anbauflächen eingesetzt (FAO 1996, MARS-Projekt). Es wurde eine große Anzahl statistischer Regeln entwickelt, um die Anwendung der Ergebnisse für die Stichprobe auf eine Grundgesamtheit zu ermöglichen. Beim Flächenstichprobenverfahren wird die Untersuchungsfläche in Teile (primäre Stichprobeneinheiten) gegliedert, von denen ein Set repräsentativer Proben ausgewählt wird. Die Stichprobeneinheiten können Punkte, Linien oder Quadrate/Polygone sein. Die ausgewählten Stichproben werden durch Feldbegehung, Befragung oder Luft- und Satellitenbilddaten hinsichtlich ihrer Flächenbedeckung/-nutzung aufgenommen und für die gesamte Bezugsfläche hochgerechnet. Die Auswahl der Stichproben erfolgt durch einen Stichprobenplan zufällig, systematisch oder geschichtet.

In der Praxis ist die Stichprobendefinition von den zu beobachtenden Variablen, der

erforderlichen statistischen Genauigkeit, den verfügbaren finanziellen Ressourcen sowie der zeitgerechten Bereitstellung von Ergebnissen abhängig. Die Anzahl der zur Beobachtung auszuwählenden Einheiten (Stichproben) wird durch die erforderliche Genauigkeit der geschätzten Merkmale der Grundgesamtheit bestimmt. Die Genauigkeit der Schätzung steigt mit zunehmender Größe der Stichprobe. Die Qualität oder Genauigkeit kann mit verschiedenen statistischen Maßen beurteilt werden. Die „beste“ Schätzung ist eine objektive mit der kleinsten Stichprobenvarianz. So ist z. B. die Flächenstichprobe „MARS“ dementsprechend konzipiert, dass sie auf europäischer Ebene hinreichend genaue Schätzungen erlaubt, nicht aber auf nationaler Ebene.

Der Vorteil der Flächenstichproben besteht darin, dass nur Teile der Fläche untersucht werden müssen. Dadurch kann man innerhalb der Stichproben sehr detaillierte und spezifische Informationen sammeln, die

Tab. 1: Methoden der Flächenerhebung im Vergleich.

	Katastergestützt	Stichprobe	FE-gestützte Kartierung
Erhebungsbasis	Kataster, Register	Sat.-/Luftbild, Begehung, Befragung	Sat.-/Luftbild
Auswertungsmethodik	Statistik, GIS	Statistik, GIS	Klassifikation/Kartierung, GIS
Raumbezug	Flurstück	Stichprobe	Pixel
Anwendung	Politik, Statistik	Politik, Statistik	Planung
Flächennutzungserhebung	++	+ (bei Begehung)	-
Flächenbedeckungserhebung	--	+	+
Inhaltliche Genauigkeit	+	++ (bei Begehung)	-
Flächendeckung	-	--	+
Aktualität	-	+	++
Ergebnisvisualisierung	-	--	++
FE-Bedeutung	-	-/+	++
Erhebungskosten	gering	hoch (bei Begehung)	hoch

++ sehr gut, + gut, - weniger gut, -- schlecht

zum Beispiel von der Fernerkundung nicht geliefert werden können. Das Verfahren ist relativ einfach durchführbar und ermöglicht die regelmäßige (jährlich oder saisonal), zeitgerechte Lieferung zuverlässiger Daten. Darüber hinaus ist es möglich, mittels Genauigkeitsschätzungen die Zuverlässigkeit und Effizienz zu beurteilen. Flächenstichproben liefern Statistiken, die für die allgemeine politische Entscheidungsfindung wertvoll sind. Für die konkrete Planung (z. B. Flächennutzungsplanung) auf lokaler Ebene, wo flächendeckende Daten erforderlich sind, sind diese Informationen von geringer Bedeutung.

Nachteil des Verfahrens ist letztlich die fehlende, ortskonkrete Information.

3.2.4 Erhebungsmethoden im Vergleich

In der Praxis findet man häufig auch Mischvarianten der vorgestellten Erhebungsverfahren. So kann z. B. die Bestimmung der Flächenbedeckung und -nutzung im Rahmen von Stichprobenverfahren auf Basis von Fernerkundungsdaten erfolgen (z. B. Arealstatistik der Schweiz, MARS), oder die örtliche Auffindung der Stichprobenfläche erfolgt neben GPS-Unterstützung auch durch fernerkundliches Bildmaterial (z. B. LUCAS). Jede Erhebungsmethode hat ihre Anwendungsbereiche und spezifischen Vor- und Nachteile. Tab. 1 zeigt die Erhebungsverfahren bezüglich bestimmter Auswahlkriterien im Vergleich.

Die Erhebungskosten richten sich nach der Aufnahmemethode. Prinzipiell gilt: Aggregationen aus Katastern sind preiswerter als Stichprobenerhebungen. Diese sind wiederum preiswerter als flächendeckende Kartierungen. Eine Fortschreibung (Aktualisierung) der Flächenerhebung ist preiswerter als eine Ersterhebung.

4 Klassifikationssysteme der Flächenbedeckung und -nutzung

Klassifikationssysteme (Nomenklaturen) sind Hilfsmittel, die den Aspekt Flächenbedeckung bzw. -nutzung der realen Welt mit-

tels definierter Regeln abstrakt beschreiben. SOKAL (1974) definiert „the ordering or arrangement of objects into groups or sets on the basis of their relationships“. Ein Klassifikationssystem sollte in klarer, präziser, objektiver und wenn möglich quantitativer Weise die Fläche vollständig, widerspruchsfrei und nichtüberlappend beschreiben (D. GREGORIO & JANSEN (2000)). Dazu muss es neben den Klassennamen auch die Beschreibung des Klasseninhalts und die Beziehungen zwischen den Klassen enthalten. Ein und dieselbe Realität kann mit Hilfe unterschiedlicher Klassifikationssysteme beschrieben werden, was allerdings zu Schwierigkeiten beim Vergleich von Informationen führen kann.

Ein Klassifikationssystem ist letztlich das Ergebnis einer ständigen Wechselwirkung zwischen einem systematischen Ansatz, durch den die Informationen nach logischen Grundsätzen strukturiert werden und einem pragmatischen Ansatz, der die Nutzerbedürfnisse und vorhandene Informationsbestände berücksichtigt.

