

Kongruenz unterschiedlicher Informationsquellen zur Flächennutzung

MARTIN BACH, LUTZ BREUER, HANS-GEORG FREDE & JOHANN A. HUISMAN, Gießen

Keywords: remote sensing, ATKIS, CORINE land cover, conformity matrix, Landsat classification, land use model

Zusammenfassung: Für zahlreiche Modellanwendungen in den Geo- und Umweltwissenschaften sind digitale Daten zur räumlichen Verteilung der Flächennutzung bzw. Bodenbedeckung unverzichtbar. Dafür werden vielfach die Landnutzungsmodelle ATKIS, CORINE Land Cover (CLC) bzw. Landsat-TM-Klassifikationen herangezogen. Die Nutzer verfügen jedoch im Regelfall über keine Hinweise, in wieweit diese Datenquellen sachlich und räumlich deckungsgleich sind. Die Übereinstimmung der räumlichen Verteilung der Nutzungen zwischen den drei genannten Landnutzungsmodellen wird daher exemplarisch für ein Untersuchungsgebiet von 670 km² in Mittelhessen verglichen. Es werden die Nutzungskategorien Siedlung und Verkehr, Wald, Wasser, Ackerland, Grünland sowie Brachland (einschließlich sonstiger Nutzungen) unterschieden. Nach einzelnen Nutzungskategorien getrennt reicht die Spannbreite der Konformität von unter 1% bis 89%. Für die Nutzungen des Offenlands (Ackerland, Grünland, Brache) liegen die Kongruenzmaße im Regelfall deutlich unter den Werten für Waldflächen sowie Siedlung und Verkehr. Im CLC-Modell werden Nutzungen, die nur mit relativ geringen Anteilen bzw. stärker dispergiert in einer Region auftreten, umso mehr unterschätzt, je stärker die Flächenobjekte im Landnutzungsmodell aggregiert sind.

Summary: *Conformity of different land cover models.* For numerous model applications in the earth and environmental sciences, digital land cover data are indispensable as a source of information on the spatial distribution of the land use/land cover. Therefore the land cover data sets ATKIS, CORINE Land Cover (CLC), and Landsat-TM-classifications are widely used. However, the users of these data mostly do not have references to their quality. The conformity of the spatial distribution of the land use classes among the models for a study region of 670 km² in Hessen is analyzed. The land use categories urban and traffic areas, forest, water, arable land, grassland as well as fallow land (including other uses) are differentiated. For the individual land cover classes, the congruency is spread from < 1% to 89%. For the land cover classes of the open land (arable land, grassland, fallow) the congruency is lower than the congruency for forest, urban and traffic areas. Due to the higher aggregation of the objects, the CLC model tends to underestimate land use classes, that have relatively small coverage, or that are more strongly dispersed in the landscape.

1 Einleitung

Informationen über die Flächennutzung bzw. über die Bedeckung der Erdoberfläche bilden essenzielle Requisiten für zahllose Modellanwendungen in den unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen. Für GIS-gestützte Analysen und Modellierung von

Landschaftsfunktionen sind Kenntnisse über die Art und die räumliche Verteilung von Nutzungsformen bzw. über prozessrelevante Eigenschaften der Bodenbedeckung unabdingbar. Für alle Modellanwendungen im meso- und makroskaligen Bereich, das heißt ab einer gewissen Größe des Bearbeitungsgebietes, muss dabei regelmäßig auf

Geodaten zur Landnutzungsverteilung zurückgegriffen werden. Dafür stehen verschiedene digitale Landnutzungsmodelle als Datenquellen zur Verfügung (ausführliche Übersicht und Bewertung vgl. MEINEL & HENNERSDORF 2002):

- nationale digitale topographische Kartenwerke (in Deutschland z. B. ATKIS);
- die digitale Nutzungskarte des EU-Projekts „CORINE Land Cover“;
- Produkte aus dem Bereich der Fernerkundung wie beispielsweise Landnutzungs-klassifikationen basierend auf Satelliten-szenen.

Für praktische Anwendungen stellt sich die Frage, wie sich der Informationsgehalt der drei häufig verwendeten Landnutzungsmodelle ATKIS, CLC und Landsat-TM-Klassifikation sowohl im Vergleich untereinander als auch im Vergleich zu statistischen Flächennutzungsinformationen darstellt. Dazu wird im vorliegenden Beitrag die Kongruenz der drei Landnutzungsmodelle für ein größeres Untersuchungsgebiet untersucht sowie mit Angaben aus der Flächenerhebung und der Agrarstrukturerhebung (nur Landwirtschaftsfläche) verglichen. In einer zweiten Untersuchung (BACH et al. 2005) ist die Güte der drei aufgeführten Landnutzungsmodelle anhand der Ergebnisse einer Geländekartierung in drei Gemarkungen überprüft worden.