4.1 Standardisierungsbemühungen

Anstrengungen bezüglich der Standardisierung flächenbezogener Nomenklaturen auf globaler Maßstabsebene zur Gewinnung aktueller und vergleichbarer Daten besitzen eine längere Historie. Erfolge konnten dabei insbesondere bei Nomenklaturen zum Boden und zur Vegetation erzielt werden. Seit 1960 arbeiten die UNESCO und die FAO an der globalen Harmonisierung von Bodennomenklaturen. Von 1960–80 wurde auf Anforderung der ISSS (International Society of Soil Science) eine „Soil Map of the World“ (SMW) durch die FAO erstellt. Weitere global angewandte Bodennomenklaturen sind die „Soil Taxonomie Classification“ der USDA, das französische CPC-System und die Russische Klassifikation. 1988 wurde die Legende der SMW unter Leitung von FAO, UNESCO und ISRIC überarbeitet. Davon ausgehend und mit den Erfahrungen der anderen global angewandten Nomenklaturen wurde die „World Reference Base for Soil Resources“ definiert, 1994/95 kar-

tografisch aufbereitet und in digitaler Form veröffentlicht. Derzeit wird auf dieser Grundlage im Rahmen des Programms WORLD-SOTER (World Soil and Terrain Database) eine weltweite Bodenkarte erstellt.

Bei der Harmonisierung von Vegetationsnomenklaturen nimmt die UNESCO eine Vorreiterrolle ein. 1969 erstellte diese das „Framework for a Classification of World Vegetation“, auch bekannt als „UNESCO classification of vegetation“. Auf diesem System basiert der vom „Federal Geographic Data Committee“ in Koordination mit der FAO und UNEP entwickelte „National Vegetation Classification Standard“, der als potenzieller globaler Standard für Vegetationskartierungen gelten kann, wobei Vegetationskartierungen Spezialfälle der Flächenbedeckungsaufnahme darstellen.

Aufgrund der Fülle verschiedenartiger, nicht vergleichbarer Nomenklaturen und dem Fehlen einer international allseits akzeptierten Nomenklatur bezüglich der Flächenbedeckung/-nutzung wurde von verschiedenen Seiten eine Standardisierung angestrebt. Es zeigte sich, dass bestehende Nomenklaturen der Flächenbedeckung/-nutzung eine Reihe von Mängeln enthielten (Inkonsistenzen, ungenaue Klassenbeschreibungen, Überlappungen oder Lücken in der Klassendefinition, nur für bestimmte Aufnahmesysteme, Maßstäbe, Regionen oder Nutzer anwendbar usw.). Im Rahmen des United Nations Environment Programme (UNEP) musste man 1993 feststellen, dass das Ziel der Definition einer einzigen weltweit gültigen Klassifikation der Flächenbedeckung und -nutzung unrealistisch ist. In den folgenden Jahren wurden Richtlinien zur Definition von Flächenbedeckungs- und Nutzungsnomenklaturen erarbeitet (WYATT et al. 1997). Die EU gab 1994 die Studien CLAUDE (Coordinating Land Use and Cover Data and Analyses in Europe) und LANES (Development of a Harmonised Framework for Multipurpose Land Cover/Land Use Information Systems Derived from Earth Observation Data) in Auftrag. Resultate aller Bemühungen waren letztlich ein besseres Problemverständnis, die For-

mulierung von Anforderungen an Nomenklaturen sowie einige größere Programme. Im Jahr 1997 hat die FAO (Food and Agriculture Organisation) ein universell anwendbares Bodenbedeckungssystem (Land Cover Classification System FAO-LCCS) entwickelt. Das baukastenartige, theoretische Konzept wurde in den Projekten Africover und Global Land Cover 2000 angewandt. Das Internationale Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) publizierte ein globales Land-Cover-Produkt mit einer Rasterweite von 1 km, erarbeitet auf Basis von Satellitenbilddaten (BELWARD et al. 1999). Die Aktivitäten der European Environment Agency (EEA) mündeten in dem CORINE-Programm (Abschn. 6.1). Unter Federführung der Europäischen Statistikbehörde Eurostat wurde 1996 CLUSTERS (Classification of Land Use Statistics-Eurostat Remote Sensing Programme) definiert und 2000 das Erhebungsprogramm LUCAS (Abschn. 6.2) initiiert.

4.2 Einteilung von Nomenklaturen

Nichthierarchische Nomenklaturen: sind Nomenklaturen, welche aus einer Liste gleichberechtigt nebeneinander stehender Klassen bestehen. Sie sind damit sehr einfach aufgebaut und beinhalten in der Regel nur wenige Klassen. Derartige Nomenklaturen findet man bei sehr kleinmaßstäbiger Betrachtungsweise oder wenn die Einstufung weitestgehend automatisiert durch computergestützte Klassifikation erfolgen soll.

Hierarchische Nomenklaturen: sind die am häufigsten angewandten Nomenklaturen. Sie sind in Form von „Bäumen“ organisiert und ermöglichen gegenüber nichthierarchischen Nomenklaturen eine Anpassung an verschiedene Informationsebenen (Maßstäbe). Flächenbedeckung und -nutzung werden nach bestimmten Kriterien in Klassen und Unterklassen gegliedert. Dadurch ist es möglich, die thematische Vielfalt bei kleiner werdendem Kartierungsmaßstab und Analyseaufgaben einzuschränken. Nachteilig ist die starre Baumstruktur, die zu Schwierigkeiten führt, wenn eine Adap-

tierung ohne Veränderung der bisherigen Informationsstruktur vorgenommen werden soll. Die einzige Möglichkeit ist die Einführung detaillierterer Gliederungsstufen auf der Grundlage der bereits bestehenden Kategorien.

Baukasten-Nomenklaturen: Hier existieren einige wenige hierarchisch geordnete Grundklassen. Alle vorkommenden Landschaftselemente werden darunter als Grundelemente in einem umfangreichen Set von Features und Attributen bereitgestellt. Der Nutzer kann in Abhängigkeit vom Zweck und Maßstab mittels bereitgestellter Software eine eigene Nomenklatur entwerfen. Die Nomenklatur fokussiert auf die Flächenbedeckung; die Flächennutzung wird nicht berücksichtigt. Nach dem Baukastenprinzip funktioniert z. B. das „Land Cover Classification System“ der FAO mit seinen 8 Flächenbedeckungsgrundklassen. Angewandt wurde diese Nomenklatur insbesondere im Projekt „AFRICOVER“, einer Flächenbedeckungsaufnahme mehrerer afrikanischer Staaten im Maßstab 1 : 250 000, wobei für jedes Land eine spezifische Nomenklatur entwickelt wurde.

Nomenklaturen mit Layerprinzip: Nomenklaturen nach dem Layer-Prinzip unterscheiden verschiedene gleichberechtigte Layer, wobei die Fläche immer vollständig unter einem jeweiligen Gesichtspunkt in einem Layer aufgenommen wird. Die gebräuchlichste Form ist die Trennung von Flächenbedeckung und -nutzung. Erster Vertreter dieses Nomenklaturtyps ist TER-UTI, die jedem Beobachtungspunkt eine spezifische Flächenbedeckung bzw. -nutzung zuweist. Diese Nomenklatur war Vorbild für LUCAS (Abschn. 6.2). Auch SLICES unterscheidet Flächenbedeckung und -nutzung und ergänzt diese um die zwei weiteren Layer „Schutzgebiete“ und „Bodentyp“.

4.3 Begriffs- und Sprachprobleme

Internationale Nomenklaturen weisen neben Übersetzungsdifferenzen auch Schwierigkeiten durch erhebliche Unterschiede in der Semantik von Fachbegriffen auf, da es

oft keine Eins-zu-eins-Entsprechung zwischen lexikalischen Einheiten gibt. So ergibt z. B. das semantische Beziehungsfeld „Wald-Holz-Baum“ im Dänischen zwei, im Französischen und Deutschen drei sowie im Italienischen und Englischen vier unterschiedliche Wörter (Eco 1988).

4.4 Anforderungen an Nomenklaturen

Klassifikationen sollten grundsätzlich umfassend, wissenschaftlich fundiert, systematisch aufgebaut, praxisorientiert sowie flexibel anwendbar sein. Nachfolgend sind wesentliche Anforderungen an Nomenklaturen aufgelistet:

Räumliche Konsistenz: Klassifikationssysteme sind so zu gestalten, dass die Ergebnisse für unterschiedliche Regionen oder Länder im Untersuchungsgebiet kompatibel sind.

Zeitliche Konsistenz: Die Flächenbedeckung oder -nutzung sollte real zum Beobachtungszeitpunkt erfasst werden, d. h. ohne Berücksichtigung vergangener oder zukünftiger Nutzungen. So sollte z. B. in jeder Nutzungsnomenklatur die Klasse Baufläche enthalten sein, auch wenn die zukünftige Nutzung schon bekannt ist. Bauflächen sind zudem ein wichtiger Indikator für Flächennutzungsänderungen. Geplante Änderungen sind in Klassifikationssystemen nicht zu berücksichtigen, da deren Realisierung letztlich nicht gewiss ist.

Unabhängigkeit von Aufnahmesystemen: Klassifikationssysteme sollten von den Ressourcen, die für das Erfassen von Informationen zur Verfügung stehen, unabhängig sein. Oftmals wurden Nomenklaturen nach dem Informationsgehalt der Bilddaten bestimmter Fernerkundungssensoren ausgerichtet. Wenn ein Sensor seine Arbeit einstellt, kann das Klassifikationssystem nicht adaptiert werden. Die Kontinuität der Flächeninformationen ist somit nicht gegeben. Oft müssen Kompromisse zwischen den verfügbaren Hilfsmitteln und den Nutzerbedürfnissen (die sich beide weiterentwickeln) gefunden werden.

Maßstabskonsistenz: Nomenklaturen sollten unabhängig vom Erhebungsmaßstab

sein. Nur dieses ermöglicht häufig benötigte konsistente Bilanzen auf verschiedenen Aggregationsstufen.

Regelwerk: Die Einstufung der Objekte sollte durch festgelegte Regeln erfolgen, die wiederum auf klar definierte Kriterien aufbauen. Das Regelwerk sollte umfassend sein, aber mit einer minimalen Zahl von Regeln und Kriterien auskommen.

Vollständigkeit: Die Gesamtheit aller Klassen der Basisebene muss eine Fläche vollständig beschreiben, d. h. für jedes Objekt/Bedeckung muss eine Klasse gefunden werden. Die Beschränkung auf ausgewählte Flächenarten (z. B. nur vegetationsbestandene oder landwirtschaftlich oder forstlich genutzt) ist für eine allgemeine Nomenklatur nicht zulässig. Innerhalb einer hierarchischen Nomenklatur muß auf jeder Hierarchiestufe die Summe aller Klassen die übergeordnete Klasse vollständig abbilden.

Überschneidungsfreiheit: Die Klassen müssen sich ohne jegliche Überschneidung gegenseitig ausschließen. So sollten z. B. auch Mischklassen vermieden werden.

Kompatibilität mit bestehenden Informationssystemen: Ein neues Klassifikationssystem sollte kompatibel zu bedeutenden Flächeninformationssystemen sein, damit Informationsübertragungen prinzipiell möglich sind.

Mehrfachnutzerschaft: Flächenbedeckungs- bzw. -nutzungserhebungen sind sehr kostenintensiv. Viele, eigentlich dringend erforderliche Erhebungen bzw. Fortschreibungen werden aus Kostengründen nicht durchgeführt (z. B. Fortschreibung der Biotop- und Nutzungstypenkartierung im 5-Jahres-Turnus). Darum sollte in der Definitionsphase unbedingt an weitere potenzielle Interessenten gedacht und versucht werden, die unterschiedlichen Anforderungen abzustimmen.

4.5 Entwicklungstendenzen von Nomenklaturen

Trennung von Flächenbedeckung und Flächennutzung: Während in früheren Nomenklaturen die Flächenbedeckung und -nutzung immer vermischt wurden, wird diese

in Neueren wie LUCAS und SLICES zunehmend getrennt.