2 Daten und Methodik

Das *Untersuchungsgebiet* umfasst 14 Gemeinden mit insgesamt 669,91 km² (Abb. 1), deren Fläche annähernd deckungsgleich ist mit dem Einzugsgebiet der Dill (bis Pegel Aßlar). Die Untersuchungsregion zeichnet sich durch einen kleinräumigen Wechsel von Acker- und Grünlandflächen aus, zudem wird ein vergleichsweise hoher Anteil der Landwirtschaftsflächen als so genannte „Sozialbrache“ nicht mehr für die Agrarproduktion genutzt. Diese Charakteristika des Untersuchungsgebietes sind als typisch für zahlreiche Regionen in westdeutschen Mittelgebirgslandschaften anzusehen.

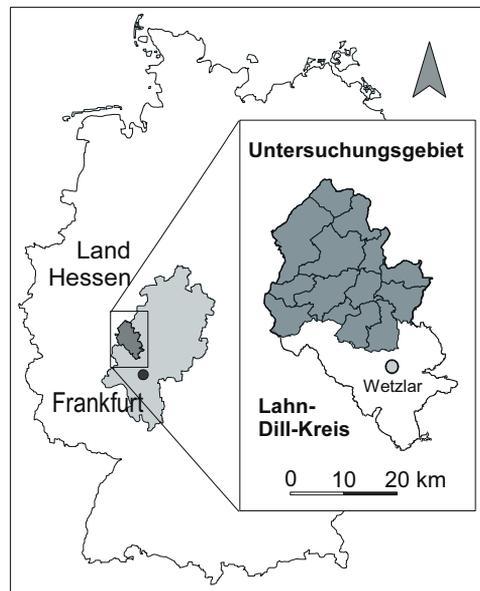


Abb. 1: Untersuchungsgebiet (14 Gemeinden im Lahn-Dill-Kreis, Hessen).

Für die Fläche des Untersuchungsgebietes standen die Daten der folgenden digitalen Landnutzungsmodelle zur Verfügung (ausführlichere Beschreibung s. BACH et al. 2005):

- ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem; AdV 2002), Datenbestand des Hessischen Landesvermessungsamts mit Stand vom 1. 1. 1998.
- CORINE Land Cover (CLC, COOrdination of INformation on the Environment; Statistisches Bundesamt 1997) im Bearbeitungsstand 1997.
- Landsat-5-TM-Klassifikation von NÖHLES (2000), Aufnahmejahre 1994/95; mit dem Schwerpunkt, das Offenland nach Ackerland, Grünland und so genannter Übergangsvegetation (d. h. verschiedene Sukzessionsstadien des Vegetationsaufwuchses auf Bracheflächen) zu differenzieren.

Datenaufbereitung: Die ATKIS- und CLC-Daten lagen im GIS ArcView[®]3.2 als Vektordaten (shape-Dateiformat) vor, die Landsat-5-Szenen waren als ERDAS IMA-

GINE[®]8 (img-Dateiformat) mit einer Pixelgröße von 25 m * 25 m aufbereitet. Für die Auswertung wurden alle Datenbestände in ArcView-Grid-Dateien mit 1 m * 1 m Rastergröße konvertiert und einheitlich georeferenziert.

Die unterschiedlichen Flächennutzungs- bzw. Bodenbedeckungsklassen, die in den drei Landnutzungsmodellen verwendet worden sind, wurden gemäß Tab. 1 parallelisiert und auf der höchsten Hierarchieebene einer der vier Nutzungskategorien ‚Siedlung und Verkehr‘, ‚Wald‘, ‚Offenland‘ oder ‚Wasser‘ zugeordnet. Die Parallelisierung

erfolgte dergestalt, dass gemäß Definition der jeweiligen Nutzungs- bzw. Bedeckungsklassen a priori die höchstmögliche Übereinstimmung zwischen den Modellen zu erwarten ist. Die drei Kategorien *Siedlung und Verkehr*, *Wald* sowie *Wasser* werden in den Klassifikationssystemen der drei Modelle weitgehend übereinstimmend definiert, so dass ihre Gleichstellung relativ unproblematisch ist. In der Kategorie *Offenland* werden dagegen vergleichsweise heterogene Nutzungen bzw. Bodenbedeckungen zusammengefasst. Zum einen gehören dazu die Landwirtschaftsflächen mit ihren verschie-

Tab. 1: Zusammenfassung (Parallelisierung) der Flächennutzungs- bzw. Bodenbedeckungsklassen der unterschiedlichen Klassifikationssysteme in sechs Nutzungskategorien^a.