EU-Harmonisierung: Für verschiedene Fachpolitiken der EU sind Flächeninformationen von grundlegender Bedeutung (DG ENV, DG REGIO, EUROSTAT, EEA, OECD etc.). Diese sind nur bei einheitlicher Nomenklatur und Erhebungsmethodik vergleichbar. Bisher haben die einzelnen Mitgliedsländer überwiegend mit eigenen Nomenklaturen gearbeitet.

Steigende Genauigkeitsforderungen: Die Anforderungen an die Lagetreue, die Maßstäblichkeit (Mindestflächengröße) und die thematische Genauigkeit (Klassifikationsgüte) der Flächendaten steigen. Dieses erfordert auch die immer bessere Geodatenbasis der Nutzer, die die Flächendaten mit anderen digitalen raumbezogenen Datensätzen kombinieren wollen.

Änderungskartierungen: Die Geodatenbasis vieler Anwender wird immer umfangreicher. Dadurch wird zunehmend die Aufgabe einer Ersterhebung von Daten durch die Forderung nach einer Fortschreibung der Daten ersetzt. Dieses führt zu einer grundlegend anderen Methodik. Wird die fernerkundliche Bildverarbeitung für eine Datenfortschreibung benutzt, so werden häufig Change-Detection-Verfahren angewandt.

Überführbarkeit von Nomenklaturen: Auf Basis bestehender Nomenklaturen wurden inzwischen mit hohem finanziellen Aufwand umfangreiche Datenbestände erstellt. Selbst wenn durch die Nomenklaturentwicklung einige Nomenklaturdefinitionen nicht mehr als optimal betrachtet werden können, sind die darauf erhobenen Daten von unschätzbarem Wert, zum einen als Ausgangspunkt für Änderungskartierungen zum anderen als historische Zeitaufnahmen. Bei der Definition neuer Nomenklaturen wird darum zunehmend auf die Überführbarkeit in bestehende Nomenklaturen geachtet. So kann mit beschränkter thematischer Präzision auch die Information aus anderen Nomenklaturen genutzt werden.

Erhebungseffektivität: Flächenerhebungen sind sehr teuer. Der Auftraggeber ist in der Regel die öffentliche Hand, die über im-

Tab. 2: Übersicht bedeutender nationaler und internationaler Flächenerhebungsprogramme in Europa.

Name	Raumbezug	Maßstabzahl	Datengrundlage	Methode	Anwendung	Ebenen-/Klassenzahl	Ersterhebung	Fortschreibungszeit [a]
ATKIS25	D	25000	DGK5, TK10, TK25, Orthofotos	FE	Topographie, Kartographie	3/179	1991	ca. 5
Flächenerhebung (AdV)	D		Liegenschaftskarte (ALK)	Kataster	Statistik	3/254	1979	4
Biotop-/Nutzungstypenkartierung	D	10 000	CIR, TK5, TK10, Thematische Karten, Begehung	FE	Planung, Umwelt	4/365	1991	5 geplant, aber wegen Kosten nicht realisiert
TER-UTI	F		Luftbild, Begehung	Stichprobe	Statistik	81 Bedeckung, 25 Nutzung, keine Hierarchie	1969	1
BD-CARTO Land Cover	F	50000–50000	Satellitenbild (SPOT), Karten	FE	Kartographie, Umwelt, Administration, Planung	2/12	1991	1–3
Countryside Survey (CS90, CS2000)	GB	10000	Satellitenbild (Landsat), Begehung	FE, Stichprobe	Statistik, Umwelt	3/ca. 300	1978	1984, 1990, 2000
Land Use Change Statistic (LUCS)	GB	10000	Begehung		Statistik, Planung	3/24	1985	0,5 in Stadt, sonst 5
Land Cover Map (LCM2000)	GB	50000	Satellitenbild (Landsat), Thematische Karten, DTM	FE	Kartographie, Umwelt	2/26	1988/90	ca. 10 (wie CORINE)
Topographic Land Cover Map (BCN25)	E	25000	Luftbild	FE	Kartographie	25, keine Hierarchie	2000	5 (geplant)
CLC50	E	50000	Satellitenbild (Landsat), Luftbild, Karten, Statistik	FE	Kartographie, Umwelt	5/67	1987/91	wie CORINE
Carta de Ocupacao do Solo	P	25000	Luftbild	FE	Kartographie, Umwelt, Planung, Agrar, Forst	4/73	1990	5
Land cover/use mapping (CLC25)	I	25000	Satellitenbild, Luftbild, Karten	FE	Kartographie, Umwelt, Planung, Agrar	4/63	1998, in Bearbeitung	
Realraumanalyse	A	50000	Satellitenbild (KFA1000, Landsat TM), Thematische Karten, Topographische Karten, FCIR Luftbild	FE	Kartographie, Regionalplanung	3/97	2000	vorgesehen
Arealstatistik	CH	25000	Luftbild, Feldbegehung	Stichprobe, FE	Statistik, Planung, Umwelt	4/74	1979/1985	8
SLAM	FIN	50000	Satellitenbild (Landsat, SPOT), Topographische Karten, Field sample plot Daten, Gebäuderegister	FE	Kartographie, Umwelt, Planung, Forst	keine Hierarchie, 70 Klassen	1991	1994, 1997, 2002
SLICES	FIN	ca. 25000	Alle bereits existierenden digitalen geografischen Daten	FE, Kataster	Multiuser	125 in 4 hierarchische Layer (Nutzung, Bedeckung, Boden, Schutzgebiete)	1999	in Bearbeitung
National Land Survey (NLS)	S	10000	Luftbild	FE	Kartographie	4		kontinuierlich vorgesehen