Nutzungs-kategorie	ATKIS Objektart ^b	CLC-Klassen ^b	Landsat-5-Klassifikation (NÖHLES 2000)	Flächenerhebung Benennung
<i>Siedlung und Verkehr</i>	2xxx Siedlung 3xxx Verkehr	1.x.x Bebaute Flächen	„Siedlung“	„Siedlungs- u. Verkehrsfläche ges.“; „Betriebsfläche“; „Erholungsfläche“
<i>Wald</i>	4107 Wald, Forst 4108 Gehölz	3.1.x Wälder	„Laubwald“ „Nadelwald“	„Waldfläche“
<i>Wasserfläche</i>	51xx Wasserflächen	5.1.x Wasserflächen	„Gewässer“	„Wasserfläche“
<i>Offenland</i>	<i>Ackerland</i>	2.1.1 Ackerland 2.4.2 Komplexe Parzellenstrukturen 2.4.3 LF mit Fl. natürl. Bodenbedeckung.	„Ackerland“	„Ackerland“
	<i>Grünland</i>	2.3.x Grünland	„Grünland“	„Grünland“
	<i>Brachland (einschl. sonstige Nutzungen)</i>	2.2.x Dauerkulturen 2.4.1 Einj. Kulturen mit Dauerkulturen 3.2.x Strauch- und Krautvegetation 3.3.x Offene Flächen mit geringer Veg. 4.1.x Feuchttflächen	„Übergangsvegetation“	„Flächen anderer Nutzung (ohne Friedhofsfläche)“; „Abbauland“

^{a)} Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Agrarstrukturenerhebung mit ihren zwei Klassen „Ackerland“ und „Grünland“ in der Tabelle nicht mit aufgeführt.

^{b)} In der Tabelle nicht aufgeführte Objektarten bzw. Klassen sind im Untersuchungsgebiet nicht vertreten.

denen Nutzungsformen, i. e. *Ackerland* (einschließlich der Flächen mit sog. einjähriger konjunktureller Flächenstilllegung), *Grünland* (Wiesen und Weiden), *Gartenland* und *Rebland* (im Untersuchungsgebiet nicht vertreten). Zum anderen fallen unter Offenland auch ehemalige Agrarflächen, die seit mehr oder weniger langer Zeit nicht mehr bewirtschaftet (gepflügt, gemäht oder beweidet) werden und auf denen sich eine Spontanvegetation etabliert hat, sowie alle übrigen naturbelassenen Flächen.

Weiterhin beinhaltet ‚Offenland‘ als Restgröße alle ‚Sonstigen Nutzungen‘, die im Regelfall mit geringen Flächenanteilen vertreten sind und in den Klassifikationssystemen der verschiedenen Informationsquellen üblicherweise nicht eindeutig einer der drei anderen Kategorien (Siedlung und Verkehr, Wald, Wasser) zuzuordnen sind. ‚Sonstige Nutzungen‘ bezeichnen im Untersuchungsgebiet unter anderem Flächen wie Militärgelände oder Deponien, die fast vollständig mit Vegetation bedeckt sind und deren Erscheinungsbild mit Kraut-, Busch- und niederwüchsigem Baumaufwuchs dem so genannten Brachland ähnelt. Für die Auswertungen ist die Kategorie Offenland nur in die drei Klassen ‚Ackerland‘, ‚Grünland‘ und ‚Brachland‘ unterteilt worden, wobei ‚Brachland‘ dann das genannte Spektrum von divergenten Nutzungs- bzw. Vegetationsformen umfasst.

Für die Ermittlung der Kongruenz wurden die Datenlayer der verschiedenen Landnutzungsmodelle mittels ArcView®-Extension *Geoprocessing*, Funktion *Intersect*, miteinander verschnitten und die Flächenanteile der Objekte mit gleicher Nutzung wurden ermittelt. Als Gütemaße zur Bewertung der Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Landnutzungsmodellen wurden Konformitätstabellen (error matrices) sowie die Gütemaße Gesamtgenauigkeit (overall accuracy), Nutzergenauigkeit (user accuracy) und Cohen's kappa-Koeffizient nach CONGALTON (1991) und STEHMAN (1997) berechnet.