Swedish LC Data (CLC7/SLD)	S	50 000	Satellitenbilder (Landsat), digitale Daten des NLSS, Thematische Karten, Inventory plot Daten vom National Forest Inventory	FE	Kartographie, Umwelt	6/52	1999 (Pilotprojekt)	wie CORINE
Land Use Statistics	NL	10 000	Luftbild, Stadtplan, Topographische Karten, in Zukunft: Satellitenbild	FE	Kartographie, Statistik	2/35	1989	3 (1983, 1997)
Nat. LC-Database (LGN)	NL	50 000	Satellitenbild (Landsat, SPOT), Luftbild, Digitale topographische Daten, Feldbegehung	FE	Kartographie, Umwelt, Agrar, Planung	2/21	1986	5
Statistique de l'occupation du sol	B	500-5 000	Begehung, Administrative and fiskalische Daten	Kataster	Statistik, Administration	2/221	1976	1
Land Cover in Wallonia	B	50 000	Satellitenbild (Landsat, SPOT), CIR-Luftbild, Topographische Karten 1:50 000, Flächennutzungsplan 1:25 000	FE	Kartographie; Planung	Keine Hierarchie/ 16	1989	1993
CORINE LC Luxemburg	L	20 000	CIR, Begehung, Karten, Statistische Daten, Ortskenntnis	FE	Kartographie, Umwelt	5/91	1995	wie CORINE
CORINE (CLC50)	Ost-Europa	50 000	Satellitenbilder (Landsat, SPOT, IRS, COSMOS KVR-1000), TKs, thematische Karten, CLC100	FE	Kartographie, Umwelt	5/ca. 113	1996-1999	wie CORINE
Feature Attribute and Coding Catalog FACCS5	NATO	25 000	Orthophotos, thematische Karten, TK5/TK25	FE	Militär	3/310		auf Anforderung
Nat. Vegetation Class. Standard (FDGC-NVCS)	USA		Ground plot data samples; Luftbilder (1:24 000), Satellitenbilder (Landsat, SPOT) Video	FE, Stichprobe	Umwelt, Forst, Agrar	5/133	1997	
USGS-HRLC	USA	24 000	CIR-Orthophoto, Straßenkarten, TKs, Feldbegehung, Statistik	FE	Planung	6/48	1998	
FAO-LC Class. System (FAO-LCCS)	Int.		Nutzerabhängig	FE	Umwelt	3 Ebenen, 8 Klassen (Nutzerdifferenzierung möglich)	1996	auf Anforderung
MOLAND	Int.	25 000	Satellitenbild (IRS, IKONOS, SPOT, CORONA), Luftbild	FE	Planung, Umwelt	4/96	1999	auf Anforderung, nur für ausgewählte Städte
SPOT-Thema	Int.	50 000	Satellitenbild (SPOT) TK, Thematische Karten, Statistik, Stadtpläne	FE	Planung	2/29	1988	auf Anforderung
CLUSTERS	Europa	25 000-50 000	Satellitenbild, TKs, Statistik	FE	Kartographie, Statistik, Umwelt, Agrar, Planung	4/60	1994	auf Anforderung, nur in Pilotprojekten
CORINE Land Cover/ CLC2000	Europa	100 000	Satellitenbild (Landsat), Luftbild, Karten, Statistik	FE	Kartographie, Umwelt	3/44	1985	2000
LUCAS	Europa		OrthoLuftbild 1:10 000-1:2 000, topographische und thematische Karten, GPS, SABC, SCOLE, Begehung	Stichprobe	Statistik, Agrar, Umwelt	57 Bedeckungs-, 14 Nutzungsklassen, keine Hierarchie	2001	2 (geplant)

mer geringere Mittel verfügt. Darum gibt es einen intensiven Druck auf die Erhebungskosten, der nur durch effiziente Verfahren realisiert werden kann. Ein Mittel zur Effektivitätssteigerung ist die Automatisierung der Erhebung im Rahmen von Satellitenbildklassifikationen, an der intensiv gearbeitet wird.

Baukastensysteme für weltweite Nomenklaturen: Bei weltweiten Nomenklaturen wird zunehmend das Baukastenprinzip angewandt. Der Nutzer kann in Abhängigkeit von dem Zweck, dem Maßstab und der geografischen Lage mittels bereitgestellter Software auf Basis von Grundklassen eine eigene Nomenklatur entwerfen. Dadurch kann je nach geografischer Lage thematisch hinreichend genau kartiert werden, die Daten aber auf einer größeren thematischen Ebene weltweit verglichen werden (z. B. das „Land Cover Classification System“ der FAO).

5 Übersicht wichtiger nationaler europäischer Erhebungsprogramme

Tab. 2 zeigt eine Übersicht bedeutender nationaler und internationaler Flächenerhebungsprogramme insbesondere in Europa. Diese wurden durch Befragung, Literatur- und Internetrecherchen zusammengestellt, Detailinformationen durch Experteninterviews zusammengetragen und vergleichend analysiert.

6 Aktuelle europaweite Flächen-erhebungsprogramme

Europaweite Programme der Erhebung von Flächenbedeckung und -nutzung haben allein aufgrund ihres Umfangs eine besondere Bedeutung. Darum sollen hier die beiden laufenden Erhebungsprogramme, die nicht nur die EU-Länder, sondern im Fall von CORINE Land Cover auch die meisten osteuropäischen Länder in der Erhebung mit berücksichtigen, detaillierter dargestellt werden.

6.1 CORINE Land Cover

CORINE Land Cover ist ein europaweites Vorhaben, dessen Ziel die Bereitstellung einheitlicher und vergleichbarer Flächenbedeckungsdaten für das Gebiet der Europäischen Union (EU) mit dem Themenschwerpunkt Umwelthanwendungen ist. Das auf der Auswertung von Landsat-TM-Satellitenbildern basierende Datenerhebungskonzept auf dem Maßstabsniveau 1 : 100000 unterscheidet 44 Flächenbedeckungskategorien. Es sieht – bei einer Erfassungsuntergrenze von 25 ha – den Nachweis der konkreten geografischen Lage jeder homogen bedeckten Bodenfläche (Erhebungseinheit) vor. Flächen linienförmiger Ausdehnung (z. B. Gewässerläufe) werden ab einer Breite von 100 m erfasst. In der Ersterhebung in den Jahren 1985–1995 für alle EU- und die PHARE-Länder wurde die visuelle Interpretation auf Basis von Deckfolien auf georeferenzierten und im Blattschnitt der TK 100 ausgegebenen Satellitenbilddaten ermittelt.

Mit dem Jahre 2000 wird der CLC-Datensatz fortgeschrieben. Die Fortschreibung erfolgt durch unmittelbare Bildschirmdigitalisierung, was die Lagegenauigkeit wesentlich erhöht und die Kosten senkt. Grundlage ist ein orthorektifiziertes Landsat-TM7-Satellitenbildmosaik von ganz Europa (IMAGE 2000) zum Aufnahmejahr 2000 (Snap shot of Europe for year 2000). Aus diesem wird bis Ende 2003 eine Flächenbedeckungskarte (CLC 2000) abgeleitet. Nutzungsänderungen > 5 ha zwischen Erst- und Zweitaufnahme werden in einem zusätzlichen GIS-Datensatz (CHANGE) erarbeitet. Ausgehend von dem CLC-Konzept sind nationale Vertiefungen sowohl hinsichtlich des Maßstabes (1 : 50000, 1 : 25000) als auch des Klassifikationsschlüssels (weitere Gliederungen unterhalb der 3. Hierarchieebene) möglich.

Auf europäischer Ebene wird der Aufbau von CLC durch das European Topic Center on Terrestrial Environment im Verantwortungsbereich der Europäischen Umweltagentur koordiniert. Die jeweilige nationale Verantwortung liegt in der Regel in den

Tab. 3: Vergleich der CLC-Erhebungen von 1990 und 2000.

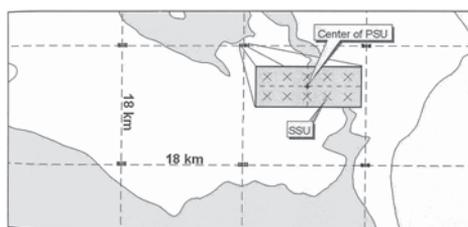
	CLC 1990	CLC 2000
Bildaufnahmezeit	1986–1995	2000 + / – 1 Jahr
Bildauflösung	30 m	30/15 m
Lagegenauigkeit	100 m	25 m
Minimale Flächengröße	25 ha	25 ha
Minimale Größe von Flächenänderungen	–	5 ha
Projektlaufzeit	10 Jahre	3 Jahre
Erhebungskosten	6 EUR/km ²	3 EUR/km ²

Händen der Statistischen Ämter der Länder in Zusammenarbeit mit den nationalen Umweltverwaltungen.

6.2 LUCAS (Land Use/Cover Area Frame Statistical Survey)

Die europäische Umwelt-, Landwirtschafts-, Verkehrs- und Raumordnungspolitik benötigt konsistente, harmonisierte Informationen zur Flächenbedeckung und -nutzung in Europa. Darum hat die DGA (Directorate General Agriculture) und das Statistische Amt der Europäischen Union EUROSTAT in Weiterentwicklung des französischen Erhebungsprogramms TER-UTI das Programm LUCAS (Land Use/Cover Area Frame Statistical Survey) im Jahre 2000 initiiert. Das Programm unterscheidet zwischen Flächenbedeckung und -nutzung. Eine Kreuztabelle zwischen diesen Größen kennzeichnet erlaubte Kombinationen von Nutzungs- zu Bedeckungsklassen. Auf die Differenzierung landwirtschaftlicher Nutzung wird besonderer Wert gelegt. Die Flächenerhebung erfolgt nach einem Stichprobenverfahren. Europa wird dazu mit einem Rasternetz der Maschenweite 18 km × 18 km (Primary Sampling Unit (PSU), Abb. 1) überzogen.

Jeder Schnittpunkt wird wiederum durch die Second Sampling Units (SMU) in 2 Reihen á 5 Punkte mit einem Abstand von jeweils 300 m zerlegt. Die Flächenbedeckung und -nutzung wird dann jeweils in einem Kreis mit dem Radius von 1,5 m bestimmt.

**Abb. 1:** Probenmessraster im LU/LC-Programm LUCAS.

Für weitere nationale Vertiefungen kann die Maschenweite auf 6 bzw. 3 km verdichtet oder aber die SMU auf 5 Reihen á 5 Punkte erweitert werden, um die Genauigkeit der statistischen Aussage zu verbessern. Die exakte Punktaufindung wird durch Orthofotos erleichtert, denn die Anforderung an die Lagegenauigkeit ist mit < 3 m sehr hoch. Es wird eine thematische Genauigkeit der Hauptklassen von < 2% angestrebt. Die Bestimmung erfolgt durch Begehung der ca. 100 000 Stichprobenpunkte in Europa jeweils im Frühjahr. Neben der Flächeninformation werden auch Angaben zur Bodenerosion, der Lärmbelastung, der Landschaftssituation und des Reliefs erhoben. In der zweiten Phase werden jeweils im Herbst Interviews mit Bauern zur technischen und Umweltsituation geführt. Die Ersterhebung wurde für 13 EU-Länder 2001 abgeschlossen und soll 2003 wiederholt werden. Eine zweijährliche Datenfortschreibung ist geplant.

7 Ausblick

Die Möglichkeiten der Bestimmung der Flächenbedeckung und -nutzung werden sich in den nächsten Jahren entscheidend verbessern. Die Verfügbarkeit von fernerkundlichem Bildmaterial, welches in den meisten Fällen die Grundlage für eine Flächenbestimmung ist, wird sich durch die zunehmende Zahl von Fernerkundungssensoren verbessern. Durch Radarsensoren wie dem geplanten TerraSAR-Satelliten wird durch die Allwettertauglichkeit die Verfügbarkeit von Bildmaterial operationell. Weiterhin hat das neue Bildmaterial eine höhere geometrische, radiometrische und temporale Auflösung. So ist auf Basis höchstauflösender Satellitenbilddaten (1 m-Bodenauflösung wie IKONOS und 0,6 m QuickBird) eine genauere Flächenkartierung möglich. Die Informationslage wird weiter verbessert durch hochgenaue digitale Gelände- und Oberflächenmodelle, erhoben durch Laserscanner, die unmittelbar einen Rückschluss auf die Flächennutzung im Fall von Gebäuden oder aber teilweise auch einen Ausschluss bestimmter Nutzungsarten (z. B. extreme Hangneigungen) ermöglichen. Letztlich ermöglichen hyperspektrale Sensoren eine differenzierte Bestimmung der Flächenbedeckung. Derartige Aufnahmen werden allerdings aufgrund ihres hohen technischen Aufwandes und Preises nur speziellen und räumlich begrenzten Projekten vorbehalten bleiben. Auch die Geodatenbasis, die im Rahmen der Flächenaufnahme eine große Rolle spielt, verbessert sich zunehmend durch die Digitalisierung analoger Datenbestände und die Existenz von Vorklassifikationen. Für europaweite Erhebungen ist allerdings die sehr unterschiedliche Verfügbarkeit von Geobasisdaten ein erhebliches Problem.