Weiterhin wurden die Flächennutzungsdaten von zwei statistischen Registern als Referenzwerte zur Beurteilung der Güte von

Flächensummen der Landnutzungsmodelle herangezogen (ausführliche Darstellung und Bewertung der statistischen Informationsquellen s. JÜRGENS 2000). Die Flächenangaben sind allerdings nicht verortet und werden nur auf Gemeindeebene aggregiert veröffentlicht:

- Flächenerhebung, Auswertung des Liegenschaftskatasters zur Nutzung der Flurstücke (hier: Bezugsjahr 1993; Hessisches Statistisches Landesamt 1995).
- Agrarstrukturerhebung (frühere Bezeichnung: Landwirtschaftszählung) mit Angaben zur landwirtschaftlichen Bodennutzung (Hessisches Statistisches Landesamt 1996).

Als Maske für die Gemeindegebiete diente die digitale Verwaltungsgrenzenkarte des BKG (2000) im Maßstab 1: 250 000.

3 Ergebnisse

Die Anteile der einzelnen Nutzungskategorien an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes von rund 670 km² zeigen erhebliche Differenzen zwischen den verschiedenen Informationsquellen (Tab. 2). Die Anteile der *Siedlungs- und Verkehrsflächen* liegen in ATKIS, CLC und Landsat-5 mit Anteilen von 9,2%, 8,3% und 9,4% relativ dicht beieinander, während die Flächenerhebung 14,9% in dieser Kategorie ausweist. Für die *Waldflächen* werden in ATKIS 59,3% bestimmt, während die Angaben für das CLC-Modell mit 53,1% und Landsat-5 mit 54,9% um rund 5%-Punkte niedriger liegen; die Flächenerhebung sogar um 10%-Punkte. *Wasserflächen* sind im Untersuchungsgebiet insgesamt nur mit sehr geringen Anteilen vertreten, allerdings zeigen sich bei dieser Kategorie die größten relativen Abweichungen. Nach ATKIS sind 0,40% Wasserflächen, während CLC dafür nur 0,16% und Landsat-5 0,21% ausweisen. Der Anteil von 1,06% Wasserflächen nach Flächenerhebung ist im Vergleich dazu deutlich höher. Die Anteile von Offenland sind annähernd invers zum Waldanteil: die Offenlandfläche nach ATKIS ist mit 31,1% am geringsten, während nach Landsat-5

Tab. 2: Flächennutzung nach verschiedenen Landnutzungsmodellen und statistischen Angaben im Untersuchungsgebiet^{a)}.

Nutzung	Landnutzungsmodelle			Flächenstatistik	
	ATKIS %	CLC %	Landsat-5 (NÖHLES 2000) %	Flächen- erhebung %	Agrar- struktur- erhebung %
Siedlung und Verkehr	9,21	8,33	9,38	14,85	–
Wald	59,31	53,07	54,85	49,41	–
Wasserfläche	0,40	0,16	0,21	1,06	–
Offenland	31,08	38,44	35,56	34,67	–
davon: – <i>Ackerland</i>	7,67	16,79 ^b	6,53	15,04	3,63
– <i>Grünland</i>	23,07	21,40	19,17	19,29	11,84
– <i>Brachland</i>	0,33	0,25	9,85	0,33	–

^{a)} Basis: 14 Gemeinden im Einzugsgebiet der Dill, Gesamtfläche 669,91 km².

35,6% und nach CLC 38,4% der Flächen „Offenland“ sind. Mit 34,7% nennt die Flächenerhebung für diese Kategorie einen Anteil in ähnlicher Größenordnung wie die Landnutzungsmodelle.

Für *Grünland* liegen die Angaben der drei Geodatenmodelle und der Flächenerhebung mit Werten von 19,2% in Landsat-5 bis 23,1% in ATKIS noch relativ dicht beieinander. Gravierende Unterschiede treten dagegen beim Anteil des *Ackerlands* auf: nach ATKIS sind nur 7,7% bzw. nach Landsat-5 6,5% Ackerland im Dill-Einzugsgebiet vorhanden, nach CLC mit 16,8% jedoch mehr als die doppelte Fläche. Eine Ursache dafür ist unter anderem darin zu suchen, dass die CLC-Klasse Ackerland auch die CLC-Klassen 2.4.2 „Komplexe Parzellenstrukturen“ und 2.4.3 „Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe“ umfasst. Nach Flächenerhebung sind 15,1% Ackerland, wobei damit jedoch im Unterschied zu CLC ausschließlich Ackerflächen bezeichnet sind. Die unter *Brachland* zusammengefassten Nutzungen sind bei ATKIS und CLC sowie nach Flächenerhebung mit Anteilen von 0,33% resp. 0,25% nur marginal vertreten. Die Landsat-5-Klassifikation von NÖHLES (2000), deren Fokus auf der Identifikation von Brachlandflächen im Untersuchungsgebiet lag, kommt dagegen zu einem Ergebnis von fast

10% Brachflächen, was einen rund 30fach höheren Anteil gegenüber den drei anderen Informationsquellen bedeutet.

Für die Landwirtschaftsflächen kann, neben den drei bereits aufgeführten Datenquellen, zusätzlich die *Agrarstruktur-erhebung* ausgewertet werden. Dieser Erhebung zufolge werden im Untersuchungsgebiet nur noch 15,5% der Fläche landwirtschaftlich genutzt, gegenüber 34,3% nach Flächenerhebung und beispielsweise 30,7% nach ATKIS. Noch gravierender stellen sich die Unterschiede dar, wenn man die Landwirtschaftsfläche nach *Ackerland* und *Grünland* trennt. Nach Agrarstruktur-erhebung sind mit nur 3,6% im Vergleich zu ATKIS weniger als die Hälfte und verglichen mit der Flächenerhebung sogar weniger als ein Viertel an Ackerflächen im Einzugsgebiet der Dill vorhanden.

Bezogen auf eine Auswertung mit vier Hauptnutzungskategorien (Siedlung u. Verkehr, Wald, Offenland, Wasser) zeigen die Anteile identisch klassifizierter Nutzungen mit Werten zwischen 85,3% für den Vergleich ATKIS vs. Landsat-5 und 82,1% (CLC vs. Landsat-5) für das Einzugsgebiet der Dill nur geringe Unterschiede (Tab. 3). Für N = 6 Kategorien, i. e. das „Offenland“ in drei Klassen unterteilt (Ackerland, Grünland, Brachland), verschlechtern sich die Gütemaße deutlich. Die Vergleiche ATKIS vs. CLC und ATKIS vs. Landsat-5 führen

Tab. 3: Gütemaße der Übereinstimmung zwischen verschiedenen Landnutzungsmodellen im Untersuchungsgebiet.

Vergleich	N = 4 Kategorien ^a		N = 6 Kategorien ^b	
	Overall accuracy	kappa Koeffizient	Overall accuracy	kappa Koeffizient
ATKIS vs. CLC	0,842	0,717	0,756	0,603
ATKIS vs. Landsat-5	0,853	0,736	0,757	0,606
CLC vs. Landsat-5	0,821	0,682	0,686	0,516

^{a)} Siedlung und Verkehr, Wald, Offenland, Wasser

^{b)} Siedlung und Verkehr, Wald, Ackerland, Grünland, Brachland, Wasser

dann zu nahezu identischen Werten, die overall accuracy beträgt 75,6%. Für den Vergleich CLC vs. Landsat-5 ist der Rückgang der Gütemaße für N = 6 stärker ausgeprägt, die Gesamtübereinstimmung beträgt dann nur noch 68,6%, was vorrangig auf den mehr als doppelt so großen Anteil an Ackerland in CLC gegenüber ATKIS bzw. Landsat-5 zurückzuführen ist.

Die Konformitätstabellen zwischen jeweils zwei Landnutzungsmodellen (Tab. 4) zeigen die höchsten Übereinstimmungen mit Werten zwischen rund 89% und 85% für die Nutzungen Wald und Offenland, nur für CLC vs. Landsat-5 ist die Kongruenz der Offenland-Flächen mit 75% etwas niedriger. Die Übereinstimmungen der Siedlungs- und Verkehrsflächen nach ATKIS mit den beiden anderen Datenbeständen betragen etwa 75% und bei CLC vs. Landsat-5 noch ca. 69% für das gesamte Untersuchungsgebiet. Die niedrige Kongruenz der Nutzung „Wasser“ zwischen ATKIS und den beiden anderen Datenquellen ist vor-

Tab. 4: Übereinstimmung der Flächennutzung zwischen den drei Landnutzungsmodellen im Untersuchungsgebiet.