Doch nicht nur auf Seiten der Informationsbasis geht die Entwicklung schnell voran, auch die Auswertungsmethodik verbessert sich laufend. Flächenbedeckungs- und -nutzungsbestimmungen erfolgen, wenn sie auf Basis von fernerkundlichem Bildmaterial erhoben werden, derzeit in der Regel noch durch visuelle Interpretation. Aller-

dings hat sich die Bildschirmkartierung gegenüber der Kartierung auf analogem Bildmaterial durchgesetzt, da hier Zeit- und Kostenersparnisse erzielt werden können, die Bestimmungsgüte durch Bildverbesserungen erhöht und auch die Lagetreue der Kartierung verbessert werden kann. Ziel ist es, von der kostenintensiven visuellen Interpretation zu einer automatischen Bildklassifikation zu kommen. Noch gelingt es aber derzeit nur sehr unvollkommen, die Flächeninformation allein auf Basis einer automatischen Bildklassifikation abzuleiten.

Segmentbasierte Klassifikationsansätze versuchen die Zuordnung zu einer Klasse nicht auf Basis der einzelnen Pixel, sondern zerlegen das Bild zuerst in Segmente, die relativ homogen sind. Durch Wiederholung dieser Segmentierung auf verschiedenen Skalenniveaus kann dem ebenfalls hierarchisch strukturierten Erkennungssystem des Menschen nahe gekommen werden. Zwischen den Segmentebenen können dann unter- und übergeordnete Segmente miteinander verbunden werden, was den meist hierarchisch aufgebauten Klassifikationsschlüsseln entgegenkommt. Durch dieses hierarchische Segmentnetzwerk sind auch Nachbarschafts- und Hierarchieinformationen nutzbar. In diesen Klassifikationsprozess können auch andere Daten auf Raster- oder Vektorbasis eingebunden werden (frühere Klassifikationen, Straßendatenbanken, Blockkarten usw.).

Da sich zunehmend die Aufgabenstellung von einer Ersterhebung der Flächenbedeckung/-nutzung hin zu einer Fortschreibung bestehender Datensätze ändert, werden Change-Detection-Verfahren eine wachsende Bedeutung gewinnen. Hier werden aus den Bilddaten nur Flächenänderungen gegenüber früheren Aufnahmen zur Weiterführung der Geoinformation detektiert und bewertet. Trotz dieser Entwicklungen wird die Bestimmung von Flächenbedeckung und -nutzung eine große Herausforderung bleiben und noch erheblicher Forschungsarbeit bedürfen.

Danksagung

Die Autoren danken der Firma Infoterra für die Finanzierung der Arbeit, die im Rahmen des Projekts NOMEN innerhalb von ProSmart II erfolgte.

Literatur

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), 1991: Verzeichnis der flächenbezogenen Nutzungsarten im Liegenschaftskataster und ihrer Begriffsbestimmungen. – Mainz.
- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), 2001: ATKIS-Objektartenkatalog – Teile D0 und D1 der ATKIS-Gesamtdokumentation (Stand 15. 03. 2001), http://www.atkis.de:8080/meta/livehtml/dst_do.html, Leipzig.
- BAATZ, M. & SCHÄPE, A., 1999: Object-oriented and multi scale image analysis in semantic networks. – In: Proceedings 2nd International Symposium on Operationalisation of Remote Sensing Conference and Exhibition.
- BELWARD, A. S., ESTES, J. E. & KLINE, K. D., 1999: The IGBP-DIS Global 1-km Land-Cover Data Set DISCover: A Project Overview. – *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 65, 1013–1020.
- BÜTTNER, G., BIRO, M., MAUCHA, G. & PETRIK, O., 2000: Land Cover mapping at scale 1 : 50 000 in Hungary: Lessons learnt from the European Corine programme. – FÖMI Remote Sensing Centre, Budapest.
- Bundesamt für Naturschutz, 1995: Systematik der Standard Biotoptypen und Nutzungstypen für die CIR-Luftbild gestützte Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung für die Bundesrepublik Deutschland (Kartieranleitung). – Arbeitsgemeinschaft Naturschutz der Landesämter, Landesanstalten und Landesumweltämter, Arbeitsgruppe CIR-Bildflug, Bonn-Bad Godesberg.
- Bundesamt für Statistik, 1992: Die Bodennutzung der Schweiz – Arealstatistik 1979/85, Kategorienkatalog, Bern.
- Bundesamt für Statistik, 1996: Arealstatistik Schweiz – Die Bodennutzung in den Kantonen Fribourg, Neuchâtel, Jura. – Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/1997, Bern.
- Bundesamt für Statistik Schweiz, 2001: Neuchâtel, http://www.statistik.admin.ch/stat_ch/ber02/asch/dframe1.htm
- Bundesamt für Statistik, 1999: Servicestelle GEOSTAT, GEOSTAT Benutzerhandbuch, Ausgabe 02/1999. <http://www.statistik.admin.ch/dienstle/electron/dgeostat01.htm> (Link: HBD9902.pdf).
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2000: Umwelt und Wasserwirtschaft, Realraumanalyse Österreich (Austria: Land Use and Living Space), <http://taten.municipia.at/alle/f0001061.htm1>.
- Centre for Ecology and Hydrology, 2001: Land Cover Map of Great Britain. http://www.ceh.ac.uk/products_services/data/lcm.html
- Datenbank „MELISE“ Version 1.1, Luxemburg.
- Departement of the Environment, Transport and the Regions: Land Use Change in England No. 14, CESD-Communautaire, <http://www.planning.dtlr.gov.uk/luc14/index.htm>
- Digital Geographic Information Working Group, 2000: The Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST), Part 4: Feature and Attribute Coding Catalogue (FACC), Version 2.1. <http://www.digest.org>
- DI GREGORIO, A. & JANSEN, L. J. M., 1997: A new concept for a Land Cover Classification System. Earth observation and evolution classification, 1997. – Tagungsband. 13.–16. Oktober 1997, Alexandria, Ägypten, 10 S.
- DI GREGORIO, A. & JANSEN, L. J. M., 2000: Land Cover Classification System LCCS: Classification Concepts and User Manual. – FAO Environment and Natural Resources Service, FAO Land and Water Development Division, FAO, Rom.
- Eco, U., 1987: Zeichen. – Edition Suhrkamp.
- EEA Phare Topic Link on Land Cover (PTL/LC), 1999: Final report, Lead organization: GISAT. – Czech Republic, PTL Leader Jan Kolar, 30. 07. 1999, Prag, <http://ptl.gisat.cz/archive.shtml>
- EEA Phare Topic Link on Land Cover (PTL/LC), 1998: Technical report: Final version of the 4th level CORINE land cover classes at the scale 1 : 50 000. – Lead organization: GISAT, Czech Republic, PTL Leader Jan Kolar, 11/1998, Prag, <http://ptl.gisat.cz/archive.shtml>
- European Environment Agency, 1997: Technical and Methodological Guide for Updating CORINE Land Cover Data Base. – Brüssel, Luxemburg.
- European Environment Agency, 1997–1999: CORINE Land Cover: Technical Guide.
- European Environment Agency, 2000: Technical report No. 40: CORINE land cover technical