CLC	ATKIS (Referenz)				User accuracy
	Siedlung u. Verkehr	Wald	Offenland	Wasser	
Siedlung und Verkehr	0,686	0,013	0,038	0,140	0,760
Wald	0,042	0,847	0,078	0,119	0,946
Offenland	0,272	0,140	0,884	0,378	0,715
Wasser	0,000	0,000	0,000	0,363	0,001

Landsat-5	ATKIS (Referenz)				User accuracy
	Siedlung u. Verkehr	Wald	Offenland	Wasser	
Siedlung und Verkehr	0,753	0,018	0,039	0,150	0,746
Wald	0,048	0,866	0,097	0,230	0,936
Offenland	0,199	0,115	0,864	0,180	0,754
Wasser	0,000	0,000	0,000	0,439	0,019

Landsat-5	CLC (Referenz)				User accuracy
	Siedlung u. Verkehr	Wald	Offenland	Wasser	
Siedlung und Verkehr	0,736	0,012	0,068	0,024	0,654
Wald	0,080	0,887	0,185	0,061	0,858
Offenland	0,182	0,100	0,747	0,050	0,807
Wasser	0,002	0,000	0,001	0,865	0,088

rangig auf ihren mehr als doppelt so großen Flächenanteil in ATKIS zurückzuführen. Die Werte der user accuracy in Tab. 4 stellen kein Maß für die Klassifizierungsgüte dar, sondern bringen hier zum Ausdruck, in wie weit die Nutzungsverteilung eines Landnutzungsmodells (als Referenz gesetzt) durch das jeweils andere Modell repräsentiert wird.

4 Diskussion

Als zentrales Ergebnis ist festzuhalten, dass die drei Landnutzungsmodelle sich gegeneinander nur eingeschränkt substituieren können. Für einen Naturraum mit kleinstrukturierter Landschaft wie dem hier untersuchten Dill-Einzugsgebiet besteht bestenfalls eine Übereinstimmung der Nutzungen auf rund 85% der Fläche (mit $N = 4$ Kategorien). Vergrößert man die Zahl der Nutzungsklassen auf $N = 6$, dann beträgt die Kongruenz im günstigsten Fall sogar nur noch rund 76%. Für die Verwendung der digitalen Landnutzungsdaten als Eingangsgrößen in Modellanwendungen hat dies zur Konsequenz, dass offensichtlich mit stärkeren Divergenzen des Modellergebnisses gerechnet werden muss, wenn man eine Informationsquelle zur Landnutzung gegen eine andere austauscht. Umso erstaunlicher ist es, dass Entwickler und Anwender von Modellen aus ganz unterschiedlichen Bereichen zwar vielfach großen Wert auf die Bereitstellung möglichst exakter Eingabedaten zu verschiedenen Themen (z. B. Boden, Klima, Relief usw.) legen, sich über die Qualität und die inhärenten Fehler des jeweils verwendeten Landnutzungsmodells jedoch vergleichsweise wenig Gedanken machen und dessen Daten mehr oder weniger unkritisch verwenden (JANSEN 1998); Beispiele dafür in Bezug auf den Einsatz von CLC finden sich unter anderem bei MOHAUPT-JAHR (2004).

Die nicht unerheblichen Divergenzen, sowohl hinsichtlich der Nutzungsanteile als auch der Kongruenz der Nutzungsverteilung, zwischen den digitalen Landnutzungsmodellen, sind teilweise auf die Charakteristika der Modelle zurückzuführen; für verschiedene Effekte können die Autoren aller-

dings nach Stand der Kenntnis keine Hypothesen anbieten. In einem gewissen Umfang können die Unterschiede mit den abweichenden Erhebungsjahren der Datenbestände erklärt werden: CLC geht auf die Jahre 1989 bis 1992 zurück, die Landsat-5-Klassifikation von NÖHLES (2000) basiert auf Szenen aus 1994 und 1995, die Flächenerhebung nennt als Stichtag 31.12. 1993, und der Aktualisierungsstand der Nutzungen in ATKIS ist nicht dokumentiert. Für das gesamte Untersuchungsgebiet von rund 670 km² gibt es jedoch keine Hinweise, dass im Bereich der Offenlandnutzungen der Umfang der Flächen, die innerhalb weniger Jahre einen Nutzungswechsel erfahren haben, mehrere Prozent-Punkte erreicht hätte.

Die Ergebnisse zu den *Flächenkongruenzen* zwischen den drei Landnutzungsmodellen zeigen tendenziell etwas höhere Werte für ATKIS und Landsat-5 im Vergleich zu CLC. Die stärkere Generalisierung und Aggregation der Nutzungsverteilung im CLC-Modell führt offensichtlich zu gewissen Einbußen gegenüber den räumlich höher aufgelösten Modellen Landsat und ATKIS. Aufgrund der Erfassungsuntergrenze von 25 ha bzw. 100 Metern Breite ergeben sich Repräsentanzprobleme in CLC. Diese Probleme betreffen vor allem diejenigen Bodenbedeckungs- bzw. Nutzungsarten, die innerhalb einer Raumeinheit nur mit vergleichsweise geringen Flächenanteilen vertreten sind bzw. sich durch eine geringe spezifische Flächengröße auszeichnen. Insbesondere Bäche und Flüsse, die vorwiegend schmale lineare Landschaftselemente bilden, werden vom CLC-Modell daher erheblich munderfasst. Auch in einer Satellitenszene müssen Wasserflächen mindestens die Größe eines Pixels aufweisen, um in der Klassifikation als Wasser erkannt zu werden. Der vergleichsweise hohe Anteil von 1,06% Wasserflächen im Untersuchungsgebiet nach Flächenerhebung ist Ergebnis unterschiedlicher Definitionen. In den Landnutzungsmodellen werden nur Areale als „Wasser“ klassifiziert, die von einer freien Wasseroberfläche bedeckt sind. In der Flächenerhebung wird jedoch, dem Begriffsverständnis in der Wasserwirtschaft folgend, unter „Wasserfläche“

das gesamte Gewässerbett (bei bordvollem Abfluss) einschließlich der Uferböschungen verstanden.

Der niedrigere Waldanteil des CLC-Modells kann teilweise mit dessen stärkerer Generalisierung erklärt werden, wodurch isolierte Waldbeständen unterhalb der Mindesterfassungsgrenze von 25 Hektar im der umgebenden Nutzung (in der Regel Offenland) aufgehen. Ein weiteres CLC-Spezifikum sind die Mischkategorien 2.4.2 und 2.4.3, deren Bodenbedeckungsformen sich in vielen Fällen nicht eindeutig festlegen lassen, da hier der Charakter einer Landschaft hinsichtlich ihrer Bewirtschaftungsweise interpretiert wird und die Übergänge fließend sind. Ihrer Vegetationszusammensetzung nach sind diese Flächen überwiegend der „Übergangsvegetation“ nach Landsat-5-Klassifikation gleichzustellen.

Die vergleichsweise hohe Kongruenz der Landsat-5-Daten mit ATKIS ist auch mit der Methodik der hierarchischen Klassifikation zu erklären: in deren Verlauf hat NÖHLES (2000) die einzelnen Nutzungen sukzessive klassiert und nach jedem Schritt eine Klasse ausmaskiert, d. h. zu einem räumlich möglichst geschlossenen Objekt vereinigt. Dabei wurden darin eingeschlossene vereinzelte Pixel mit abweichenden Eigenschaften der Nutzungsklasse des gebildeten Objektes zugeschlagen.

Die größte absolute Diskrepanz zwischen Landnutzungsmodellen und statistischen Angaben betrifft allerdings die Agrarstrukturerhebung, die weniger als die Hälfte an Landwirtschaftsfläche ausweist als alle anderen Informationsquellen. Zu einem kleineren Teil ist diese Unterschätzung methodisch bedingt: in der Agrarstrukturerhebung werden nur die Landwirtschaftsbetriebe mit mehr als 2 Hektar (bis 1999: > 1 ha) Betriebsfläche erfasst, so dass die Flächen der Kleinstbetriebe nicht gezählt werden. Aus früheren Erhebungen ist jedoch bekannt, dass der Flächenbeitrag dieser Kleinstbetriebe höchstens ein Zehntel der gesamten Landwirtschaftsfläche im Untersuchungsgebiet betrug. Weiterhin kann aufgrund der Erhebung nach dem so genannten ‚Betriebsprinzip‘ in der Agrarstrukturerhebung

(im Unterschied zum ‚Belegenheitsprinzip‘ der Flächenerhebung und den Modellen; vgl. MEINEL & HENNERSDORF 2002) eine gewisse Unterfassung von Flächen auftreten; für das gesamte Untersuchungsgebiet ist aber dadurch höchstens ein (relativer) Fehler von wenigen Prozent zu erwarten. Für die dargestellte Diskrepanz zwischen Agrarstrukturerhebung und den übrigen Datenquellen kann von den Autoren somit keine plausible Hypothese angeführt werden; eine Anfrage beim Statistischen Landesamt erbrachte keine Hinweise.