- guide – Addendum 2000, Prepared by Bossard, M., Feranec J. & Otahel, J., May 2000, Copenhagen, 2000, <http://www.eea.eu.int>
- European Environment Agency, 2000: Topic report No. 4/2000: Land Cover. – Annual topic update 1999, Prepared by Martin Krynitz, May 2000, Copenhagen.
- Eurostat-Cesd-Communaire, Remote Sensing and Statistical Programme – Statistical framework Land Use, 1. Main principles, 2. Land Use nomenclature, Luxemburg.
- Eurostat, 2001: Handbuch zu den Konzepten der Informationssysteme für Bodenbedeckung und -nutzung, Luxemburg.
- Eurostat, 2001: LUCAS – Eurostat Land Use/Cover Area frame statistical Survey, Technical Documentation (Version 1.1), Technical Documents No. 1 bis No. 4, especially Technical Document No. 2 „The nomenclature“, Luxemburg.
- GAY, CH. & PORCHIER, J.-C., 1998: Land Cover and Land Use Classification Using TER-UTI, Agricultural Statistics 2000, An International Conference on Agricultural Statistics – Proceedings, 18.–20. March 1998, Washington.
- HÄRMÄ, P., SUCKSDORFF, Y. & TEINIRANTA, R., 2000: Land cover mapping using earth observation data, Finish Environment Institute, <http://www.vyh.fi/eng/kairec/abstracts.htm>
Homepage: Countryside Survey 2000: <http://www.cs2000.org.uk>, 2001
- IFEN, Utilisation du Sol <http://www.ifen.fr/cascade/fiche.htm?fic=7024>
- LAMBIN, E. F. & GEIST, H. J., 2001: Global land-use and land-cover change: What have we learned so far? – IGBP Newsletter IFEN, Utilisation du Sol, No. 46, pp. 27–30.
- LANES 1998: Development of a harmonised framework for multi-purpose land cover/land use information system derived from earth observation data, Final report. – CESD-Communaire, Luxemburg, 1998.
- MIKKOLA, A., 1998: Developing Land Use and Land Cover Information Systems in Finland – The SLICES-Project.
- National Land Survey of Finland, 2001: SLICES-Homepage www.slices.nls.fi
- Nordic Council of Ministers, 2001: Strategic landscape monitoring for the Nordic countries. – Geoff Groom, Tim Reed (Hrsg.), Copenhagen. NordLaM-Homepage
<http://nordlam.dmu.dk>, Links: What is NordLaM?, NordLaM Themes, Copenhagen, 2001.
- SEGER, M., 1995: Realraumanalyse Österreich – Ziele und konzeptueller Rahmen des Projektes „Fernerkundung und Landschaftsverbrauch“. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 137: 329–348, <http://www.uni-klu.ac.at/groups/geo/projekte/realraum/Beschrei.htm>
- SOKAL, R., 1974: Classification: purposes, principles, progress. – Prospects in Science, Jg. 185, Nr. 4197: 111–123.
- Statistics Finland, Land Use classification. – Handbooks 40, www.stat.fi
- Statistisches Bundesamt, Corine Land Cover. – Datenerhebungsanleitung (Stand 01.01.1994), Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt, 1998: Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Reihe 5.1 „Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 1997“. – Wiesbaden.
- SUCKSDORFF, Y. & TEINIRANTA, R., 2001: Land Cover and Land Use Mapping in Finland, in Strategic landscape monitoring for the Nordic countries. – Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- U.S. Geological Survey, 1998: Land Use/Land Cover (LULC) Data for U.S. Geological Survey (USGS), Middle Rio Grande Basin (MRGB) Study, LULC Data Collection, Concepts and Guidelines, National Mapping Division (NMD), Rocky Mountain Mapping Center (RMMC), http://rockyweb.cr.usgs.gov/public/mrgb/lulc_over.html
- U.S. Geological Survey, 1999: High Resolution Land Use and Land Cover Mapping. – USGS Fact Sheet 189–99, 11/1999,
<http://mac.usgs.gov/mac/isb/pubs/factsheets/fs18999pdf>
- WYATT, B., 1997: Guidelines for Land Use and Land Cover description and classification. – Institute of Terrestrial Ecology – Report to FAO.

Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. GOTTHARD MEINEL, Dipl.-Vw. JÖRG HENNERSDORF, Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden, Weberplatz 1, D-01217 Dresden, e-mail: G.Meinel@ioer.de

Manuskript eingereicht: Mai 2002

Angenommen: Mai 2002