Als Fazit ist festzuhalten, dass die untersuchten Informationsquellen nur mit größeren Einschränkungen substituiert werden können. Als Folge der unterschiedlichen Erhebungsmethodiken und Aufgabenstellungen weist offensichtlich jeder Datenbestand spezifische Probleme auf, die seine Verwendbarkeit beispielsweise als Eingabedaten für Modellanwendungen begrenzen. Angesichts der Divergenzen der Modelle sowohl untereinander als auch zur Realnutzung (vgl. BACH et al. 2005) ist den Nutzern von Landnutzungsmodellen anzuraten, *jede* der hier verglichenen Datenquellen zur Landnutzung bzw. Bodenbedeckung zunächst kritisch zu überprüfen und sich der inhärenten Fehler und Unsicherheiten bewusst zu sein.

Danksagung

Dem Hessischen Landesvermessungsamt ist für Bereitstellung der ATKIS-Daten und den fachlichen Austausch zu danken. Herr JUKKA HÖHN hat freundlicherweise die GIS-Auswertungen durchgeführt.

Literatur

- AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen in der Bundesrepublik Deutschland), 2002: ATKIS – Amtliches topographisch-kartographisches Informationssystem. – Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen [<http://www.atkis.de/>].
- BACH, M., HIETEL, E., FREDE H.G. & WALDHARDT, R., 2005: Überprüfung der Landnutzungsmodelle ATKIS, CORINE Land Cover und Landsat-Klassifikation anhand Feldkar-

- zierungen. – *Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation* 2005 (1) 135–145.
- BKG, 2000: Vektordaten Verwaltungsgrenzen (Gemeinden) 1: 250 000 (VG250). – Bundesamt für Kartografie und Geodäsie, Frankfurt a.M. [http://www.ifag.de/Kartographie/Produkte/Vektor/f_vek2.htm].
- CONGALTON, R.G., 1991: A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. – *Remote Sensing Environment* 37 (1): 35–46.
- Hessisches Statistisches Landesamt, 1995: Flächenerhebung; Tatsächliche Nutzung (C I 1/S-1). – Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden.
- Hessisches Statistisches Landesamt, 1996: Landwirtschaftszählung 1995; Betriebsgrößen, Bodennutzung, Viehhaltung (C IV 9-G). – Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden.
- JANSEN, M.J.W., 1998: Prediction error through modelling concepts and uncertainty from basic data. – *Nutrient Cycling Agroecosystems* 50: 247–253.
- JÜRGENS, C., 2000: Change Detection – Erfahrungen bei vergleichenden multitemporalen Satellitenbilddauswertung in Mitteleuropa. – *Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation* 2000 (1): 5–18.
- MEINEL, G. & HENNERSDORF, J., 2002: Erhebungsmethoden, Programme und Nomenklaturen der Flächenbedeckung und Flächennutzung. – *Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation* 2002 (4): 271–286.
- MOHAUPT-JAHR, B.(ed.), 2004: CORINE Land Cover 2000 in Germany and Europe and its use for Environmental Applications (Proceedings of a workshop 20–21 January 2004, Berlin). – UBA-Texte 04/04, Umweltbundesamt, 274 S., Berlin.
- NÖHLES, L., 2000: Landnutzungsklassifikation mit multitemporalen Landsat TM-Szenen in einer kleinstrukturierten Agrarregion. – *Boden u. Landschaft* 32, 173. S, Giessen (Diss. Univ. Giessen).
- Statistisches Bundesamt, 1997: Daten zur Bodenbedeckung für Deutschland (CORINE Land Cover). – Statistisches Bundesamt, Wiesbaden [2 CD-ROM] [<http://www.destatis.de/stabis/start.htm>].
- STEHMAN, S.V., 1997: Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. – *Remote Sensing Environment* 62 (1): 77–89.

Anschrift der Autoren:

Dr. MARTIN BACH, Dr. LUTZ BREUER,
 Prof. Dr. HANS-GEORG FREDE,
 Dr. JOHANN A. HUISMAN
 Justus-Liebig-Universität Gießen
 Institut für Landschaftsökologie und
 Ressourcenmanagement
 Heinrich Buff-Ring 26–32, D-35392 Gießen
 Tel.: 0641-99-37375
 e-mail: martin.bach@agrar.uni-giessen.de

Manuskript eingereicht: August 2004
 Angenommen: November 2004